

بررسی آسایش اقلیمی و ارتباط آن با شاخص‌های فیزیولوژیک انسان (مورد: استان سیستان و بلوچستان)

عبدالرضا کاشکی^{۱*}، سید محمد حسینی^۲، امینه حردانی^۳

۱- گروه اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری

۲- گروه اقلیم‌شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه سید جمال الدین اسدآبادی

۳- گروه اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری

* ایمیل نویسنده مسئول: r.kashki@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱/۳۱

چکیده

امروزه، مبحث آسایش اقلیمی، طراحی و رعایت اصول معماری به سبب تأمین آسایش حرارتی گردشگران و سلامت آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا پژوهش حاضر به واکاوی آسایش اقلیمی و معماری همساز با آن در سیستان و بلوچستان پرداخت و بدین منظور، از داده‌های روزانه ۵ ایستگاه همدید در این استان شامل ایستگاه‌های زاهدان، ایرانشهر، چابهار، زابل و کنارک که دارای آمار بلندمدت و مشترک بودند استفاده گردید. این داده‌ها شامل حداکثر رطوبت نسبی، حداقل رطوبت نسبی، حداکثر دما، حداقل دما، سرعت باد، دمای هوا، رطوبت نسبی بر حسب درصد و فشار بخار هوا هستند. برای انجام این هدف، از شاخص‌های اقلیم معماری گیونی و شاخص‌های فیزیولوژی انسان در نرم‌افزار ریمن به نام‌های PMV و PET بهره گرفته شد. نتایج حاصل از جدول زیست اقلیمی ساختمانی حاکی از این است که در شهرهای ایرانشهر و زاهدان در هیچ یک از ماه‌های سال، شرایط آسایش اقلیمی برقرار نبوده است و در چابهار، زابل و کنارک آن هم در ساعات به خصوصی از شبانه-روز شرایط آسایشی برقرار است. همچنین نتایج نشان داد که در شاخص‌های PMV و PET به صورت مشترک، ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، می، اکتبر، نوامبر و دسامبر در طول روز دارای پهنه‌های آسایشی مناسبی برای گردشگری بودند و برای این دو شاخص در طی شب، تنها ماه‌های می، ژوئن، جولای و آگوست عوامل آسایش و راحتی انسان مهیا می‌باشد.

کلمات کلیدی

"آسایش اقلیمی"، "شاخص گیونی"، "شاخص فیزیولوژی"، "نرم‌افزار ریمن"، "سیستان و بلوچستان"

Climatic Comfort Analysis and Its Relation to Human Physiological Indices (Case: Sistan and Baluchestan Province)

Abdoreza Kashk^{1*}, Sayyed Mohamm Hosseini², Amineh Hardani³

¹ Department of Climatology, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University

² Department of Climatology, Faculty of Literature and Humanities, Sayyed Jamaledin Asadabadi University

³ Department of Climatology, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University

Email Address: r.kashki@yahoo.com

Abstract

Nowadays, the theme of climatic comfort, designing and observance of architectural principles due to the provision of thermal comfort for tourists and their health is of special importance. Therefore, the present study was carried out to evaluate the climatic comfort of its architecture in Sistan and Balouchestan. For this purpose, were used daily data from five synoptic stations in this province including Zahedan, Iranshahr, Chabahar, Zabol, and Konarak. These data include the maximum relative humidity, minimum relative humidity, maximum temperature, minimum temperature, wind speed, air temperature, and relative humidity in percentage and air vapor pressure. In order to achieve this goal, used from the climate and human physiological indices in the RayMan software that called PMV and PET. The results of the structural bioclimatic table indicate that in any months of the year, no climatic conditions have been established in the cities of Iranshahr and Zahedan. And in Chabahar, Zabol and Konarak there are comfortable conditions around the clock during special hours. Also, the results showed that in the PMV and PET indicators in common, the months of January, February, March, April, May, October, November and December throughout the day had good comfort zones for tourism and for these two indicators during the night, only the months of May, June, July and August comfort of the human are provided.

Keywords

"Climate Comfort", "Givoni's Index", "Physiology Index", "RayMan Software", "Sistan and Baluchestan Province"

۱- مقدمه

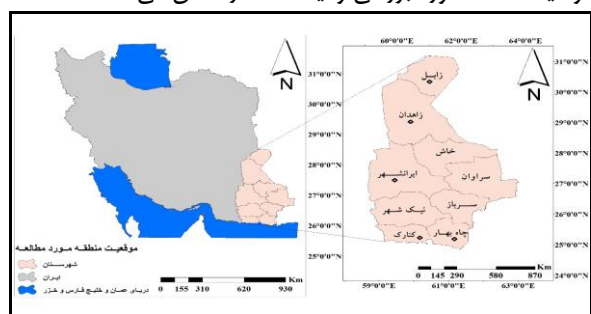
امروزه گردشگری روستایی به مثابه یکی از مردمی‌ترین و ارزانترین اشکال صنعت گردشگری، علاوه بر رشد اقتصادی و تنوع فعالیت‌های روستایی، سبب جذب مازاد نیروی انسانی، ایجاد اشتغال و درآمدزایی برای ساکنین روستاها می‌شود. این در حالی است که رغبت به گردشگری روستایی تابع شناسایی شرایط آسایش اقلیمی برای گردشگران است. بنابراین آب و هوا و گردشگری به عنوان اجزای اصلی یک سیستم به صورت‌های مختلف بر یکدیگر تأثیر گذاشته و در تعامل با یکدیگر بحث جدیدی را با عنوان اقلیم‌شناسی توریسم مطرح می‌کنند (محمدی، ۱۳۸۵). چرا که اقلیم و گردشگری وابستگی زیادی به یکدیگر دارند، به گونه‌ای که دارا بودن شرایط مطلوب اقلیمی جزء مزیت‌ها و توان‌های بالقوه برای گردشگری روستایی محسوب می‌شود و اغلب مسافران و گردشگران در انتخاب زمان و مکان سفر به شرایط آب و هوایی توجه می‌کنند (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۰). تا ضمن بازدید از مناطق بکر روستاها و استقرار در خانه بوم‌های روستایی با خاطره‌های مطلوب مطابق با شرایط طبیعی و فیزیولوژی انسان به مبدأ برگردند. لذا قرارگیری این خانه بوم‌ها و ساختمان‌های موجود باید به گونه‌ای باشد که بیشترین بازدهی را برای گردشگران و کمترین هدررفت انرژی را برای ساکنین به همراه داشته باشد. امروزه اغلب شکل‌هایی که برای ساختمان‌ها استفاده می‌شود، از نظر ایجاد شرایط درون ساختمان‌ها کارایی لازم را ندارند. لذا چنانچه در برنامه‌ریزی زمین دقت لازم اعمال گردد، حتی در اقلیم‌های نامساعد - مانند استان سیستان و بلوچستان - می‌توان از طریق جهت بهینه سازه و شکل ساختمان و محیط خارجی نزدیک ساختمان، مصرف انرژی را پایین نگه داشت تا هزینه برای مالک ساختمان‌ها و گردشگران روستایی و شهری به حداقل برسد (بحرینی و کریمی، ۱۳۸۱).

آسایش حرارتی نقش اساسی در توسعه صنعت گردشگری به ویژه گردشگری روستایی دارد که ابتدا توسط انجمن مهندسين گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع (Ashera, 2004) بدین گونه تعریف شده است: شرایط ذهنی که بیانگر رضایت از حرارت محیط زندگی است. به عبارتی دیگر، آسایش حرارتی شرایط دمایی است که مورد قبول ۸۰ درصد از افراد نشسته و یا در حال انجام کار سبک می‌باشد. این شرایط دمایی برای فصل تابستان بین ۲۳ الی ۲۷ درجه سانتی گراد و برای فصل زمستان بین ۲۰ الی ۲۵ درجه سانتی گراد توصیه شده است. استانداردهای آسایش حرارتی (مانند استانداردهای بین المللی) تعیین کننده مصرف انرژی در سیستم های زیست محیطی ساختمان دارند، بنابراین

آن‌ها نقش مهمی در پایداری ساختمان دارند (Iso, 2005). بشر همواره نسبت به آب و هوا و تأثیر اقلیم بر روی رفاه و سلامت انسان آگاه بوده است. در دو هزار و پانصد سال قبل، بقراط تفاوت های منطقه ای در اقلیم و رابطه آن با وضعیت سلامتی را توصیف کرد. درد مفاصل در زمستان بیشتر می‌شود، اما در تابستان موج های گرمایی این بیماری را تضعیف کرده و از بین می‌برد. علاوه بر فعالیت، نوع لباس نیز می‌تواند عامل کاهش دهنده قدرت سرمایشی باشد؛ زیرا لباس، گرمای بدن را حبس کرده و از دست رفتن آسان گرما را از بدن ناممکن می‌سازد. عوامل گفته شده مانند تبخیر تابش و وزش، به نوع لباس (نوع و مقدار) بستگی دارد (حیدری، ۱۳۸۳). به طور کلی طبق تعریف، شرایط آسایش حرارتی، محدوده ای است از دما و رطوبت که در آن ساز و کار تنظیم حرارت بدن در حداقل فعالیت باشد (Givoni, 1976). لذا تعیین محدوده آسایش حرارتی بر محاسبات حرارتی ساختمان، اندازه دستگاه‌های حرارتی و برودتی، ضخامت عایق و جنس مصالح و به طور کلی بر میزان مصرف و اتلاف انرژی تأثیر مستقیم دارد و با توجه به اینکه افراد در شرایط اقلیمی یکسان احساس آسایش دمایی مشابهی دارند، لازم است که برای هر منطقه اقلیمی، محدوده آسایش حرارتی به طور دقیق مشخص شود (Fishman & Pimbert, 1979). در سال های اخیر به دلیل رشد سریع شهرها و تخلیه روستاها، بخش ساختمان و ساخت و سازهای انبوه در این شهرها به مشکل بحرانی تبدیل شده است. این مشکلات عمدتاً به دلیل تغییرات در شیوه زندگی، افزایش وابستگی به انرژی مصنوعی و همچنین مسائل مرتبط با سلامت است (Brager & Dear, 1998).

در زمینه آسایش اقلیمی و ارتباط آن با شرایط فیزیولوژیک انسان پژوهش‌های متعددی انجام شده است که به اختصار به چند مورد اشاره می‌شود. در پژوهشی که از سال ۱۹۷۹ تا سال ۱۹۹۰ انجام شد، شاخصی ۶ طبقه ای برای ارزیابی شرایط زیست اقلیمی شهرها و فراوانی سوانح ناشی از استرس حرارتی یا ناراحتی های ناشی از سرما، تهیه شده است. بیکر نیز بر مبنای میزان استرس گرمایی و سرمایی یک ارزیابی از تفرجگاه های با اقلیم مدیترانه ای، انجام داده است (Beacker, 2000). همچنین با مطالعه ۱۷ ایستگاه از کشور کانادا توانمندی شاخص اقلیم توریستی را در تعیین اقلیمی بر صنعت توریسم کانادا بررسی نمودند (Scott & McBoyl, 2001). در پژوهشی دیگر نیز به تعیین آسایش زیست اقلیم در مسیر ارض روم (ترکیه) با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی با استفاده از آمار هواشناسی ۹ ایستگاه در فصل تابستان به این نتیجه دست یافتند

های کرمان، هرمزگان و خراسان جنوبی مجاورت دارد. شکل ۱، موقعیت منطقه مورد بررسی و ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی

• روش‌شناسی تحقیق

برای انجام پژوهش حاضر از آمار حداکثر رطوبت نسبی، حداقل رطوبت نسبی، حداکثر دما، حداقل دما، سرعت باد، دمای هوا، رطوبت نسبی بر حسب درصد و فشار بخار هوا طی دوره آماری (۱۹۸۵-۲۰۱۴) مربوط به ۵ ایستگاه همید استان سیستان و بلوچستان (چابهار، ایرانشهر، کنارک، زابل و زاهدان) که دارای آمار مشترک و بلند مدت بودند استفاده شد و شاخص زیست اقلیمی گیونی به عنوان معیار آسایش اقلیمی و شاخص‌های نرم‌افزار ریمن به نام‌های PMV و PET محاسبه گردید و در نهایت از طریق سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) نقشه‌های پهنه‌بندی ترسیم گردید. جدول شماره ۱، مشخصات ایستگاه‌های مورد بررسی و دوره آماری ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مورد بررسی

| ایستگاه | طول جغرافیایی | عرض جغرافیایی | ارتفاع (متر) | بازه آماری |
|----------|---------------|---------------|--------------|------------|
| زاهدان | ۲۹/۴۶ | ۶۰/۸۸ | ۱۳۷۰ | ۱۹۸۵-۲۰۱۴ |
| چابهار | ۲۵/۲۸ | ۶۰/۶۱ | ۸ | ۱۹۸۵-۲۰۱۴ |
| کنارک | ۲۵/۴۳ | ۶۰/۳۳ | ۱۲ | ۱۹۸۵-۲۰۰۵ |
| زابل | ۳۱/۰۳ | ۶۱/۴۸ | ۴۹۸/۲ | ۱۹۸۵-۲۰۱۴ |
| ایرانشهر | ۲۷/۲ | ۶۰/۷ | ۵۹۱/۱ | ۱۹۸۵-۲۰۱۴ |

• شاخص گیونی:

گیونی در سال ۱۹۶۹ نمودار زیست اقلیمی را ارائه داد، در این نمودار منطقه آسایش انسانی را به طور دقیق در رابطه با دما و رطوبت نشان داد و سودمندی عناصر مختلف ساختمانی را در تنظیم شرایط حرارتی داخل ساختمان تعیین نمود. با استفاده از این نمودار می‌توان به ویژگی‌های اقلیمی منطقه و ویژگی‌هایی که یک ساختمان باید داشته باشد تا هوای داخلی آن تحت تاثیر شرایط اقلیمی در منطقه آسایش قرار گیرد پی برد. جدول ۲، میزان کارایی ساختمان در تنظیم حرارت داخلی و ایجاد آسایش

که عامل توپوگرافی در این منطقه یکی از عوامل موثر بوده و منطقه جنوب کوه مسیت در این فصل خارج از محدوده آسایش است (Zengin et al, 2009). آسایش در فضای باز را با استفاده از شاخص‌های ریمن مورد بررسی قرار دادند و نتایج نشان داد تغییر محیط زیست بر سلامتی و آسایش افراد تاثیر می‌گذارد و راحتی در یک فضای باز تحت تاثیر عوامل زیادی است (Deb & Ramachandran, 2010).

در ایران نیز؛ رازجویان (۱۳۶۷)، بر این باور است که پنج عامل اقلیمی دما، رطوبت، فشار بخار آب، سرعت باد و تابش از جداره های داخلی در تعیین محدوده آسایش حرارتی مورد توجه می‌باشند و سایر عوامل از جمله نوع فعالیت، پوشش، سن و جنس افراد به دلیل اینکه قابل کنترل نیستند، ثابت فرض می‌شوند. زینالی و همکاران (۱۳۸۹)، با پهنه بندی اقلیم آسایش گردشگری استان آذربایجان شرقی با استفاده از شاخص ریمن راهکارهای لازم برای استفاده ی بهینه از پتانسیل های توریستی این استان در فصول بهار و تابستان را ارائه نمودند، نتایج نشان می‌دهد که در اکثر ایستگاه های استان، ماههای ژوئن و سپتامبر از اقلیم مناسبی برخوردارند. باعقیده و همکاران (۱۳۹۳)، برای تعیین زمان مناسب گردشگری در شهر اصفهان از شاخص های زیست اقلیمی به کار رفته در مدل ریمن استفاده کردند و معتقدند با توجه به نتایج دو شاخص به کار رفته در ریمن، روزهای ۱ تا ۱۷ فروردین و ۲۰ مهر تا ۶ آبان بهترین بازه زمانی برای حضور گردشگران در اصفهان است اما بر اساس خروجی های شاخص هر چند که دوره آسایش اقلیمی منطبق بر همین ماه هاست ولی تنش های گرمایی طولانی مدت بر منطقه حاکم است که نمی‌تواند با واقعیت اقلیمی سازگار باشد.

۲- روش انجام پژوهش

• محدوده مورد مطالعه

از آنجا که ۶۴/۶ درصد از وسعت اراضی ایران به مساحت ۱۰۴۶۴۴۶ کیلومتر مربع در اقلیم های خشک و فراخشک کشور واقع شده است (دفتر تنبیت شن و بیابان زدائی، ۱۳۸۴)، بنابراین تعیین محدوده آسایش حرارتی به سبب بهره‌گیری از توان‌های گردشگری بیابان در این اقلیم در اولویت قرار گرفت و در این میان، استان سیستان و بلوچستان با وسعتی بیش از ۱۸۱ هزار کیلومترمربع در محدوده ۲۲/۵۴ و ۲۸/۳۱ عرض شمالی و ۵۸/۴۰ و ۶۳/۱۶ طول شرقی در جنوب شرق ایران واقع شده است و با کشورهای پاکستان و افغانستان مرز بین‌المللی و استان

تجدید نظر شده، محدود کارائی مصالح ساختمان سنگین نیز اصلاح شده است. مرز نهائی استفاده از مصالح ساختمانی سنگین در رطوبت های نسبی بین ۱۰ تا ۳۰ درصد حدود ۳۶ درجه سیلسیوس در نظر گرفته شده است در حالی که در نمودار قدیمی این مرز در رطوبت های ذکر شده ۳۹ و ۳۲/۵ درجه پیشنهاد شده بود. بنابراین با انتقال شرایط حرارتی مفروض می توان مناسب ترین سیستم ساختمانی یا مکانیکی لازم جهت تنظیم فضاهای داخلی ساختمان در آن شرایط را تعیین نمود.

• شاخص های فیزیولوژی انسان (PMV, PET):

نرم افزار ریمن شامل دو شاخص (PMV) متوسط نظرسنجی پیش بینی شده و (PET) دمای معادل فیزیولوژی از مهم ترین شاخص های دما - فیزیولوژی محسوب می شوند و در مطالعات مربوط به تعیین زمان مناسب برای توسعه گردشگری کاربرد وسیعی دارند. هر کدام از دو شاخص PMV, PET از طریق روابط زیر قابل محاسبه است (ذوالفقاری، ۱۳۸۶):

شاخص PMV:

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

رابطه ۱

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

رابطه ۲

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

رابطه ۳

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

رابطه ۴

$$E_{rec} = 1.72 \times 10^{-5} M (5867 - P)$$

رابطه ۵

H: مستقیماً قابل اندازه گیری بوده و از طریق رابطه شماره ۲ قابل محاسبه است.

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

رابطه ۶

در معادلات فوق: C_{rec} : تبادل حرارت همرفتی تعرق (w/m^2)؛ E_{rec} : تبادل حرارت تبخیری تعرق (w/m^2)؛

E_{sw} : تلفات حرارت تبخیری تعرق (w/m^2)؛ I_{cl} : تابش لباس به طور متوسط برای تمام بدن (w/m^2)؛ M: نرخ سوخت و ساز بدن (w/m^2)؛ T_{cl} : دمای سطح لباس (درجه سانتی گراد)؛ T_{sk} : دمای متوسط پوست (درجه سانتی گراد)؛

W: نیروی مکانیکی موثر (w/m^2)؛ e: تبادل حرارتی تبخیری در سطح پوست (w/m^2)؛ P_a : رطوبت و فشار بخار جزئی هوا (پاسکال)؛ T_a : دمای هوا به درجه سانتی گراد؛ H: تلفات حرارت خشک به صورت همرفت، هدایت و تابش (w/m^2)؛

شکل ۲. تعادل گرمایی بدن انسان را نشان می دهد.

را نشان می دهد که اساس آن جدول سایکرومتریک است. منطقه آسایش انسان در رابطه با دو عنصر اقلیمی دما و رطوبت هوا بر اساس دمای خشک، دمای مرطوب، رطوبت نسبی و فشار بخار مشخص شده است. نمودار زیست اقلیمی گیونی خصوصیات یک ساختمان هماهنگ با اقلیم مورد نظر را تعیین می کند.

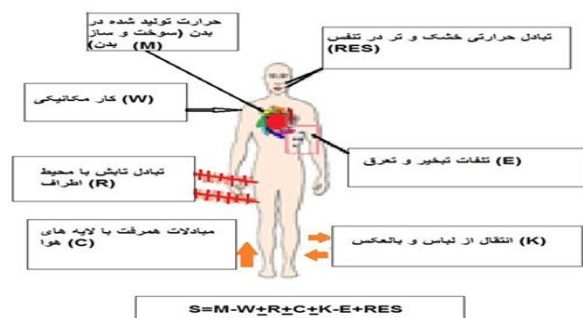
جدول ۲- میزان کارایی ساختمان در تنظیم حرارت داخل

ساختمان

| میزان کارایی ساختمان | پدیده های موثر در احساس آسایش |
|---|---------------------------------------|
| ۱۵ تا ۹۰٪ اشعه به دیوار اصابت کرده | اشعه خورشیدی جذب شده توسط خورشید |
| ۱۰ تا ۹۰٪ اشعه خورشید از پنجره | اشعه خورشیدی داخل شده از پنجره |
| ۱۰ تا ۱۵٪ دامنه نوسان خارج ساختمان | دامنه نوسان دمای داخل ساختمان |
| ۱۰ تا ۱۰+ درجه بیشترین دمای خارج | بیشترین دمای داخل ساختمان |
| ۰ تا ۷+ درجه کمترین دمای خارج | کمترین دمای داخل ساختمان |
| ۸- تا ۳۰+ درجه متفاوت با دما بیشترین و کمترین | دمای سطح داخلی دیوارها |
| ۱۵ تا ۶۰٪ سرعت باد محوطه | سرعت متوسط هوای اتاق با پنجره های باز |
| ۱۰ تا ۱۲٪ سرعت باد محوطه | سرعت واقعی باد در هر نقطه معین |
| ۰ تا ۷۰ میلی متر بیش از فشار بخار آب | فشار بخار آب داخل |

در این روش تغییرات روزانه شرایط حرارتی هوای محل مورد نظر به صورت خطوطی بر نمودار انتقال می یابند. نقاط انتهایی این خطوط حدود نهایی شرایط هوای محل مورد نظر را در ماه های مختلف سال نشان می دهند. موقعیت هر یک از این نقاط در نمودار تعیین کننده مناسب ترین نحوه کنترل شرایط هوای داخل ساختمان است (کسمایی، ۱۳۶۹). در محدوده های سردتر از حد پایین آسایش و گرمتر از حد بالای آسایش، نیز محدوده هایی مشخص شده است که نشان دهنده حدود عملکرد اجزا و عناصر مختلف ساختمان در گسترش منطقه آسایش در این دو سمت می باشد. در سال ۱۹۸۱ گیونی و همکارش میلین، اصلاحاتی در میزان کارائی ساختمان در تنظیم حرارت داخل ساختمان انجام دادند که در آن حدود استفاده از سیستم های خورشیدی فعال و غیرفعال و همچنین یکی از روش های طبیعی کنترل فضاهای داخلی ساختمان در فصل گرم را به نمودار افزودند. در نمودار

| بر حسب کلو | |
|------------|--|
| ۰ | برهنه |
| ۰/۱ | شلوار کوتاه |
| ۰/۳۵ | لباس زیر نازک پنبه ای و آستین کوتاه، شلوار بلند نازک و جوراب پنبه ای |
| ۰/۵ | مثل ردیف ۳ + پیراهن آستین کوتاه یقه باز |
| ۱ | شلوار سبک، جلیقه، پیراهن آستین بلند و کت |
| ۱/۵ | مثل ردیف ۵ + پالتوی پنبه ای |
| ۳/۵ | لباس مخصوص مناطق قطبی |



شکل ۲- تعادل گرمایی بدن انسان.

شاخص PET:

در پژوهش حاضر برای محاسبه PET از مدل بیلان انرژی یا همان MEMI (Munich Energy Balance for Individuals) برای افراد استفاده می شود. جدول ۵ روابط ریاضی ۱ تا ۱۲ را نشان می دهد.

شاخص PET از شاخص های معروف دمایی-فیزیولوژیکی است که از معادله بیلان انرژی بدن انسان مشتق شده است. در تعریف این شاخص برای نرخ سوخت و ساز با کار سبک و میزان نارسایی لباس به ترتیب اعداد ۸۰ وات و ۹/۰ (clo) به ترتیب میانگین در نظر گرفته شده است. در (جدول ۳) مقادیر آستانه شاخص PET, PMV در درجات مختلف حساسیت انسان و در (جدول ۴) ارزش نارسایی پوشاک مختلف آمده است.

جدول ۵- مدل های بیلان انرژی برای افراد

| | |
|---|-------------------------------|
| $S = H + C + R + Ep + Esr + El + r + Es_w + Ef$ | نرخ جریان خون |
| $Q_b = (6/3 + 75(T_c - 36/6)) / (1 + 0/5(34 - t_{sk}))$ | نرخ تعرق |
| $S_w = 8/4710^{-5}((1t_{sk} + 0/9tc) - 35/6) \text{ kg/sm}^2$ | تولید حرارت |
| $H = M(1-h)$ | جریان حرارت همرفتی |
| $C = Ask Fcl(Ta - Tsk)$ | جریان حرارتی تابش |
| $R = Ask fcl Feff^{4} (tr^{4} - Tsk^{4})$ | انتشار بخار آب |
| $ED = mr(Pa - P_{vsk})$ | اتلاف حرارت (تعرق) |
| $Esr = r_{tm} C_p (Ta - Tr)$ | اتلاف حرارت (تبخیر) |
| $Esr = SwR$ | برای زن |
| $Esw = Ask r_{hc} 0/622 / (Pa - P_{vsk})$ | حرارت افزوده یا کاسته (خوردن) |
| $Ef = mf cf(TF - Tc)$ | حرارت منتقله از مرکز به پوست |
| $Q_b = Pb C_b (T_{sk} - T_c)$ | حرارت منتقله از پوست به محیط |

جدول ۳- مقادیر آستانه شاخص Pmv, Pet

| درجه تنش فیزیولوژیک | حساسیت حرارتی | Pet | Pmv | رنگ مشخصه |
|----------------------|---------------|----------|---------|-----------|
| تنش سرمای بسیار شدید | خیلی سرد | ≤ 4 | $< 3/5$ | سرمه |
| تنش سرمای شدید | سرد | ۴ | -۳/۵ | سرمه |
| تنش سرمای متوسط | خنک | ۸ | -۲/۵ | سرمه |
| تنش سرمای اندک | کمی خنک | ۱۳ | -۱/۵ | سرمه |
| بدون تنش سرما | راحت | ۱۸ | -۰/۵ | سرمه |
| تنش گرمای اندک | کمی گرم | ۲۳ | ۰/۵ | سرمه |
| تنش گرمای متوسط | گرم | ۲۹ | ۱/۵ | سرمه |
| تنش گرمای شدید | داغ | ۳۵ | ۲/۵ | سرمه |
| تنش گرمای بسیار شدید | خیلی داغ | ۴۱ | ۳/۵ | سرمه |

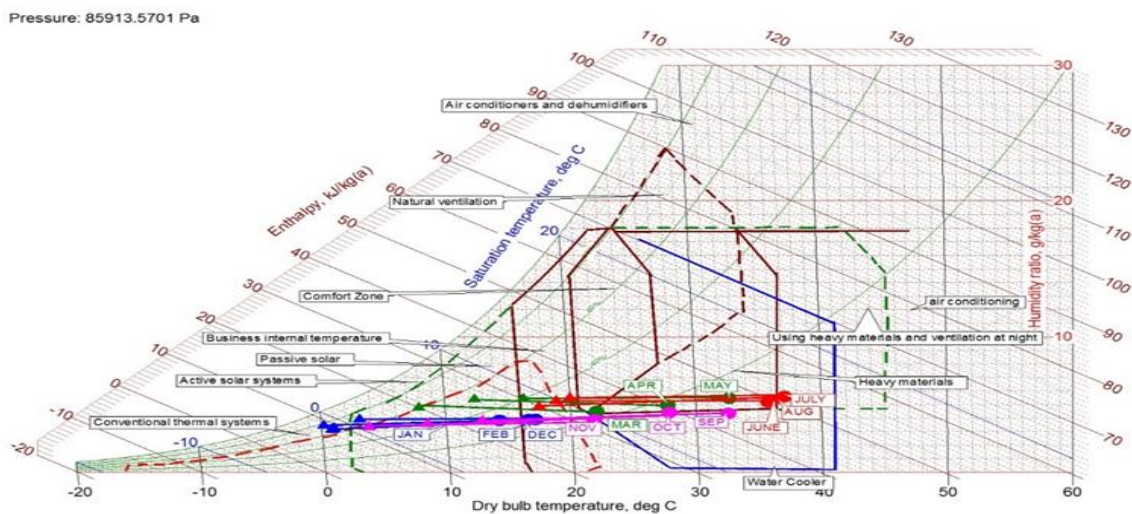
جدول ۴- ارزش نارسایی پوشاک مختلف

| نوع پوشاک | ارزش نارسایی |
|-----------|--------------|
|-----------|--------------|

۳- نتایج پژوهش

این ماه، هوا از محدوده کارایی مصالح ساختمانی خارج می شود و شرایط حرارتی در محدوده کولر قرار می گیرد. بنابراین در زاهدان و در گرمترین ساعات روزهای تابستان، به خصوص در ظهرها و بعد از ظهرها تنها، راه ایجاد شرایط حرارتی مناسب در فضاهای داخلی ساختمان، استفاده از کولر است. براساس شکل ۳، در سردترین ماه سال، متوسط حداقل دمای هوا ۰/۲ درجه سانتی گراد و حداکثر رطوبت نسبی ۷۶ درصد است. در این ماه در گرمترین ساعات روز، دمای هوا به طور متوسط به ۱۴/۳ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی آن به ۳۲ درصد می رسد. موقعیت شرایط حرارتی هوای این ماه در نمودار زیست اقلیمی نشان می دهد که سردترین ماه سال زاهدان، هوا به قدری گرم می شود که می توان با بهره گیری از حرارت طبیعی ایجاد شده در فضاهای داخلی یا با هدایت تابش آفتاب به این فضاها و بهره گیری از انرژی خورشیدی شرایط مناسبی در فضاهای داخلی ساختمان فراهم ساخت.

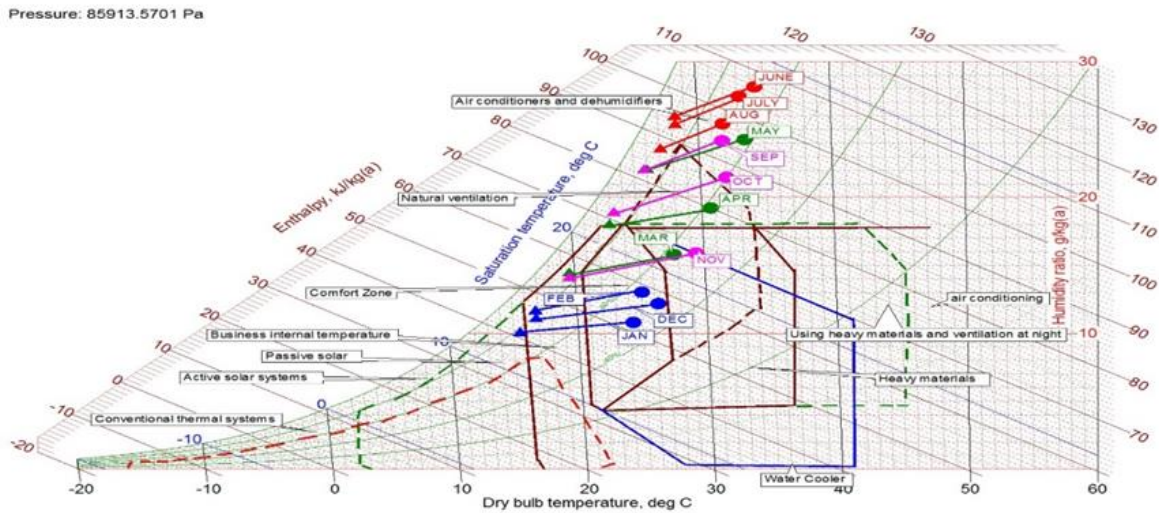
نتایج این پژوهش حاکی از این است که گرمترین ماه سال در ایستگاه زاهدان (ژوئیه تا ژولای)، متوسط حداکثر دمای هوا ۳۶/۱ درجه سانتی گراد و حداقل رطوبت نسبی آن ۱۲ درصد است. در همین ماه متوسط حداقل دمای هوا ۱۸/۹ درجه سانتی گراد و حداکثر رطوبت نسبی ۳۳ درصد است. با تعیین موقعیت این دو شرایط حرارتی در نمودار زیست اقلیمی معلوم می شود که در سردترین ساعات این ماه، شرایط حرارتی هوا در خارج از منطقه آسایش قرار دارد. به طوریکه با گرم شدن هوا، شرایط حرارتی از حد بالای خود گذشته و در محدوده مصالح ساختمانی سنگین و در قسمت پایینی محدوده تهویه طبیعی قرار می گیرد. در چنین مواقعی، در صورتی که مصالح ساختمانی به کار رفته در جدارهای خارجی ساختمان (دیوار و بام) دارای ظرفیت حرارتی زیاد و رنگ خارجی نسبتاً روشن باشد و همچنین از نفوذ مستقیم آفتاب به فضاهای داخلی جلوگیری شده باشد، فضاهای داخلی ساختمان، شرایط حرارتی مناسبی خواهند داشت. اما در گرمترین ساعات



شکل ۳ - نمودار زیست اقلیمی زاهدان

نمودار زیست اقلیمی نشان می دهد که نیاز به سیستم تهویه مطبوع و رطوبت گیر می باشد که حاکی از رطوبت بیش از حد تحمل انسان در این فصل می باشد. در صورتیکه از ماه های دسامبر تا فوریه شرایط حرارتی در منطقه آسایش قرار دارد.

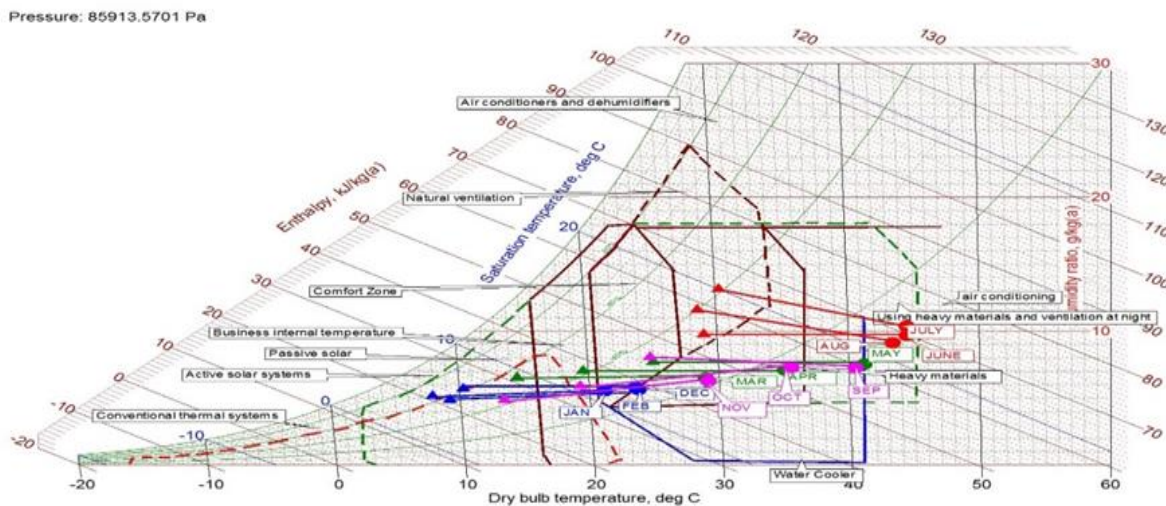
در ایستگاه چهارم، حداکثر دمای هوا در گرمترین ماه سال بین ۳۱/۹ تا ۳۴/۴ درجه سانتی گراد و حداقل رطوبت نسبی بین ۶۸ تا ۷۱ درصد است. حداقل دمای هوا بین ۲۷/۱ تا ۲۸/۳ درجه سانتی گراد و حداکثر رطوبت نسبی ۸۷ تا ۸۹ درصد است. موقعیت این پارامترها بر روی



شکل ۴ - نمودار زیست اقلیمی چابهار

حرارتی هوا در سردترین ساعات شبانه روز در منطقه آسایش و در ساعات غیر بحرانی در محدوده کارایی مصالح ساختمانی سنگین واقع می شود. بنابراین، در این اقلیم نیز می توان با استفاده از عملکرد حرارتی مصالح ساختمانی سنگین، در بخشی از ساعات شبانه روز، شرایط حرارتی فضاهای داخلی را در حد آسایش تنظیم نمود.

در ایرانشهر و به ویژه در تابستان، شرایط حرارتی هوا بسیار گرم و تا حدودی مرطوب می شود، به طوری که فشار بخار هوا در گرمترین ماه سال و در گرمترین ساعات روز از ۱۳۱۵/۴۲ پاسکال بیشتر می شود. در چنین شرایطی، تنها راه تنظیم شرایط حرارتی هوای ساختمان در فصل تابستان، استفاده از سیستم تهویه مطبوع یا کولر گازی است. در شکل ۵ به دلیل نوسان زیاد دمای روزانه هوا، شرایط

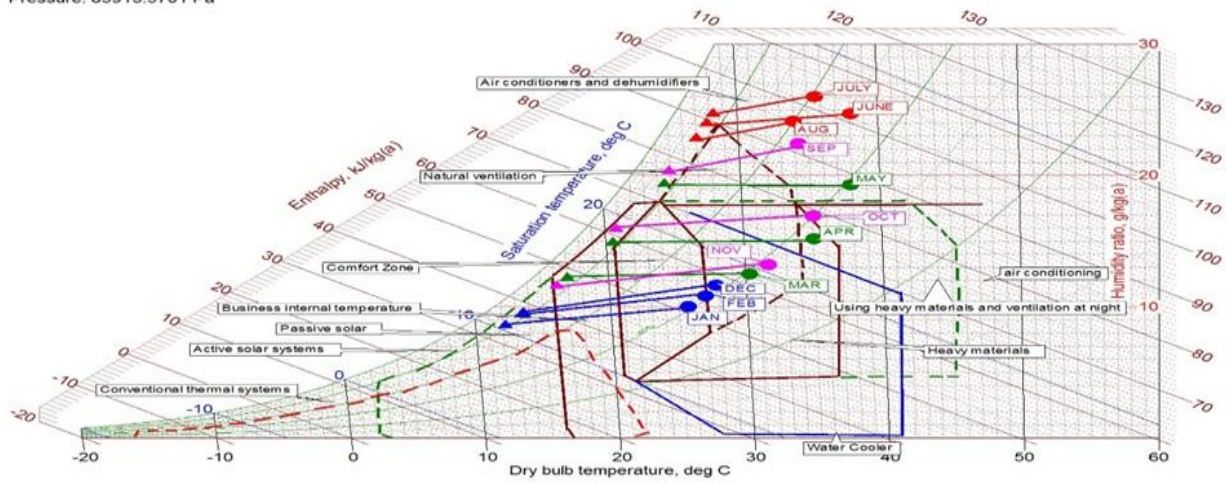


شکل ۵ - نمودار زیست اقلیمی ایرانشهر

ساعاتی که دمای روزانه هوا به حداقل خود می رسد، شاهد شرایط آسایشی هستیم ولی در فصول پاییز و زمستان شرایط حرارتی ساختمان به گونه ای است که نیازی به استفاده از سیستم های گرمایشی نبوده و کسب حرارت داخلی ساختمان به طور طبیعی انجام می گیرد.

در ایستگاه کنارک در شش ماه اول سال به دلیل بالا بودن دما و رطوبت شرایط حرارتی در سردترین ساعات روز از سیستم های تهویه طبیعی در فصل بهار به سیستم های تهویه مطبوع و رطوبت گیر در تابستان محدود می شوند، تنها در ماه آوریل آن هم در

Pressure: 85913.5701 Pa

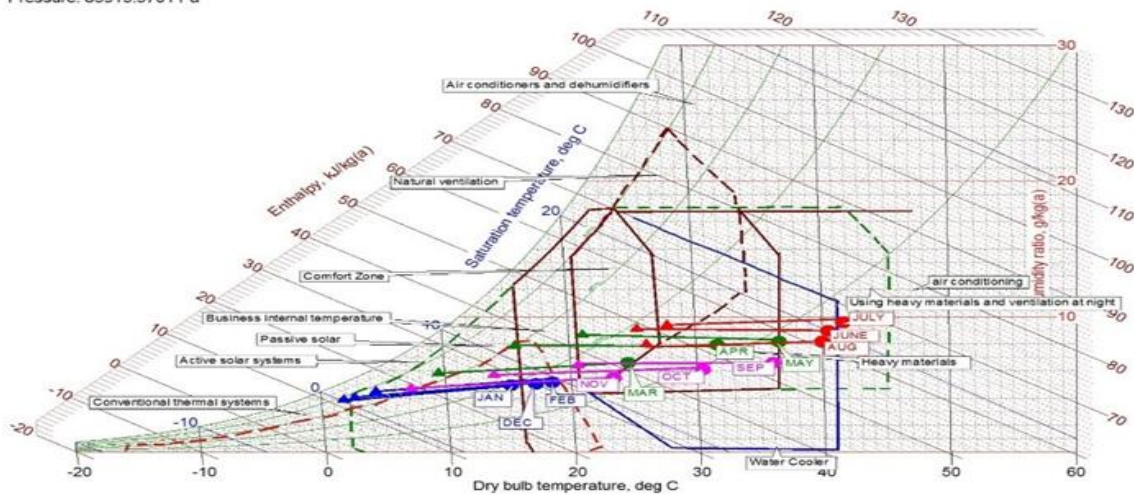


شکل ۶ - نمودار زیست اقلیمی کنارک

توان با بهره گیری از حرارت طبیعی ایجاد شده در فضاهای داخلی یا با هدایت تابش به این فضاها و بهره گیری از انرژی خورشیدی شرایط مناسب را در فضاهای داخلی ساختمان فراهم ساخت.

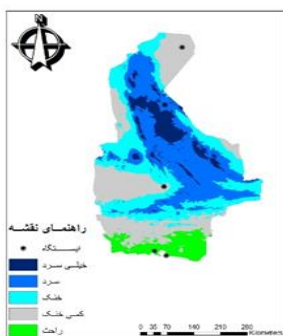
در ایستگاه زابل هیچکدام از ماهها شرایط آسایشی را احراز نکرده اند و تنها در ماه های می، ژوئن و آگوست در سردترین ساعات شبانه روز در ایستگاه شرایط آسایش اقلیمی برقرار می شود و در بقیه ماه ها، در ساعات میانی سردترین ماه سال هوا به قدری گرم می شود که می

Pressure: 85913.5701 Pa

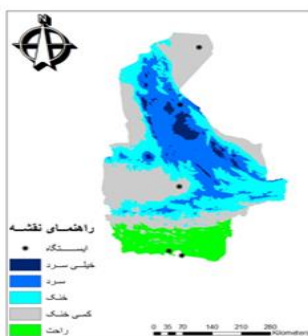


شکل ۷ - نمودار زیست اقلیمی زابل

شکل ۸ تا ۱۹، شاخص PMV محاسبه شده در طول روز و شکل های ۲۰ تا ۳۱، شاخص PMV محاسبه شده در طول شب را برای ماه های مختلف سال در ایستگاه های مورد بررسی نشان می دهد.



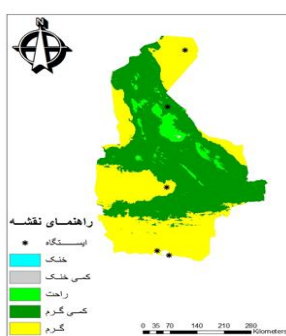
شکل ۸- شاخص Pmv روزانه- زانویه



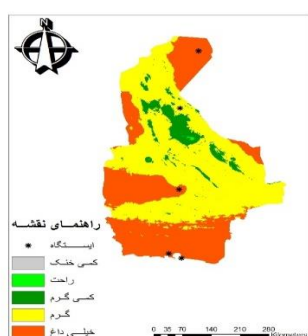
شکل ۹- شاخص Pmv روزانه- فوریه



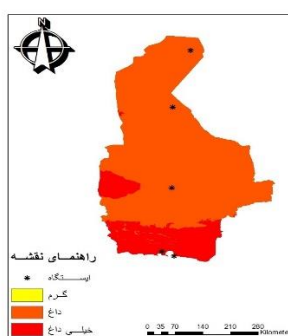
شکل ۱۰- شاخص Pmv روزانه- مارس



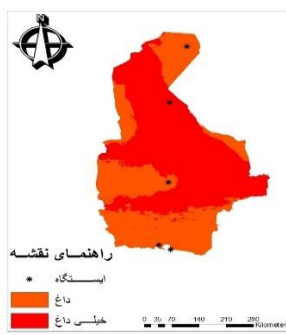
شکل ۱۱- شاخص Pmv روزانه- آوریل



شکل ۱۲- شاخص Pmv روزانه- می



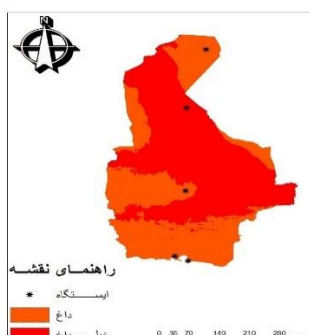
شکل ۱۳- شاخص Pmv روزانه- ژوئن



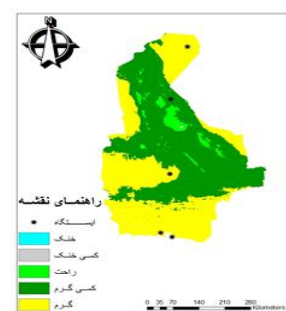
شکل ۱۴- شاخص Pmv روزانه- جولای



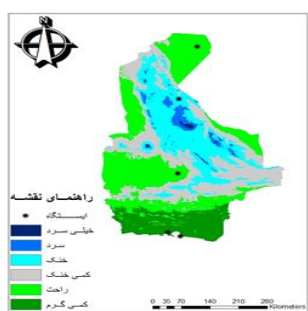
شکل ۱۵- شاخص Pmv روزانه- آگوست



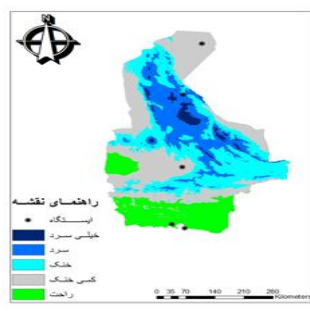
شکل ۱۶- شاخص Pmv روزانه- سپتامبر



شکل ۱۷- شاخص Pmv روزانه- اکتبر



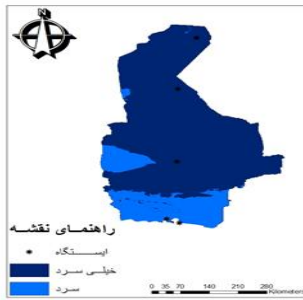
شکل ۱۸- شاخص Pmv روزانه- نوامبر



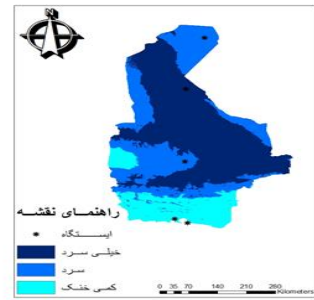
شکل ۱۹- شاخص Pmv روزانه- دسامبر



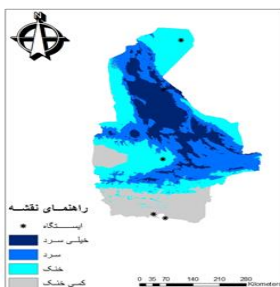
شکل ۲۰- شاخص Pmv شبانه- ژانویه



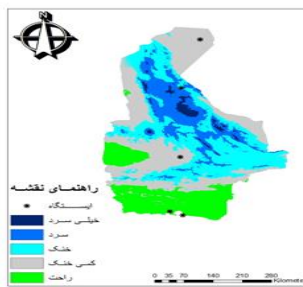
شکل ۲۱- شاخص Pmv شبانه- فوریه



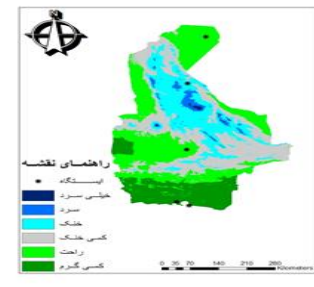
شکل ۲۲- شاخص Pmv شبانه- مارس



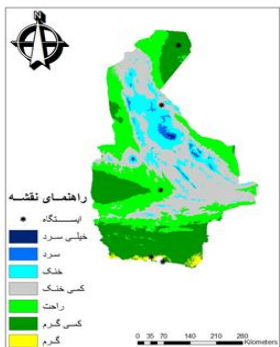
شکل ۲۳- شاخص Pmv شبانه- آوریل



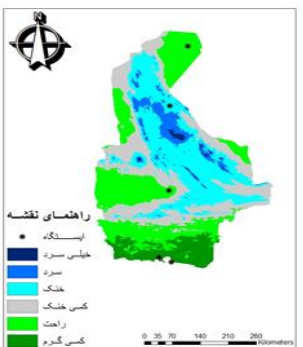
شکل ۲۴- شاخص Pmv شبانه- می



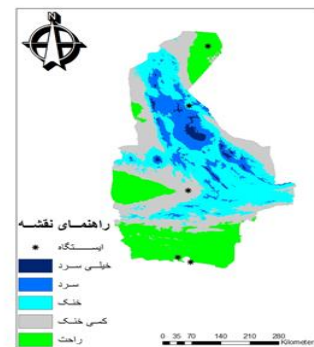
شکل ۲۵- شاخص Pmv شبانه- ژوئن



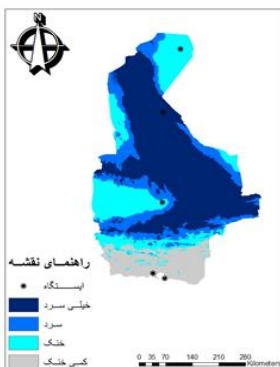
شکل ۲۶- شاخص Pmv شبانه- جولای



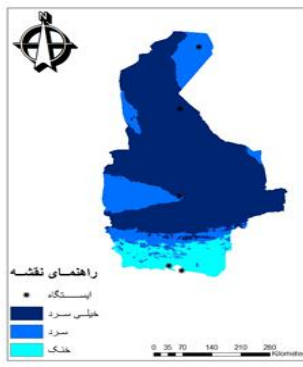
شکل ۲۷- شاخص Pmv شبانه- اگوست



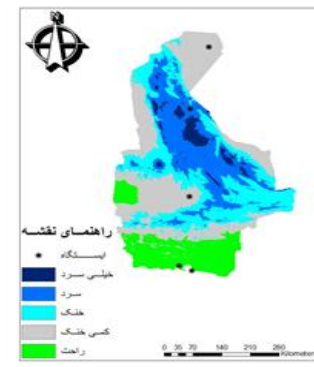
شکل ۲۸- شاخص Pmv شبانه- سپتامبر



شکل ۲۹- شاخص Pmv شبانه- اکتبر

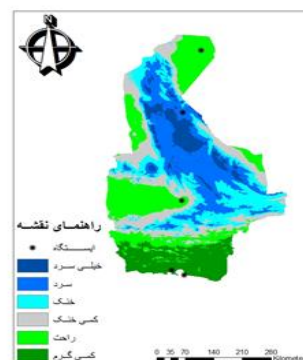
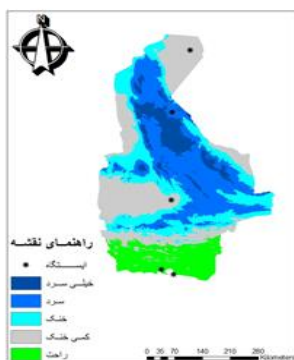
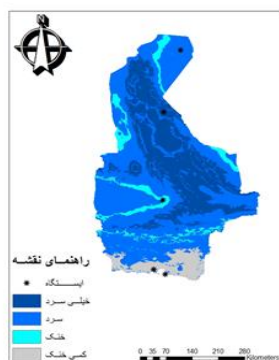


شکل ۳۰- شاخص Pmv شبانه- نوامبر



شکل ۳۱- شاخص Pmv شبانه- دسامبر

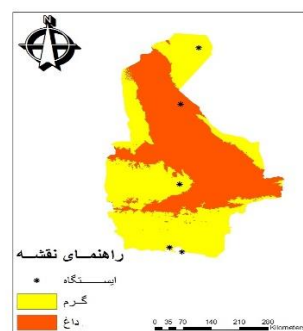
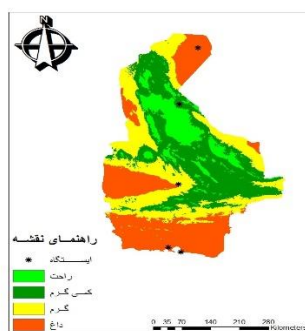
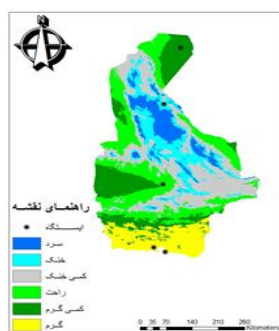
شکل‌های ۳۲ تا ۴۳ شاخص PET محاسبه شده در طول روز و شکل ۴۴ تا ۵۵ شاخص PET محاسبه شده در شب را در ماه‌های مختلف سال برای ایستگاه‌های مورد بررسی نشان می‌دهد.



شکل ۳۲- شاخص Pet روزانه- ژانویه

شکل ۳۳- شاخص Pet روزانه- فوریه

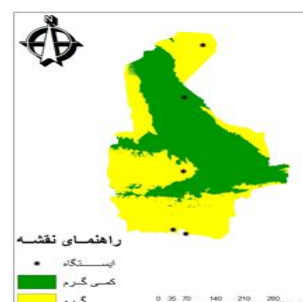
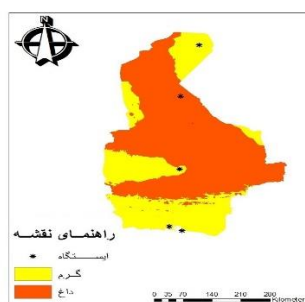
شکل ۳۴- شاخص Pet روزانه- مارس



شکل ۳۵- شاخص Pet روزانه- آوریل

شکل ۳۶- شاخص Pet روزانه- می

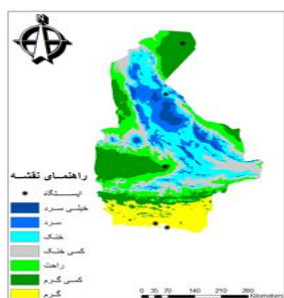
شکل ۳۷- شاخص Pet روزانه- ژوئن



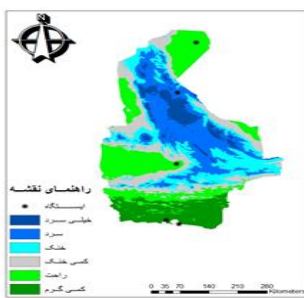
شکل ۳۸- شاخص Pet روزانه- جولای

شکل ۳۹- شاخص Pet روزانه- آگوست

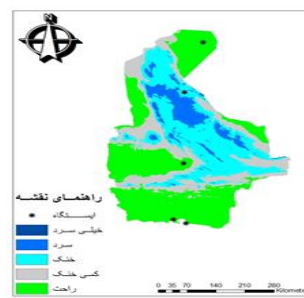
شکل ۴۰- شاخص Pet روزانه- سپتامبر



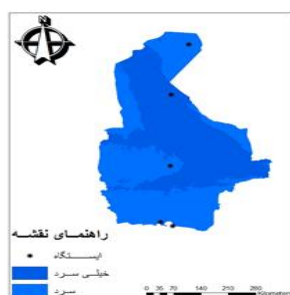
شکل ۴۱- شاخص Pet روزانه - اکتبر



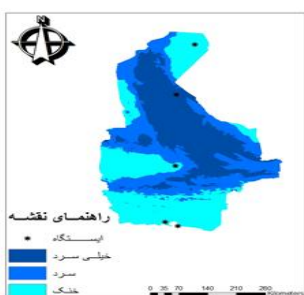
شکل ۴۲- شاخص Pet روزانه - نوامبر



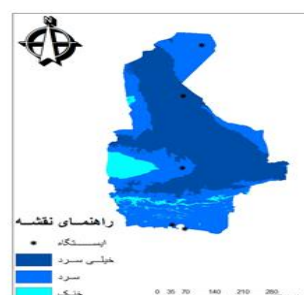
شکل ۴۳- شاخص Pet روزانه - دسامبر



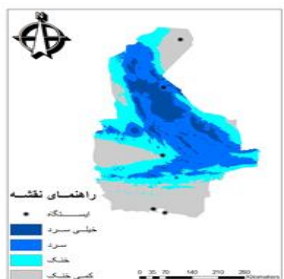
شکل ۴۴- شاخص Pet شبانه - ژانویه



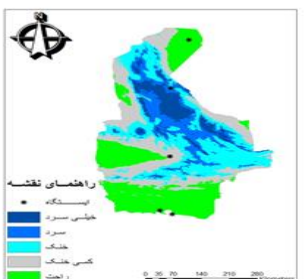
شکل ۴۵- شاخص Pet شبانه - فوریه



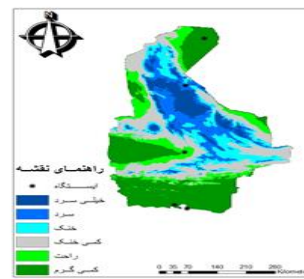
شکل ۴۶- شاخص Pet شبانه - مارس



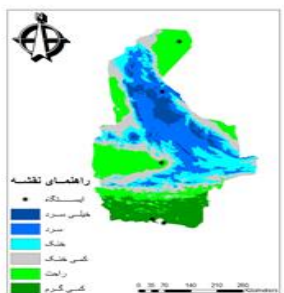
شکل ۴۷- شاخص Pet شبانه - آوریل



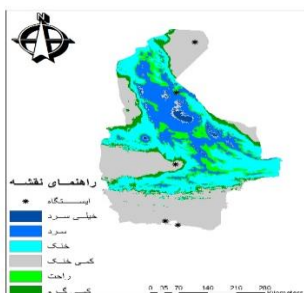
شکل ۴۸- شاخص Pet شبانه - می



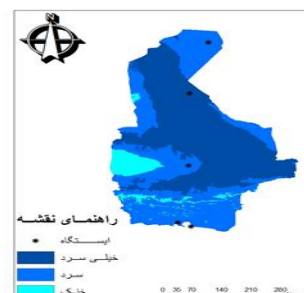
شکل ۴۹- شاخص Pet شبانه - ژوئن



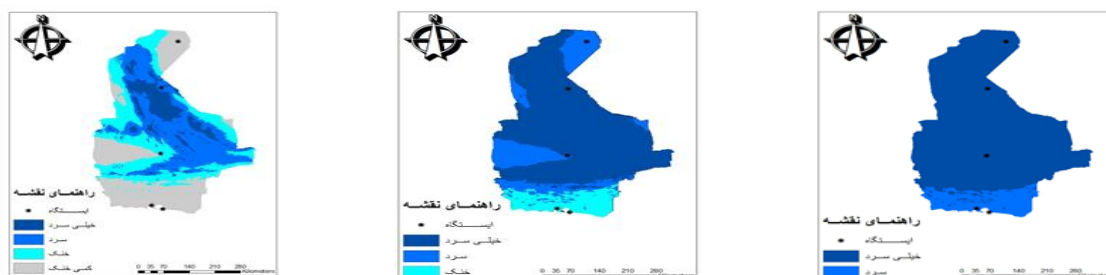
شکل ۵۰- شاخص Pet شبانه - جولای



شکل ۵۱- شاخص Pet شبانه - آگوست



شکل ۵۲- شاخص Pet شبانه - سپتامبر



شکل ۵۳- شاخص Pet شبانه- اکتبر شکل ۵۴- شاخص Pet شبانه- نوامبر شکل ۵۵- شاخص Pet شبانه- دسامبر

جدول ۶- روابط رگرسیونی ماه های مختلف سال طی شبانه روز (معناداری در سطح ۰/۰۵)

| شاخص | ضریب همبستگی | ضریب تبیین | معناداری آزمون | پهنه آسایش (درصد) |
|----------------|--------------|------------|----------------|-------------------|
| Pmv day-jan | 0.852 | 0.727 | 0.067 | 7.38 |
| Pmv day-feb | 0.858 | 0.648 | 0.265 | 12.29 |
| Pmv day-mar | 0.871 | 0.758 | 0.055 | 59.96 |
| Pmv day-apr | 0.762 | 0.581 | 0.134 | 4.59 |
| Pmv day-may | 0.546 | 0.298 | 0.341 | 0.073 |
| Pmv day-june | 0.22 | 0.049 | 0.722 | 0 |
| Pmv day-july | 0.086 | 0.007 | 0.891 | 0 |
| Pmv day-aug | 0.11 | 0.012 | 0.861 | 0 |
| Pmv day-sep | 0.345 | 0.119 | 0.57 | 0 |
| Pmv day-oct | 0.815 | 0.664 | 0.093 | 3.6 |
| Pmv day-nov | 0.863 | 0.745 | 0.06 | 32.58 |
| Pmv day-dec | 0.846 | 0.716 | 0.071 | 15.47 |
| Pmv night-jan | 0.875 | 0.765 | 0.052 | 0 |
| Pmv night-feb | 0.859 | 0.739 | 0.062 | 0 |
| Pmv night-mar | 0.868 | 0.753 | 0.056 | 0 |
| Pmv night-apr | 0.911 | 0.83 | 0.031 | 0 |
| Pmv night-may | 0.919 | 0.845 | 0.027 | 18.3 |
| Pmv night-june | 0.923 | 0.852 | 0.025 | 32.66 |
| Pmv night-july | 0.872 | 0.761 | 0.054 | 28.53 |
| Pmv night-aug | 0.898 | 0.806 | 0.039 | 28.61 |
| Pmv night-sep | 0.934 | 0.872 | 0.02 | 25.4 |
| Pmv night-oct | 0.909 | 0.827 | 0.032 | 0 |
| Pmv night-nov | 0.876 | 0.767 | 0.052 | 0 |
| Pmv night-dec | 0.878 | 0.771 | 0.025 | 15.47 |
| Pet day-jan | 0.846 | 0.716 | 0.071 | 0 |
| Pet day-feb | 0.845 | 0.714 | 0.072 | 9.15 |
| Pet day-mar | 0.828 | 0.685 | 0.083 | 23.75 |
| Pet day-apr | 0.716 | 0.512 | 0.174 | 25.7 |
| Pet day-may | 0.435 | 0.19 | 0.464 | 11.17 |
| Pet day-june | 0.068 | 0.005 | 0.914 | 0 |
| Pet day-july | 0.208 | 0.043 | 0.737 | 0 |

| | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|
| Pet day-aug | 0.219 | 0.048 | 0.724 | 0 |
| Pet day-sep | 0.174 | 0.03 | 0.779 | 0 |
| Pet day-oct | 0.77 | 0.593 | 0.128 | 32.73 |
| Pet day-nov | 0.839 | 0.703 | 0.075 | 37.77 |
| Pet day-dec | 0.834 | 0.696 | 0.079 | 34.03 |
| Pet night-jan | 0.859 | 0.738 | 0.062 | 0 |
| Pet night-feb | 0.976 | 0.953 | 0.004 | 0 |
| Pet night-mar | 0.862 | 0.742 | 0.06 | 0 |
| Pet night-apr | 0.9 | 0.809 | 0.038 | 0 |
| Pet night-may | 0.895 | 0.8 | 0.04 | 11.78 |
| Pet night-june | 0.875 | 0.766 | 0.052 | 12.62 |
| Pet night-july | 0.81 | 0.656 | 0.096 | 32.05 |
| Pet night-aug | 0.839 | 0.705 | 0.075 | 7.31 |
| Pet night-sep | 0.917 | 0.841 | 0.028 | 0 |
| Pet night-oct | 0.911 | 0.829 | 0.031 | 0 |
| Pet night-nov | 0.885 | 0.784 | 0.046 | 0 |
| Pet night-dec | 0.864 | 0.747 | 0.059 | 0 |

جدول ۷- جهت های نواحی آسایش اقلیمی

| شاخص | ماه | جهت های نواحی آسایش اقلیمی |
|------------|---------|--|
| Pmv روزانه | ژانویه | قسمت های واقع در نواحی ساحلی دریای عمان |
| Pmv روزانه | فوریه | نواحی جنوبی تا سواحل دریای عمان |
| Pmv روزانه | مارس | شمال، شمال غربی، شرق، جنوب شرق و قسمتی از غرب |
| Pmv روزانه | آوریل | قسمت های اندکی از ارتفاعات داخلی |
| Pmv روزانه | اکتبر | قسمت های اندکی از ارتفاعات داخلی |
| Pmv روزانه | نوامبر | شمال، شمال غرب، اندکی از حواشی شرق و نواحی ساحلی، غرب و حاشیه شمال غرب |
| Pmv روزانه | دسامبر | نواحی جنوبی تا سواحل دریای عمان و قسمت کمی از غرب |
| Pmv شبانه | می | جنوب تا ساحل دریای عمان، قسمت اندکی از غرب |
| Pmv شبانه | ژوئن | شمال شرق، حاشیه شرق، بخش اندکی از جنوب، غرب و حاشیه شمال غرب |
| Pmv شبانه | جولای | قسمت اندکی از شمال و حاشیه شمال غرب، غرب، جنوب و شرق |
| Pmv شبانه | اگوست | شمال شرق، غرب، جنوب، بخش کوچکی از حاشیه شمال غرب و شرق |
| Pmv شبانه | سپتامبر | قسمت اندکی از شمال شرق و غرب و جنوب |
| Pmv شبانه | دسامبر | جنوب و بخش کوچکی از غرب |
| Pet روزانه | فوریه | جنوب |
| Pet روزانه | مارس | شمال شرق، غرب و قسمت های کمی از حاشیه جنوب، شمال غرب و شرق |
| Pet روزانه | آوریل | در تمام حاشیه های استان به جز ناحیه ساحلی |
| Pet روزانه | می | ارتفاعات داخلی |
| Pet روزانه | اکتبر | در تمام حواشی |
| Pet روزانه | نوامبر | در تمام حواشی |

| | | |
|------------|--------|---|
| Pet روزانه | دسامبر | جنوب، غرب، شمال شرق و اندکی از حاشیه شمال غرب و شرق |
| Pet شبانه | می | جنوب، غرب و شمال شرق و بخش ناچیزی در شمال غرب و شرق |
| Pet شبانه | ژوئن | قسمت های ناچیزی در حواشی کل استان |
| Pet شبانه | جولای | غرب، شمال شرق، جنوب و حاشیه شمال غرب و کمی از شرق |
| Pet شبانه | اگوست | بخش ناچیزی در ارتفاعات داخلی به صورت پراکنده |

۴- نتیجه گیری

امروزه آب و هوا در فراهم نمودن آسایش انسان، توسعه یا رکود فعالیت های گردشگری به ویژه در مناطق روستایی نقش بسزایی دارد. به طوری که رونق این صنعت، نیازمند شناسایی زمان و مکان مناسب و بهینه با هدف لذت بردن از محیط و بهره گیری از آسایش اقلیمی و فیزیولوژیکی انسان است. در این راستا، نتایج پژوهش حاضر حاکی از این است که در هر دو شاخص PMV و PET به صورت مشترک، ماه های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، می، اکتبر، نوامبر و دسامبر در طول روز دارای پهنه های آسایشی مناسبی برای گردشگری بودند و برای این دو شاخص در طی شب، تنها ماه های می، ژوئن، جولای و اگوست عوامل آسایش و راحتی گردشگران مهیا است. این نتایج همسو با نتایج زینالی، جلالی و اصغری (۱۳۸۹) در استان آذربایجان شرقی و باعقیده، عسگری، شجاع و جمال آبادی (۱۳۹۳) در استان اصفهان می باشد زیرا مناسبترین زمان را برای حضور گردشگران در این مناطق تعیین کرده اند و در این زمان ها، بهترین شرایط اقلیمی و آسایش حرارتی در این استان ها فراهم است. همچنین نتایج جدول زیست اقلیم گیونی و ریمن نشان داد که در شهرهای

ایران شهر و زاهدان در هیچ یک از ماه های سال، شرایط آسایش اقلیمی برقرار نبوده است و در چابهار، زابل و کنارک آن هم در ساعات به خصوصی از شبانه روز شرایط آسایشی برقرار است. به طوری که، ایستگاه های همدید واقع در عرض های جغرافیایی بالاتر و ارتفاعات بالاتر همچون ایران شهر، زابل و زاهدان در ماه های گرم سال با ورود توده هوای مونسون، تاثیرپذیری کمتری از لحاظ دمایی داشته است در حالی که در دو ایستگاه چابهار و کنارک به دلیل قرار گرفتن در حاشیه دریای عمان بیشترین تاثیر دمایی در خردادماه و تیرماه مشاهده می شود. بیشترین پهنه آسایشی در ماه مارس حدود ۶۰ درصد، دارای اقلیم آسایشی مناسبی می باشد و در مرتبه بعد، ماه نوامبر با مقدار ۳۳ درصد برای شاخص روزانه PMV قرار می گیرد. بنابراین تهیه و تعیین تقویم گردشگری در استان سیستان و بلوچستان ضمن شناسایی مساعدترین زمان برای حضور گردشگران و کسب درآمدهای ناشی از آن، می تواند اطلاعات مفیدی را از شرایط آب و هوایی در اختیار مدیران و برنامه ریزان امر در این استان قرار دهد.

منابع

- اسماعیلی، ر؛ گندمکار، ا؛ حبیبی نوخندان، م. (۱۳۹۰). ارزیابی اقلیم آسایشی چند شهر اصلی گردشگری ایران با استفاده از شاخص دمای فیزیولوژیک (PET)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۵، ۱-۱۳۰.
- باعقیده، م؛ عسگری، ا؛ شجاع، ف؛ جمال‌آبادی، ج. (۱۳۹۳). بررسی و مقایسه عملکرد پارامترهای مدل ریمن در تعیین تقویم مناسب گردشگری (مطالعه موردی: شهر اصفهان). جغرافیا و توسعه، شماره ۳۶، ۱۳۵-۱۴۴.
- بحرینی، ح و کریمی، ک. (۱۳۸۱). برنامه‌ریزی محیطی ایران برای توسعه زمین (راهنمایی برای برنامه‌ریزی و طراحی محلی پایدار). چاپ اول، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- حیدری، ش. (۱۳۸۳). بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان. چاپ اول، تهران: انتشارات معاونت امور انرژی کشور.
- دفتر تثبیت شن و بیابان زدائی. (۱۳۸۴). خلاصه برنامه ملی مدیریت مناطق بیابانی کشور (۱۳۸۴-۱۴۰۳). چاپ اول، تهران: انتشارات سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور.
- ذوالفقاری، ح. (۱۳۸۶). تعیین تقویم زمانی مناسب برای گردش در تبریز با استفاده از شاخص‌های دمای معادل فیزیولوژی Pet و متوسط نظرسنجی پیش بینی شده Pmv. پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۲، ۱۲۹-۱۴۱.
- راجویان، م. (۱۳۶۷). آسایش به وسیله معماری هم ساز با اقلیم. چاپ اول، تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
- زینالی، ب؛ جلالی، ف؛ اصغری، ص. (۱۳۸۹). بررسی و پهنه‌بندی اقلیم توریستی استان آذربایجان شرقی با استفاده از شاخص PET. همایش منطقه‌ای کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه‌ریزی محیطی (صص ۷۰-۷۸)، دانشگاه آزاد واحد خرم‌آباد، ایران.
- کسمایی، م. (۱۳۶۹). پهنه‌بندی و راهنمای طراحی اقلیمی. چاپ اول، تهران: انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن کشور.
- محمدی، ح. (۱۳۸۶). آب و هواشناسی کاربردی. چاپ دوم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- Ashrae, S. (2004). Thermal Environment Conditions for Human Occupancy ASHRAE, Atlanta. Retrieved 2004, Feb. 15, from <http://www.almasesepahan.com>
- Beacker, S. (2000). Bio climatological Rating of Cities and Resorts in South Africa According to the Climatic Index. International Journal of climatology, 20, 1403-1414.
- Brager, G. S., Dear R. J. (1998). Thermal Adaptation in the Built Environment: A Literature Review. Energy and Buildings, 27, 83-96.
- Deb, C., Ramachandriah, A. (2010). The Significance of Physiological Equivalent Temperature (PET) in outdoor Thermal Comfort Studies. International Journal Engineer Science Technology, 2, 2825-2828.
- Fishman, D. S., Pimbert, S. L. (1979), Survey of Subjective Responses to the Termal Environment in Offices Indor Climate. (1th Ed.). Denmark: Danish Building Research, Institute Copenhagen Press.
- Givoni, B. (1976). Man, Climate and Architecture. (1th Ed.). New York, USA: Elsevier Press.
- International Organization for Standardization (ISO). (1994). Moderate Thermal Environment, Determination of PMV and PPD Indices and Specification of the Condition for Thermal Comfort. (1th Ed.). Geneva Press.
- Scott, D, McBoyle, G. (2001). December .Using a Tourism Climate Index to Examine the Implications of Climate Change for Climate as a Tourism Resource. Tourism and Recreation, 3, 69-88
- Zengin, M., Kubar, I., Kurhan. F. (2009). Determination Comfort in Erzurum – Rize Expressway Corridor Using GIS. Building and Enviroment, 45, 158 -164.