

آشکارسازی تغییرات تقویم بیوکلیمایی آسایش شبانه روزی شهر اهواز براساس مدل اوانز در اقلیم شبیه‌سازی شده گزارش ششم تغییر اقلیم CMIP6

محمد بازبندی^۱، منیژه ظهوریان پردل^{۲*}، علیرضا شکیبا^۳، مصطفی مسعودی نژاد^۴

۱- دانشجوی دکتری تخصصی آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز

۲- استادیار، گروه جغرافیای، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز

۳- دانشیار، گروه سنجش از دور و GIS و عضو مرکز مطالعات ناحیه ای، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

۴- استادیار، گروه معماری، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز

چکیده

تقویم‌های آسایش اقلیمی در واقع به نوعی تعیین کننده، ساختار زمانی و مکانی گردشگری طبیعی، الگوی مصرف انرژی اعم از انرژی سرمایشی و گرمایشی، الگوهای معماری ساختمان و الگوی پوشاک مناسب هستند، تحت تاثیر تغییرات اقلیمی در دهه‌های اخیر می‌توانند تغییر کنند. آگاهی از این تغییرات آسایش اقلیمی، می‌تواند زمینه مناسبی برای برنامه‌ریزی‌های انطباق با تغییرات آب و هوایی را فراهم کند. با توجه به اینکه هدف اساسی این تحقیق آشکارسازی تغییرات تقویم زیست اقلیمی شهر اهواز در شرایط تغییر اقلیم بود، لذا با استفاده از خروجی مدل گردش عمومی HADGM3 براساس گزارش ششم تغییر اقلیم CMIP6 تحت خط سیر انتشار SSP245 داده‌های کمینه و بیشینه دما و رطوبت روزانه، دوره اقلیم آینده نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۴۰) شبیه‌سازی گردید. داده‌های دما و رطوبت کمینه و بیشینه روزانه نیز برای تحلیل وضعیت بیوکلیمایی دوره پایه (۱۹۷۰-۱۹۹۰)، دوره حاضر (۲۰۰۰-۲۰۲۰) از ایستگاه سینوپتیک اهواز اخذ گردید. در این تحقیق از دستورالعمل و استراتژی‌های مدل زیست اقلیمی EVANZ برای بررسی تحلیل تغییرات زمانی تقویم زیست اقلیمی شهر اهواز استفاده شد. در این تحقیق دیده شد که در کلانشهر اهواز، در دوره پایه و حاضر در ۶ ماه از سال یعنی ماه‌های اردیبهشت تا مهر ماه، در طی روز تنش گرمایی و احساس ناراحتی گرمایی در سطح شهر وجود دارد، در حالی که تعداد این ماه‌های توأم با تنش گرمایی در اقلیم شبیه‌سازی شده آینده نزدیک به ۸ ماه از سال گسترش یافته است و دو ماه فروردین و آبان نیز به این طبقه توأم با تنش حرارتی روزانه منتقل شده‌اند. با توجه به اینکه استفاده از انرژی سرمایشی مبتنی بر برق، در طی ساعاتی از روز برای تعدیل دمای داخل خانه جز استراتژی‌های فعال توصیه شده در مدل EVANZ در این ماه‌ها است، لذا در دوره اقلیم آینده، با توجه به طولانی شدن دوره تنش حرارتی از ۶ ماه به ۸ ماه، میزان بار مصرفی برق در شهر اهواز حدود ۳۰ درصد افزایش پیدا می‌کند. علاوه بر آن نتایج این تحقیق نشان داد که در اقلیم دوره پایه و حاضر، در ۶ ماه از سال یعنی آبان تا فروردین، در طی شب تنش محدود سرمایی در طی وجود دارد، در حالی که اقلیم شبیه‌سازی شده آینده این شرایط تنش سرمایی تنها در ۵ ماه از سال یعنی آبان تا اسفند وجود دارد. تغییر قابل توجه دیگری که در تقویم بیوکلیمایی شهر اهواز ایجاد شده است، این است که در اقلیم دوره پایه تنها در دو ماه تیر و مرداد شب‌های توأم با تنش گرمایی وجود دارد که نیاز به سرمایش مصنوعی محیط است، در حالی که در اقلیم دوره حاضر و دوره آینده نزدیک این دوره به ۴ ماه از سال یعنی خرداد تا شهریور گسترده شده است و در ۴ ماه از سال نیاز به سرمایش مصنوعی محیط خانه در طی ساعات شب وجود دارد که این مسئله بار مصرفی انرژی برق شهر اهواز را در زمینه سرمایش محیط خانه، حدود ۵۰ درصد افزایش می‌دهد.

کلید واژه‌ها: تقویم زیست اقلیمی، مدل EVANZ، آسایش اقلیمی، تغییر اقلیم، شهر اهواز.

مقدمه

آب و هوا از عوامل مهم در تصمیم‌گیری گردشگران بوده و همچنین بر عملکرد موفقیت‌آمیز مشاغل گردشگری تأثیر می‌گذارد (بکن، ۲۰۱۰) توجه به شرایط آب و هوایی هر منطقه به منظور تنظیم تقویم گردشگری از اهمیت بالایی برخوردار است و توریسم و برنامه‌ریزان تور نیاز به داشتن اطلاعات جوی و اقلیمی جهت برنامه‌ریزی زمانی تورهای خود دارند (Lechal, 1997). برنامه‌ریزان به اطلاعات اقلیمی قبل، بعد و در زمان بازدید امکان نیاز دارند لذا تعیین شاخصی برای آسایش هر چه بهتر توریسم اهمیت بسیاری دارد (فریتس، ۲۰۰۸). وضعیت اقلیم شناسی یک منطقه از جمله مهمترین عوامل مؤثر در جهت جذب گردشگر و بالعکس تضعیف آن می‌باشد (دی فریتا، ۲۰۰۳) و گردشگری به شدت از تغییر آب و هوا تأثیر می‌پذیرد، بسیاری از فعالیت‌های گردشگری به شرایط آب و هوا و منابع طبیعی بستگی دارد و بیشتر گردشگران انعطاف‌پذیری بالایی برای تنظیم مقاصد تعطیلات خود دارند. تغییر اقلیم جهان به احتمال زیاد بزرگترین چالش قرن بیست و یک خواهد بود و این چالش برای مناطق توریستی ناپایدار بسیار حیاتی خواهد بود زیرا نه تنها این تغییرات اقلیمی، منابع حیاتی آنها را تحت تأثیر قرار خواهد داد بلکه بر سلامتی انسان نیز اثرات منفی قابل توجهی خواهد داشت. ذکر این نکته ضروری است که تغییر اقلیم در برخی از مناطق توریستی نه تنها چالش زا نخواهد بود بلکه فرصت‌های مناسبی را نیز به وجود خواهد آورد. شرایط اقلیمی در موفقیت و توسعه بلندمدت صنعت گردشگری نقش مهمی ایفا می‌کند و یکی از اطلاعات مورد نیاز گردشگران به ویژه گردشگران طبیعت شرایط اقلیمی مطلوب در مقصد است. بنابراین دارا بودن شرایط مطلوب اقلیمی از توان‌های بالقوه برای گردشگری محسوب می‌شود (خرمبخت، ۱۳۹۷) زیرا آب و هوا در آسایش انسان نقش مهمی دارد. منظور از آسایش مجموعه شرایطی است که از نظر حرارتی دست کم برای ۸۰ درصد از افراد جامعه مناسب باشد. پنج عنصر دما، رطوبت، باد، تابش و بارش در شکل‌گیری این آسایش نقش دارند که دما و رطوبت نقش مهمتری در این بین بر سلامت و راحتی انسان دارند. به این ترتیب اهداف اقلیم شناسان گردشگری نیز شناسایی انواع اقلیم مؤثر بر گردشگری است و شاخص‌های مهمی در این زمینه گسترش یافته است (حسینی و همکاران، ۱۳۹۶). آسایش زیست اقلیمی انسانی به تعادل حرارتی بدن

انسان با محیط پیرامون وابسته است. طیفی از درجه حرارت‌هایی که پراکنش حرارت به میزان رضایت بخشی در آن صورت گیرد، منطقه آسایش انسان نامیده می‌شود. از نظر فعالیت بدنی و حرارتی انسان، هیچ اقلیمی را نمی‌توان کاملاً مطلوب یا نامطلوب فرض کرد و هیچ اقلیم استانداردی و هیچ انسان استانداردی وجود ندارد. بنابراین آسایش هم در یک منطقه صد درصد ثابت نمی‌تواند باشد و برای افراد برحسب 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 ایران یکی از کشورهای دارای تنوع اقلیمی شناخته و معرفی شده است به طوری که ارزیابی اقلیم گردشگری کشور ایران نشان داده است که ایران از این نظر دارای تنوع زیادی است به طوری که در ماه‌های فصل بهار نیمه شمالی کشور به استثنای مناطق شمال غربی و شمال شرقی از سطح عالی برخوردار است. در ماه‌های فصل زمستان مناطق جنوبی ایران از رتبه عالی برخوردار است و در ماه‌های تابستان غیر از مناطق شمال غربی و شمال شرقی، به طور کلی شرایط نامطلوبی در کشور حاکم است. در ماه‌های فصل پاییز نیز سواحل شمالی کشور از شرایط اقلیم گردشگری مطلوبی برخوردار است و این مطلوبی کم کم به سمت جنوب کشور سوق داده می‌شود (فرج‌زاده و احمدآبادی، ۱۳۸۸) پژوهش‌های فراوانی در ایران و جهان در خصوص زیست اقلیم در زمینه‌های مختلف صورت گرفته است. که از جمله آنها می‌توان به مطالعه قدیمی‌ترین پژوهش‌ها شامل مدل اولگی (۱۹۷۵) است. اولگی نموداری را پیشنهاد نمود که در آن با استفاده از دما و رطوبت نسبی نقش پدیده‌های جوی در آسایش انسان به تفکیک روشن شده بود (رازجویان، ۱۳۶۷). عزیزاده و همکاران (۱۳۹۷) به مطالعه شرایط اقلیم گردشگری شهرهای منتخب استان اصفهان براساس شاخص‌های اقلیم گردشگری پرداختند نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص‌های TCI، PET و PMW نسبت به بیکر قدرت تبیین کنندگی بهتری دارند. نتایج نشان می‌دهد که شرایط زیست اقلیمی شهر اصفهان در ماه‌های مختلف سال متفاوت بوده است. طبق محاسبات صورت گرفته در هر ۵ ایستگاه براساس شاخص‌های مورد بررسی، ماه‌های آپریل، می، سپتامبر و اکتبر بالاترین مقادیر عددی شاخص TCI شهر اصفهان را نمایش داد که دارای شرایط ایده‌آل می‌باشند. براساس شاخص بیکر ماه‌های می، آپریل، سپتامبر و اکتبر دارای هوای مطبوع و ملایم

شهرهای بوشهر، بندرعباس، اهواز، سمنان و تهران و در فصل زمستان مربوط به شهرهای بندرعباس، اهواز، بوشهر، سمنان و زاهدان می‌باشد. مزیدی و همکاران (۱۴۰۰) به ارزیابی شاخص‌های زیست اقلیمی موثر بر آسایش انسان (مطالعه موردی: شهر ارومیه) پرداختند نتایج این مطالعه نشان داد که سال ۱۹۵۹ ماه ژانویه، فوریه، مارس در خارج از منطقه آسایش قرار دارند و به ۷۵ کیلوکالری انرژی نیاز دارد تا به منطقه‌ی آسایش برسد سال ۱۹۶۰ ماه ژانویه، فوریه به ۷۵ کیلوکالری انرژی نیاز دارد تا به منطقه آسایش برسد ولی مارس خارج از منطقه‌ی آسایش است و به ۶۲ کیلوکالری انرژی نیاز دارد تا به منطقه آسایش برسد: در سال ۱۳۵۳ ماه ژانویه که مقدار CPI آن ۳۵.۸ است با توجه به جدول شرایط محیطی آن سرد است و شرایط بیوکلیمای انسانی آن تحریک متوسط تا شدید است. ماه آوریل، جولای، آگوست، سپتامبر در شرایط محیطی گرم قابل تحمل هستند و در محدوده آسایش بیوکلیمایی به سر می‌برند. ماه‌های می، جان، اکتبر، نوامبر، دسامبر در شرایط ملایم مطبوع هستند و در محدوده آسایش بیوکلیمایی به سر می‌برند. عابدی و همکاران (۱۴۰۱) به تعیین تقویم گردشگری با استفاده از شاخص اقلیمی گردشگری (TCI) و شاخص اقلیمی - تعطیلات (HCI) مطالعه موردی: آستارا، استان گیلان پرداختند نتایج این مطالعه نشان داد که ماه‌های مهر و تیر دارای رتبه خوب، اردیبهشت رتبه خیلی خوب و خرداد رتبه عالی است. نتایج شاخص اقلیمی تعطیلات نیز نشان داد که منطقه در ماه‌های دی و تیر به ترتیب دارای رتبه خوب بود. ماه‌های خرداد و بهمن دارای رتبه خیلی خوب، اردیبهشت و فروردین رتبه عالی و اسفند رتبه ایده‌آل بود. بنابر نتایج این پژوهش اوایل بهار و تابستان مهم‌ترین فصل‌ها برای گردشگری در منطقه بود که این نتایج با زمان تعطیلات انطباق دارد. هوشیار (۱۴۰۲) به ارزیابی آسایش انسانی با استفاده از شاخص‌های مختلف بیوکلیماتیک در شهر سقز پرداختند بررسی حدود آسایش روز و شب با استفاده از شاخص ماهانی نشان داد که فقط روزهای اردیبهشت و مهرماه در حدود آسایش (O) قرار دارد و در بقیه‌ی روزهای سال، گرما (H) و بخصوص سرمای هوا (C) موجب نارضایتی فرد و عدم احساس آسایش می‌شود. در وضعیت شب، شرایط حادث‌تر است به طوری که به جز شب‌های تیر و مردادماه که شرایط آسایش فراهم است. براساس شاخص ترجونگ، در طول روز فقط ماه‌های فروردین و مهر در وضعیت مطبوع قرار می‌گیرند و بقیه‌ی ماه‌های سال

است و انسان با پوشش معمولی احساس راحتی می‌کند و هم‌چنین براساس شاخص‌های PET و PMW شرایط آسایش برای گردشگر در ماه سپتامبر فراهم می‌باشد. اربابی و همکاران (۱۳۹۷) کاربرد شاخص اقلیمی تعطیلات (HCI) در تعیین تقویم گردشگری زمستانه (مطالعه موردی: استان سیستان و بلوچستان) را بررسی کردند نتایج این مطالعه نشان داد که ر ماه‌های فصل زمستان، این استان از شرایط اقلیم گردشگری عالی برخوردار است. با توجه به یافته‌های فوق می‌توان گفت شاخص HCI، توانایی لازم را برای ارائه وضعیت اقلیم گردشگری زمستانه استان با در نظر گرفتن انگیزه‌های مختلف گردشگران برای سفر دارا می‌باشد. همچنین نتایج تحقیق نشان داد شاخص HCI نسبت به شاخص‌های دیگر اقلیم گردشگری چون شاخص TCI انطباق بیشتری با واقعیات اقلیم استان دارد. برنا (۱۳۹۸) به مطالعه مطالعه شاخص‌های زیست اقلیمی مؤثر بر آسایش انسان (مطالعه موردی: شهرستان بهبهان) پرداختند نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص سوزباد مطابق با فعالیت‌های اقلیمی منطقه عمل نموده است و سایر شاخص‌های بیوکلیمایی مورد استفاده، توانایی آشکارسازی دوره‌های آسایشی و عدم آسایشی بهبهان را دارند و با وجود برخی تفاوت‌های جزئی، نمودهای نسبتاً همگونی از اقلیم آسایشی شهر ارائه می‌دهند. بررسی‌ها نشان داد که بهبهان در طول سال با داشتن تنوع بیوکلیمایی، از شرایط بسیار گرم تا بسیار خنک برخوردار است، طی اواخر بهار و تا طول تابستان از محدوده آسایش زیست اقلیمی خارج است و با پایان فصل پاییز و زمستان در ماه‌های گذار از گرما به سرما (آبان و آذر ماه) و سرما به گرما (اسفند ماه) اقلیم بهبهان به شرایط آسایش انسانی نزدیک می‌شود. در مجموع پاییز و زمستان برای انجام فعالیت‌های محیطی و گردشگری در بهبهان مناسب و ایده‌آل است. حنفی (۱۳۹۹) به تعیین تقویم زمانی آسایش اقلیمی به منظور برنامه‌ریزی گردشگری در شهرهای منتخب توریستی کشور پرداخت نتایج این مطالعه نشان داد که طول دوره آسایش اقلیمی در شهرها و مناطق مختلف کشور متفاوت است و در همه فصول می‌توان منطقه‌ای را که دارای شرایط اقلیمی مطلوبی برای فعالیت‌های توریستی باشد را پیدا کرد. با توجه به شرایط اقلیم آسایشی، مناسب‌ترین شرایط آسایش اقلیمی در فصل بهار به ترتیب مربوط به شهرهای مشهد، رشت، تبریز، کرمانشاه و اصفهان، در فصل تابستان مربوط به شهرهای رشت، اردبیل، مشهد، همدان و تبریز، در فصل پاییز مربوط به

SSP245 گزارش ششم تغییر اقلیم CMIP6، چه تغییری نسبت به دوره حاضر (۲۰۲۰-۲۰۰۰) و دوره پایه (۱۹۷۰-۱۹۹۰) داشته است.

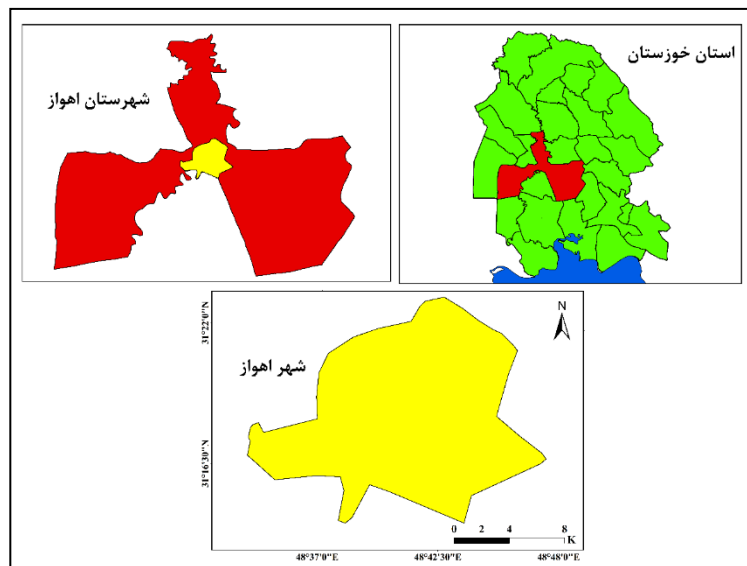
داده‌ها و روش کار

موقعیت منطقه

شهر اهواز مرکز و بزرگترین شهر استان خوزستان است. شهرستان اهواز از نظر موقعیت جغرافیایی بین ۴۸ درجه تا ۴۹ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۳۰ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۲ درجه عرض شمالی از خط استوا قرار دارد براساس طبقه‌بندی دمار تن در گروه اقلیم خشک قرار دارد. متوسط دمای هوا در تابستان ۳۲ درجه و در زمستان ۱۶ درجه است. میزان بارندگی سالانه اهواز به طور متوسط ۲۱۳ میلی‌متر است و بیشترین میزان بارندگی در ماه ژانویه روی می‌دهد. (ghovahi et al., 2015). شهرستان اهواز از شمال به شهرستان‌های شوشتر و دزفول، از غرب به شهرستان سوسنگرد، از جنوب به شهرستان خرمشهر، شادگان و ماهشهر و از شرق به شهرستان رامهرمز محدود می‌گردد. شهر اهواز با وسعتی حدود ۲۲۰ کیلومترمربع بزرگترین شهر استان خوزستان می‌باشد. شهرستان اهواز در جلگه خوزستان واقع شده و بجز تپه‌های شنی، ناهمواری قابل توجهی در آن وجود ندارد. (Afshar, 1987) در محدوده شهرستان اهواز یک ایستگاه سینوپتیک (در اهواز) وجود دارد.

در این تحقیق از داده‌های دما و رطوبت نسبی روزانه طی دوره آماری ۱۹۷۰-۲۰۲۰، برای ایستگاه سینوپتیک شهر اهواز، استفاده گردید. میانگین ماهانه دمای کمینه و بیشینه و نیز میانگین ماهانه رطوبت نسبی کمینه و بیشینه برای دوره آماری مذکور از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. داده‌های مربوط به اقلیم آینده نزدیک یعنی دوره آماری ۲۰۲۱-۲۰۴۰ از خروجی مدل گردش عمومی HADGM3 براساس گزارش ششم تغییر اقلیم CMIP6 تحت سیر انتشار SSP245، برای موقعیت ایستگاه اهواز اخذ گردید. داده‌های مربوط به دمای بیشینه و کمینه و رطوبت کمینه و بیشینه در این تحقیق تقویم زیست اقلیمی شهر اهواز طی دوره ۱۹۷۰-۲۰۲۰، به صورت روزانه از ایستگاه سینوپتیک اهواز اخذ شد.

در وضعیت گرم تا خنک قرار دارند نتایج حاصل از شاخص بیکر نشان داد که ماه‌های اردیبهشت و مهر دارای بیشترین شرایط آسایش بیوکلیمایی و مناسب‌ترین زمان برای فعالیت‌های مختلف از جمله گردشگری در شهر سقز هستند. اسکات و همکاران (۲۰۱۶) به منظور گردشگری و تعیین ماه‌های مناسب گردشگری از نظر اقلیمی در اروپا به مقایسه دو شاخص اقلیم گردشگری (TCI) و شاخص اقلیمی تعطیلات (HCI) پرداختند. نتایج حاصل نشان داد شاخص HCI در بسیاری از شهرها از امتیاز بالاتر و دقت مناسب‌تری نسبت به شاخص TCI به‌ویژه در ماه‌های زمستان برخوردار است. اسکات و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از شاخص‌های اقلیم گردشگری و بیوکلیماتیک به بررسی آسیب‌پذیری گردشگری نسبت به تغییرات آب و هوایی در ۱۸۱ کشور جهان پرداختند. نتایج نشان داد کشورهای واقع در غرب و شمال اروپا، آسیای مرکزی، کانادا و نیوزلند دارای آسیب‌پذیری کمتری هستند و کشورهای آفریقایی، خاورمیانه و جنوب آسیا و کشورهای کمتر توسعه یافته دارای آسیب‌پذیر بالای هستند. حجازی زاده و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از شاخص اقلیم گردشگری (TCI) و شاخص اقلیمی تعطیلات (HCI) به بررسی شرایط زیست اقلیمی و گردشگری مناطق کویری و بیابانی در ایران در دوره ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۵ پرداختند. نتایج نشان داد که شاخص TCI حاکی از طیف وسیع شرایط اقلیمی از نظر گردشگری در طول سال است. در حالی که شاخص HCI تغییرپذیری و نوسان کمتری را نشان می‌دهد. تغییرات آب و هوایی می‌تواند وضعیت اقلیمی هر منطقه را به صورت قابل توجهی از نرمال‌های بلندمدت دور ساخته و از این طریق بسیاری از ساختارهای انطباق یافته با اقلیم گذشته را تغییر دهد. آسایش اقلیمی یا تقویم زیست اقلیمی، می‌تواند ساختار مصرف انرژی گرمایشی و سرمایشی، وضعیت گردشگری، وضعیت معماری، هر منطقه را در برگیرد. تغییرات آب و هوایی با تغییر این نرم‌های آسایش اقلیمی می‌تواند به تغییرات دومینواری در ساختار تقویم زیست اقلیمی، ساختار مصرف انرژی، الگوهای طراحی و معماری ساختمان و ... بیانجامد. هدف اساسی این تحقیق این است که مشخص کند، که تقویم زیست اقلیمی شهر اهواز و به تبع آن آسایش اقلیمی در سطح این کلان شهر، در اقلیم دوره آینده نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۴۰) تحت خط سیر انتشار



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی

براساس چهار متغیر اقلیمی، دمای خشک، رطوبت نسبی، وزش باد و نوع پوشش، روزهای سال از لحاظ آسایش زیست اقلیمی طبقه بندی خواهد شد.

در شکل ۲- الگوریتم اجرای مدل اوانز براساس داده‌های روزانه ایستگاه سینوپتیک اهواز طی دوره آماری ۱۹۷۰-۲۰۲۰ (دوره پایه و دوره حاضر) در ۴ گام یا مرحله برای تعیین شرایط زیست اقلیمی شهر اهواز به صورت فلوجارت شکل ۲ ارائه گردید. در گام اول میانگین‌های ماهانه هر کدام از عناصر اقلیمی ۴ گانه شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، رطوبت نسبی کمینه و رطوبت نسبی بیشینه بر اساس دوره آماری ۱۹۷۰-۲۰۲۰، محاسبه می‌گردد. در گام دوم برای محاسبه شرایط زیست اقلیمی روزانه مدل EVANZ، از میانگین بلندمدت دمای بیشینه و کمینه رطوبت نسبی استفاده می‌شود، و به صورت مشابه برای محاسبه شرایط زیست اقلیمی شبانه، از دو فاکتور دمای کمینه و بیشینه رطوبت نسبی استفاده خواهد شد. در گام سوم با مقایسه مقادیر محاسباتی هر ماه، شرایط زیست اقلیمی هر ماه در شهرستان اهواز مشخص می‌گردد. در گام چهارم با تعیین شرایط زیست اقلیمی هر ماه استراتژی‌های اقلیمی غیرفعال برای هر ماه تدوین و پیشنهاد می‌گردد.

در جدول ۲- رهنمودها و استراتژی‌های پیشنهادی در هر کدام از وضعیت‌های آب و هوایی براساس مدل EVANZ ارائه شده است. استراتژی‌هایی که برای شهر اهواز پیشنهاد می‌شود، با توجه به این استراتژی‌ها در مقیاس شب و روز برای هر ماه ارائه می‌گردد.

داده‌های مربوط به تغییر اقلیم

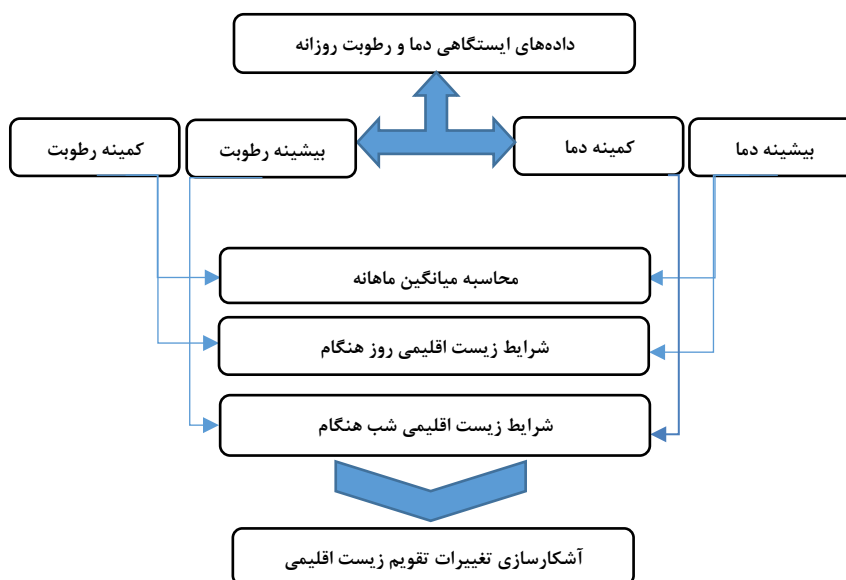
داده‌های مربوط به تغییر اقلیم از مدل گردش عمومی HADGEM3-GC31-LL گرفته شده است. در این تحقیق از خط سیر انتشار SSP2-4-5 گزارش ششم تغییر اقلیم CMIP6 که در واقع یک خط سیر به روز شده از متوسط یا ادامه وضع موجود است و برابر خط سیر انتشار RCP2.5 در گزارش پنجم تغییر اقلیم CMIP5 است. داده‌های بروداد دما و رطوبت مدل گردش عمومی برای دوره ۲۰۲۱-۲۰۴۰ با رزولوشن فضایی ۳۰ ثانیه از پایگاه اقلیمی WORLDCLIM برای شهر اهواز اخذ شد.

مدل بیوکلیمایی EVANZ

در این تحقیق از مدل EVANZ، برای تحلیل شرایط زیست اقلیمی ماهانه شهر اهواز استفاده شد. در این مدل، می‌توان شرایط زیست اقلیمی را در بازه ماهانه و در دو بخش روز هنگام و شب هنگام محاسبه کرد (طاوسی، ۱۳۹۰: ۶۷). در این حالت شرایط زیست اقلیمی شهر اهواز در مقیاس ماهانه به تفکیک شب و روز مشخص می‌گردد. در این راستا با استفاده از داده‌های دمای کمینه و دمای بیشینه و رطوبت کمینه و رطوبت بیشینه ایستگاه سینوپتیک اهواز طی دوره آماری ۱۹۷۰-۲۰۲۰ (دوره ۵۰ ساله) در مقیاس ماهانه، شرایط زیست اقلیمی شبانه و روزانه شهر اهواز در مقیاس EVANZ محاسبه گردید. مدل زیست اقلیمی اوانز دارای ۳ محدوده زیست اقلیمی است که در هر محدوده زیست اقلیمی ۴ طبقه رطوبتی و ۴ طبقه دمایی وجود دارد. در جدول ۱- مدل EVANZ

جدول ۱- دامنه دمای آسایش روزانه و شبانه شاخص اوانز در چهار طبقه نم نسبی هوا (طاووسی و سبزی، ۱۳۹۲)

مقیاس	شرایط گرمایی	رطوبت نسبی	دمای روز	دمای شب
الف	محدوده منطقه راحت به ازاء جریان هوایی معادل ۱ متر بر ثانیه	۰-۳۰	۲۹/۵-۳۲/۵	۲۷/۵-۲۹/۵
		۳۰-۵۰	۲۸/۵-۳۰/۵	۲۶/۵-۲۹
		۵۰-۷۰	۲۷/۵-۲۹/۵	۲۶-۲۸/۵
		۷۰-۱۰۰	۲۶-۲۹	۲۵/۵-۲۸
ب	محدوده منطقه راحت به ازاء لباس سبک تابستانی و با یک روانداز سبک در شب، جریان هوا نامحسوس (۰/۱ متر در ثانیه)	۰-۳۰	۲۲/۵-۳۰	۲۰-۲۷/۵
		۳۰-۵۰	۲۲/۵-۲۸	۲۰-۲۶/۵
		۵۰-۷۰	۲۲/۵-۲۷/۵	۲۰-۲۶
		۷۰-۱۰۰	۲۲/۵-۲۷	۲۰-۲۵/۵
ج	محدوده منطقه راحت به ازاء لباس معمولی و گرم و روانداز ضخیم در شب	۰-۳۰	۱۸-۲۲/۵	۱۶-۲۰
		۳۰-۵۰	۱۸-۲۲/۵	۱۶-۲۰
		۳۰-۷۰	۱۸-۲۲/۵	۱۶-۲۰
		۷۰-۱۰۰	۱۸-۲۲/۵	۱۶-۲۰



شکل ۲- الگوریتم اجرای مدل EVANZ براساس داده‌های روزانه ایستگاه سینوپتیک اهواز طی سه دوره ۱۹۷۰-۱۹۹۰، ۲۰۰۰-۲۰۲۰، ۲۰۲۱-۲۰۴۰

یافته‌ها

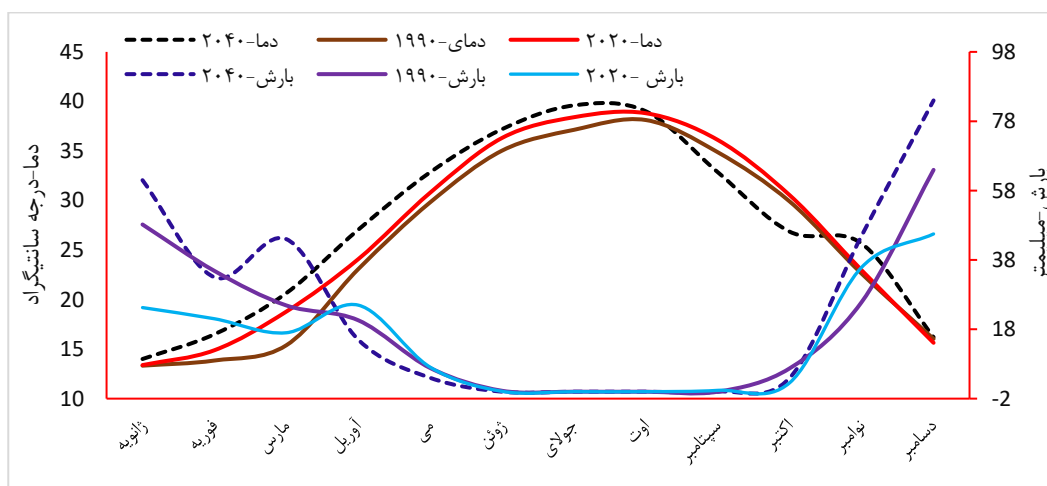
عنوان دوره پایه در نظر گرفته شده است، میانگین دما در گرمترین ماه سال یعنی ماه اوت برابر ۳۸/۱۲ درجه سانتی‌گراد بوده است در حالی که در اقلیم دوره حاضر، میانگین دما در گرمترین ماه سال به ۳۸/۸ درجه سانتی‌گراد رسیده است و در دوره اقلیم آینده نزدیک که خروجی مدل HadGEM3 تحت خط سیر انتشار SSP245 گزارش ششم تغییر اقلیم یعنی CMIP6، گرمترین ماه سال به سمت چپ نمودار یعنی ماه جولای جابجا شده است و ماه جولای با ۳۹/۶ درجه سانتی‌گراد گرمترین ماه سال بوده است. از لحاظ بارش در

برای بررسی وضعیت و ساختار دمایی و بارشی شهر اهواز طی سه دوره آماری مورد بررسی یعنی دوره پایه (۱۹۷۰-۱۹۹۰)، دوره حاضر (۲۰۰۰-۲۰۲۰) و دوره آینده نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۴۰)، اقدام به ارائه گراف آمبروترمیک ایستگاه سینوپتیک شهر اهواز (شکل ۳) شد که براساس آن، دوره خشک سال در این شهر، از فروردین تا مهر ماه یعنی ۷ ماه از سال تداوم دارد. در این دوره بارش ثبت شده در ایستگاه سینوپتیک شهر اهواز کمتر از ۲۰ میلیمتر بوده است. در دوره ۱۹۷۰-۱۹۹۰ که به-

ماه‌های ژانویه تا آوریل، دوره حاضر کم بارش ترین دوره و دروه اقلیم آینده نزدیک، با افزایش بارش روبرو بوده است. بنابراین در اقلیم آینده نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۴۰) فصل زمستان تا ماه آوریل، مرطوب‌تر و گرم‌تر و بهار و تابستان نیز گرم‌تر از دروه اقلیم دوره حاضر، خواهد بود.

جدول ۲- وضعیت‌های مختلف آب و هوایی و استراتژی‌های فعال و غیرفعال متناسب با آنها در مدل EVANZ

شرایط و وضعیت آب و هوا	میانگین دما		میانگین رطوبت		وضعیت مورد مطالعه	نوسان دما در شبانه روز	رهنمودهای معماری برای تنظیم وضعیت هوای داخل ساختمان
	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه			
دمای بالا و نوسان زیاد دمای شبانه روز	بیش از ۳۲/۵	-	-	۳۰-۰	روزها گرم	بیش از ۱۰	اجزای ساختمانی با ظرفیت گرمایی و زمانی تاخیر
	بیش از ۳۰/۵	-	-	۵۰-۳۰		بیش از ۱۰	
	بیش از ۲۹/۵	-	-	۷۰-۵۰		بیش از ۱۰	
روز و شب راحت ولی همراه با نوسان زیاد دما در شبانه روز	کمتر از ۳۲/۵	بیش از ۱۰	بیش از ۱۰	۳۰-۰	روزها راحت	بیش از ۱۰	ظرفیت گرمایی مناسب
	کمتر از ۳۰/۵	بیش از ۱۰	بیش از ۱۰	۵۰-۳۰		بیش از ۱۰	
	کمتر از ۲۹/۵	بیش از ۱۰	بیش از ۱۰	۷۰-۵۰		بیش از ۱۰	
	کمتر از ۲۹	بیش از ۱۰	بیش از ۱۰	بیش از ۷۰		بیش از ۱۰	
وجود آسایش روزانه	تمام شرایطی که در وضعیت، ۶، ۲، ۳، ۴، و ۱ نیامده است.						حفاظت ساختمان از تابش و باد شدید
دمای پایین در روز	۱۵-۱۸	-	-	-	تازه		کفایت اجزای ساختمانی با قابلیت انباشت گرما در خود
	۱۰-۱۵	-	-	-	خنک		عدم لزوم عایق بندی ضخیم و کفایت وسیله گرمایی موقتی
	کمتر از ۱۰	-	-	-	سرد		لزوم عایق بندی مناسب و وسیله گرمایی دائمی
دمای پایین در شب	-	کمتر از ۱۰	-	-	شب‌ها سرد		لزوم عایق بندی خوب با ساختمان با ظرفیت گرمایی متوسط یا زیاد



شکل ۳- منحنی آمبروترمیک ایستگاه اهواز براساس طی سه دوره ۱۹۷۰-۱۹۹۰، ۲۰۰۰-۲۰۲۰، ۲۰۲۱-۲۰۴۰ (دوره تغییر اقلیم براساس خروجی گزارش تغییر اقلیم ششم PICC یعنی CMIP6 تحت خط سیر انتشار SSP245 و از مدل HADGM3 شبیه سازی شده است)

در جدول ۳- مقادیر ماهانه مولفه‌های زیست اقلیمی زوهنگام مدل EVANZ برای سه دوره پایه (۱۹۷۰-۱۹۹۰)، حاضر (۲۰۰۰-۲۰۲۰) و آینده نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۴۰) که شامل دمای بیشینه و رطوبت کمینه است، ارائه شده است. همان‌طور که

تابستانی در طی روز، برقرار است و هر دو ماه آبان و فروردین به طبقه آسایش اقلیمی "الف" تغییر یافته‌اند. طبقه آسایش اقلیمی "الف" یعنی دوره‌ای از سال که شرایط آسایش اقلیمی راحت به ازاء جریان هوایی معادل ۱ متر بر ثانیه و نیاز به سرمایش مصنوعی محیط در طول روز وجود دارد، در اقلیم دوره پایه و اقلیم دوره حاضر، در ۶ ماه از سال یعنی از اردیبهشت تا آخر مهر در سطح شهر اهواز برقرار است. در این دوره زمانی هم در اقلیم دوره پایه و هم در اقلیم دوره حاضر، در سطح شهر اهواز در هنگام روز، تنش گرمایی با شدت و ضعف متفاوت حاکم است. روزهای این ۶ ماه (اردیبهشت تا مهرماه) در محدود الف مدل EVAN قرار گرفته است. در این روزها برای تعدیل دمای پوست و برقراری آسایش اقلیمی علاوه بر استفاده از لباس سبک تابستانی، لازم است که هوا نیز با سرعت حداقل ۱ متر بر ثانیه در جریان باشد در غیر این صورت تنش گرمایی حاکم خواهد بود. در این ماه‌ها نیاز به سرمایش محیط به صورت مصنوعی وجود دارد. در دوره اقلیم شبیه‌سازی شده آینده نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۴۰) مدل HADGM3 براساس گزارش ششم تغییر اقلیم یعنی CMIP6 تحت خط سیر انتشار SSP245، طبقه آسایش اقلیمی "الف" مدل EVANZ به ۸ ماه از سال یعنی از فروردین تا آبان ماه، گسترش پیدا کرده است و در طی روز تنها برای جلوگیری از تنش گرمایی، نیاز به گردش هوا با سرعت حداقل ۱ متر بر ثانیه وجود دارد.

در این جدول دیده می‌شود، در اقلیم دوره پایه (۱۹۹۰-۲۰۱۰) بالاترین میانگین دمای روز هنگام (دمای بیشینه) در ماه‌های تیر و مرداد است، در این دو ماه میانگین دمای بیشینه روز هنگام در دوره پایه، به ترتیب ۴۲ و ۴۴/۹ درجه سانتی‌گراد است. میانگین دمای بیشینه این ماه‌ها، در دوره حاضر (۲۰۲۰-۲۰۴۰)، به ترتیب ۴۳/۷ و ۴۶/۷ درجه سانتی‌گراد است و در دوره تغییر اقلیم آینده میانگین دمای بیشینه در گرمترین ماه‌های سال، به ترتیب به ۴۵ و ۴۷/۵ درجه سانتی‌گراد رسیده است. در تمام ماه‌های سال، میانگین دمای بیشینه، در دوره حاضر، بالاتر از دوره پایه و در دوره اقلیم آینده نزدیک بالاتر از دوره حاضر بوده است. همان‌طور که در جدول ۳ دیده می‌شود، در اقلیم دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹۷۰)، در کلانشهر اهواز در روزهای آذر تا اواخر اسفند ماه، شرایط آسایش اقلیمی در حالت عادی برقرار است، روزهای ۴ ماه مذکور یعنی آذر، دی، بهمن و اسفند ماه، در محدوده "ج" مدل EVANZ قرار می‌گیرد. در این ماه‌ها، در روز هنگام، شرایط آسایش اقلیمی راحت به ازاء لباس معمولی و نسبتاً گرم در هنگام روز وجود دارد. در دوره حاضر یعنی سالهای ۲۰۲۰-۲۰۴۰، نیز محدوده محدود زمانی "ج" مدل EVANZ در ماه‌های آذر تا اسفند برقرار بوده است. و در طی روز شرایط آسایش اقلیمی به ازاء پوشیدن لباس معمولی برقرار است، در حالی که در اقلیم شبیه‌سازی شده آینده نزدیک، محدوده زمانی "ج" مدل EVANZ در ماه‌های آذر تا بهمن برقرار است و ماه اسفند از محدوده "ج" مدل، به محدوده "ب" مدل EVANZ، یعنی جایی که در طی روز محدوده منطقه راحت به ازاء لباس سبک تابستانی، برقرار است منتقل شده است. اما در تقویم بیوکلیمایی، دوره اقلیمی پایه (۱۹۷۰-۱۹۹۰) و حاضر (۲۰۲۰-۲۰۴۰)، در دو ماه آبان و فروردین براساس مدل EVANZ، شرایط طبقه بیوکلیمایی "ب" برقرار است و در این دو ماه در طی روز به ازاء لباس سبک تابستانی شرایط آسایش اقلیمی راحتی در سطح شهر اهواز برقرار است. در این ماه‌ها، در طی روز برای تعدیل دمای بافت پوست، نیاز به استفاده از لباس سبک تابستانی و جریان هوا با سرعت ۰/۱ متر بر ثانیه (جریان نامحسوس) در طول روز در سطح شهر اهواز است. در دوره اقلیم شبیه‌سازی شده مدل HADGM3 براساس گزارش ششم تغییر اقلیم یعنی CMIP6 تحت خط سیر انتشار SSP245، تنها در ماه اسفند، طبقه آسایش اقلیمی "ب" یعنی شرایط راحت به ازاء لباس سبک

جدول ۳- مولفه‌های زیست اقلیمی (دما و رطوبت نسبی) روز هنگام ایستگاه سینوپتیک شهر اهواز محاسبه شده براساس داده‌های روزانه دما و رطوبت نسبی طی سه دوره آب و هوایی، دوره پایه (۱۹۷۰-۱۹۹۰)، دوره حاضر (۲۰۰۰-۲۰۲۰) و دوره آینده نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۴۰) (دوره تغییر اقلیم براساس خروجی گزارش تغییر اقلیم ششم PICC یعنی CMIP6 تحت خط سیر انتشار SSP245 و از مدل HADGM3 شبیه سازی شده است)

مولفه‌های زیست اقلیمی روز هنگام								
نتیجه آسایش روز هنگام اهواز در مقیاس سه گانه مدل اوانز	آینده -۲۰۲۱-۲۰۴۰		نتیجه آسایش روز هنگام اهواز در مقیاس سه گانه مدل اوانز	دوره پایه-۲۰۲۰-۲۰۰۰		نتیجه آسایش روز هنگام اهواز در مقیاس سه گانه مدل اوانز	دوره پایه-۱۹۷۰-۱۹۹۰	
	میانگین بیشینه دما	میانگین رطوبت نسبی کمینه		میانگین بیشینه دما	میانگین رطوبت نسبی کمینه		میانگین بیشینه دما	میانگین رطوبت نسبی کمینه
محدوده الف	۳۲/۵	۲۴	محدوده ب	۳۰	۲۵/۴۸	محدوده ب	۲۹/۲	۲۹
محدوده الف	۳۹/۱	۱۴	محدوده الف	۳۷/۶۰	۱۵/۰۷	محدوده الف	۳۷/۱	۱۴
محدوده الف	۴۳/۳	۹	محدوده الف	۴۲/۱۱	۹/۸۳	محدوده الف	۴۱	۱۲
محدوده الف	۴۵	۱۰	محدوده الف	۴۳/۷	۱۰/۵۵	محدوده الف	۴۲	۱۳
محدوده الف	۴۷/۵	۱۱	محدوده الف	۴۶/۷	۱۱/۸۶	محدوده الف	۴۴/۹	۱۴
محدوده الف	۴۳/۵	۱۱	محدوده الف	۴۲/۲۸	۱۲/۲۴	محدوده الف	۴۱/۷	۱۶
محدوده الف	۳۷/۹	۲۵	محدوده الف	۳۶/۵۹	۲۵/۰۳	محدوده الف	۳۴/۷	۲۷
محدوده الف	۳۱/۷	۲۷	محدوده ب	۲۹/۳۳	۲۹/۰۰	محدوده ب	۳۰	۳۰
محدوده ج	۲۱/۸	۴۲	محدوده ج	۲۱/۲۷	۴۳/۴۵	محدوده ج	۲۰/۸	۴۵
محدوده ج	۱۷/۸	۴۶	محدوده ج	۱۶/۳۴	۴۸/۰۳	محدوده ج	۱۴/۹	۵۱
محدوده ج	۱۹	۳۸	محدوده ج	۱۷/۵۹	۳۹/۱۰	محدوده ج	۱۵/۷	۳۸
محدوده ب	۲۲/۷	۳۰	محدوده ج	۲۱/۱	۳۲	محدوده ج	۱۹/۶	۳۴

*محدوده الف): محدوده منطقه راحت به ازاء جریان هوایی معادل ۱ متر بر ثانیه-نیاز به سرمایش مصنوعی محیط

**محدوده ب): محدوده منطقه راحت به ازاء لباس سبک تابستانی - جریان هوا ۰/۱ متر بر ثانیه

***محدوده ج): محدوده منطقه راحت به ازاء لباس معمولی و گرم

سانتی‌گراد در ماه‌های آبان تا فروردین افزایش داشته است، اما تقویم بیوکلیمایی شهر اهواز در دوره حاضر، تفاوتی با دوره پایه نکرده است و محدوده زمانی طبقه آسایش اقلیمی "ج" مدل EVANZ در ماه‌های آبان تا فروردین برقرار بوده است. اما در اقلیم شبیه سازی شده آینده نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۴۰) یعنی CMIP6 تحت خط سیر انتشار SSP245، محدوده زمانی طبقه آسایش اقلیمی "ج" مدل EVANZ تنها در ماه‌های آبان تا اسفند برقرار است و ماه فروردین در این دوره، از محدوده "ج" مدل، به محدوده "ب" مدل EVANZ، یعنی جایی که در طی شب در محدوده راحت به ازاء لباس سبک تابستانی، برقرار است، منتقل شده است. در اقلیم دوره پایه (۱۹۷۰-۱۹۹۰)، ۴ ماه از سال شامل ماه‌های اردیبهشت و خرداد، شهریور و مهر، در شهر اهواز، شرایط بیوکلیمایی براساس

در جدول ۴- مقادیر ماهانه مولفه‌های زیست اقلیمی شب هنگام مدل EVANZ برای سه دوره پایه (۱۹۷۰-۱۹۹۰)، حاضر (۲۰۰۰-۲۰۲۰) و آینده نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۴۰) که شامل دمای کمینه و رطوبت بیشینه است، ارائه شده است. همان‌طور که در این جدول دیده می‌شود، در اقلیم دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۹۰) در اقلیم دوره پایه (۱۹۷۰-۱۹۹۰)، در کلانشهر اهواز در شب‌های ۶ ماه از سال یعنی از اول آبان تا پایان فروردین، شرایط آسایش اقلیمی در محدوده آسایشی "ج" مدل EVANZ قرار دارد. در این ماه‌ها، در طی ساعات شب، شرایط آسایش اقلیمی در سطح شهر اهواز در به گونه ای است که نیاز به روانداز ضخیم هنگام خواب و گرمایش مصنوعی محیط خوانه در ساعات محدودی از شب وجود دارد. در دوره حاضر یعنی سالهای ۲۰۰۰-۲۰۲۰، نیز، اگرچه میانگین دمای کمینه شب هنگام تا حد ۱/۲ الی ۱/۵ درجه

اقلیمی راحت به ازاء جریان هوایی معادل ۱ متر بر ثانیه و نیاز به سرمایش مصنوعی محیط در طول روز و گاهی در شب وجود دارد، در اقلیم دوره پایه، تنها در دو ماه تیر و مرداد برقرار است در حالی که در اقلیم دوره حاضر و اقلیم شبیه سازی شده آینده نزدیک، در ۴ ماه خرداد تا شهریور، یعنی در ۴ ماه از سال در سطح شهر اهواز شرایط تنش حرارتی طبقه "الف" گسترش یافته است. در این دوره طبقه آسایش اقلیمی، در سطح شهر اهواز در هنگام شب، تنش گرمایی با شدت و ضعف متفاوت حاکم است. شب‌های این ۴ ماه (خرداد تا شهریور) در محدود الف مدل EVAN قرار گرفته است. در این شب‌ها برای تعدیل دمای پوست و برقراری آسایش اقلیمی علاوه بر استفاده از لباس سبک تابستانی، لازم است که هوا نیز با سرعت حداقل ۱ متر بر ثانیه در جریان باشد، در غیر این صورت تنش گرمایی حاکم خواهد بود.

مدل EVANZ، در طبقه بیوکلیمایی "ب" قرار داشته است و در این چهار ماه در طی شب به ازاء لباس سبک تابستانی شرایط آسایش اقلیمی راحتی در سطح وجود داشته است. حال آنکه در اقلیم دوره حاضر (۲۰۲۰-۲۰۰۰) تنها در دو ماه اردیبهشت و مهر شرایط آسایش اقلیمی طبقه "ب" در سطح شهر اهواز برقرار است و دو ماه شهریور و خرداد از طبقه آسایشی "ب" به طبقه آسایشی "الف" مدل EVANZ تغییر کرده اند. در دوره اقلیم شبیه سازی شده مدل HADGM3 براساس گزارش ششم تغییر اقلیم یعنی CMIP6 تحت خط سیر انتشار SSP245، در سه ماه فروردین، اردیبهشت و مهر، طبقه آسایش اقلیمی "ب" یعنی شرایط راحت به ازاء لباس سبک تابستانی در طی شب، برقرار است و ماه فروردین از طبقه "ج" به طبقه آسایش اقلیمی "ب" تغییر یافته است. طبقه آسایش اقلیمی "الف" یعنی دوره‌ای از سال که شرایط آسایش

جدول ۴- مولفه‌های زیست اقلیمی (دما و رطوبت نسبی) شب هنگام ایستگاه سینوپتیک شهر اهواز محاسبه شده براساس داده‌های روزانه دما و رطوبت نسبی طی سه دوره آب و هوایی، دوره پایه (۱۹۷۰-۱۹۹۰)، دوره حاضر (۲۰۰۰-۲۰۲۰) و دوره آینده نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۴۰) (دوره تغییر اقلیم براساس خروجی گزارش تغییر اقلیم ششم PICC یعنی CMIP6 تحت خط سیر انتشار SSP245 و از مدل HADGM3 شبیه سازی شده است)

مولفه‌های زیست اقلیمی شب هنگام									
نتیجه آسایش روز هنگام اهواز در مقیاس سه گانه مدل اوانز	آینده ۲۰۲۱-۲۰۴۰		نتیجه آسایش روز هنگام اهواز در مقیاس سه گانه مدل اوانز	دوره پایه-۲۰۲۰-۲۰۰۰		نتیجه آسایش روز هنگام اهواز در مقیاس سه گانه مدل اوانز	دوره پایه-۱۹۷۰-۱۹۹۰		
	میانگین	کمینه		میانگین	رطوبت نسبی بیشینه		میانگین	رطوبت نسبی بیشینه	
محدوده ب	۲۰.۲	۶۵	محدوده ج	۱۸.۸۶	۶۸.۲۴	محدوده ج	۱۷/۲	۷۵	فروردین
محدوده ب	۲۴/۶	۴۷	محدوده ب	۲۲.۹۹	۵۱.۶۲	محدوده ب	۲۲/۱	۴۶	اردیبهشت
محدوده الف	۲۹	۳۶	محدوده الف	۲۸.۲	۳۷.۷۶	محدوده ب	۲۶/۹	۳۹	خرداد
محدوده الف	۲۸/۲	۳۷	محدوده الف	۲۷.۳۲	۳۸.۵۵	محدوده الف	۲۵/۹	۳۹	تیر
محدوده الف	۳۱/۲	۴۱	محدوده الف	۳۰.۰۵	۴۴.۶۶	محدوده الف	۲۹/۱	۴۱	مرداد
محدوده الف	۲۷/۲	۵۳	محدوده الف	۲۶.۶۴	۵۵.۲۱	محدوده ب	۲۴/۵	۵۷	شهریور
محدوده ب	۱۸.۲	۵۵	محدوده ب	۲۱.۹۴	۵۹.۷۲	محدوده ب	۲۱/۸	۶۶	مهر
محدوده ج	۱۷.۷	۶۸	محدوده ج	۱۷.۱	۷۲.۱۰	محدوده ج	۱۶/۱	۶۹	آبان
محدوده ج	۱۱/۳	۸۱	محدوده ج	۱۰.۸۵	۸۵.۱۷	محدوده ج	۱۰/۶	۸۶	آذر
محدوده ج	۹	۸۵	محدوده ج	۸.۳۸	۸۹.۲۴	محدوده ج	۶/۳	۹۱	دی
محدوده ج	۱۱	۸۱	محدوده ج	۹.۰۳	۸۵.۰۷	محدوده ج	۶/۳	۸۲	بهمن
محدوده ج	۱۴/۲	۷۲	محدوده ج	۱۲.۳۲	۷۶.۱۴	محدوده ج	۹/۶	۷۷	اسفند

*محدوده الف): محدوده منطقه راحت به ازاء جریان هوایی معادل ۱ متر بر ثانیه

**محدوده ب): محدوده منطقه راحت به ازاء لباس سبک تابستانی

***محدوده ج): محدوده منطقه راحت به ازاء لباس معمولی- نیاز به روانداز ضخیم هنگام خواب و گرمایش مصنوعی محیط خوانه در ساعات محدودی از

شب

در جدول ۵ تقویم زیست اقلیمی آسایش روزانه شهر اهواز براساس مدل زیست اقلیمی EVANZ مبتنی بر میانگین ۳ دوره اقلیمی، دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹۷۰)، دوره حاضر (۲۰۰۰-۲۰۲۰) و دوره آینده نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۴۰) به همراه استراتژی‌های فعال و غیر فعال برای هر ماه پیشنهاد شده است. همان‌طور که در این جدول دیده می‌شود، در کلانشهر اهوز، در دوره پایه و حاضر در ۶ ماه از سال یعنی ماه‌های اردیبهشت تا مهر ماه، در طی روز تنش گرمایی و احساس ناراحتی گرمایی در سطح شهر وجود دارد. در دوره اقلیم شبیه سازی شده آینده نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۴۰) تعداد ماه‌هایی که در طبقه تنش گرمایی روز هنگام قرار می‌گیرند (طبقه قرمز رنگ)، به ۸ ماه از سال گسترش یافته است و دو ماه فروردین و آبان نیز به این طبقه توأم با تنش حرارتی روز هنگام منتقل شده‌اند. در این روزهای توأم با تنش حرارتی، لباس راحت تابستانی به همراه وجود جریان هوای با سرعت ۱ متر بر ثانیه می‌تواند تا حدی شرایط زیست اقلیمی را تعدیل کند، اما برای برقراری آسایش زیست اقلیمی نیاز به استفاده از وسایل سرمایش مصنوعی در محیط داخلی ساختمان به عنوان استراتژی فعال است. از لحاظ استراتژی غیر فعال لازم است که مصالح و اجزای ساختمان به گونه‌ای انتخاب شوند که دارای ظرفیت گرمایی بالا و زمان تاخیر زیادی در انتقال گرما و تشعش تابشی به داخل ساختمان باشند که هزینه مصرفی انرژی برای تامین سرمایش داخل ساختمان کمینه شود. در

اقلیم دوره حاضر در ماه‌های فروردین و آبان و اسفند و در ماه‌های دوره پایه تنها در ماه‌های فروردین و آبان و در اقلیم شبیه سازی شده آینده نزدیک تنها در دو ماه آبان و اسفند، براساس مدل زیست اقلیمی EVANZ احساس گرما در محیط در طی روز وجود دارد اما توأم با ناراحتی شدید نیست. در این ماه‌ها، لباس سبک تابستانی به همراه وزش جریان هوا با سرعت ۰/۱ متر بر ثانیه می‌تواند شرایط آسایش زیست اقلیمی را فراهم کند. اجزا و مصالح ساختمان اگر ظرفیت گرمایی مناسبی در برابر تابش دریافتی داشته باشند، در تعدیل دمای داخل ساختمان بسیار موثر خواهد بود. اما در ۳ ماه آذر تا بهمن در طی روز در سطح شهر اهواز آسایش زیست اقلیمی برقرار است و لباس معمولی می‌تواند تعادل زیست اقلیمی را برقرار کند. در این ماه‌ها براساس استراتژی‌های غیر فعال مدل زیست اقلیمی EVANZ تنها محافظت از ساختمان در برابر باد شدید و تابش شدید برای برقراری آسایش زیست اقلیمی داخل ساختمان کفایت می‌کند. اما شرایط آسایش زیست اقلیمی در طی روز در سطح شهر اهواز، در اقلیم دوره پایه در ۴ ماه آذر تا اسفند و در اقلیم دوره حاضر و آینده نزدیک در ۳ ماه آذر تا بهمن، برقرار است. در این دوره از سال، پوشیدن لباس معمولی در طی روز و نیز حفاظت از ساختمان در برابر تابش و باد شدید به عنوان استراتژی غیرفعال پیشنهاد می‌شود.

جدول ۵- تقویم زیست اقلیمی آسایش روزانه شهر اهواز براساس مدل زیست اقلیمی EVANZ مبتنی بر میانگین سه دوره آب و هوایی دوره پایه (۱۹۷۰-۱۹۹۰)، دوره حاضر (۲۰۰۰-۲۰۲۰) و دوره آینده نزدیک، (۲۰۲۱-۲۰۴۰) (دوره تغییر اقلیم براساس خروجی گزارش تغییر اقلیم ششم IPCC یعنی CMIP6 تحت خط سیر انتشار SSP245 و از مدل HADGM3 شبیه‌سازی شده است) به همراه استراتژی‌های

فعال و غیر فعال پیشنهادی

روزانه		وضعیت در مدل EVANZ	ماه	
۲۰۴۰	۲۰۲۰	۱۹۹۰	فروردین	
وجود تنش گرمایی-ناراحتی	احساس گرما	احساس گرما		وضعیت زیست اقلیمی EVANZ
لباس تابستانی	لباس تابستانی	لباس تابستانی		نوع پوشش
جریان ۱ متر در ثانیه هوا	جریان ۰/۱ متر بر ثانیه	جریان ۰/۱ متر بر ثانیه		جریان هوا
نیاز به وسایل سرمایش مصنوعی	-	-		استراتژی‌های فعال
اجزای ساختمانی با ظرفیت گرمایی و زمان تاخیر	ظرفیت گرمایی مناسب مصالح و اجزای ساختمان	ظرفیت گرمایی مناسب مصالح و اجزای ساختمان		استراتژی‌های غیرفعال
وجود تنش گرمایی-ناراحتی	وجود تنش گرمایی-ناراحتی	وجود تنش گرمایی-ناراحتی	وضعیت زیست اقلیمی EVANZ	اردیبهشت

-	-	-	استراتژی‌های فعال	
حفاظت از ساختمان در برابر تابش و باد شدید.	حفاظت از ساختمان در برابر تابش و باد شدید.	حفاظت از ساختمان در برابر تابش و باد شدید.	استراتژی‌های غیرفعال	
آسایش زیست اقلیمی	آسایش زیست اقلیمی	آسایش زیست اقلیمی	وضعیت زیست اقلیمی EVANZ	دی
لباس معمولی	لباس معمولی	لباس معمولی	نوع پوشش	
-	-	-	جریان هوا	
-	-	-	استراتژی‌های فعال	
حفاظت از ساختمان در برابر تابش و باد شدید.	حفاظت از ساختمان در برابر تابش و باد شدید.	حفاظت از ساختمان در برابر تابش و باد شدید.	استراتژی‌های غیرفعال	
آسایش زیست اقلیمی	آسایش زیست اقلیمی	آسایش زیست اقلیمی	وضعیت زیست اقلیمی EVANZ	بهمن
لباس معمولی	لباس معمولی	لباس معمولی	نوع پوشش	
-	-	-	جریان هوا	
-	-	-	استراتژی‌های فعال	
حفاظت از ساختمان در برابر تابش و باد شدید.	حفاظت از ساختمان در برابر تابش و باد شدید.	حفاظت از ساختمان در برابر تابش و باد شدید.	استراتژی‌های غیرفعال	
احساس گرما	احساس گرما	آسایش زیست اقلیمی	وضعیت زیست اقلیمی EVANZ	اسفند
لباس سبک تابستانی	لباس سبک تابستانی	لباس معمولی	نوع پوشش	
جریان ۰/۱ متر بر ثانیه	جریان ۰/۱ متر بر ثانیه	-	جریان هوا	
-	-	-	استراتژی‌های فعال	
ظرفیت گرمایی مناسب مصالح و اجزای ساختمان	ظرفیت گرمایی مناسب مصالح و اجزای ساختمان	حفاظت از ساختمان در برابر تابش و باد شدید.	استراتژی‌های غیرفعال	

محدودی از شب نیاز به گرمایش مصنوعی ساختمان وجود دارد. با توجه به اینکه شدت تنش سرمایی زیاد و طولانی نیست لذا از لحاظ استراتژی‌های غیر فعال مدل EVANZ در شب‌های این دوره (آبان تا فروردین ماه) نیازی به عایق‌بندی گرمایی ساختمان نبوده و وسایل گرمایی موقتی کفایت می‌کند. تغییر قابل توجه دیگری که در تقویم بیوکلیمایی شهر اهواز ایجاد شده است، این است که در اقلیم دوره پایه تنها در دو ماه تیر و مرداد شب‌های توأم با تنش گرمایی ایجاد کننده ناراحتی وجود دارد که نیاز به سرمایش مصنوعی محیط است، در حالی که در اقلیم دوره حاضر و دوره آینده نزدیک این دوره به ۴ ماه از سال یعنی خرداد تا شهریور گسترده شده است و در ۴ ماه از سال نیاز به سرمایش مصنوعی محیط خانه در طی ساعات شب وجود دارد که این مسئله بامصرفی انرژی برق شهر اهواز را در زمینه سرمایش محیط خانه، حدود ۵۰ درصد افزایش می‌دهد.

در جدول ۶ تقویم زیست اقلیمی آسایش زیست اقلیمی شب هنگام شهر اهواز براساس مدل زیست اقلیمی EVANZ مبتنی بر میانگین ۳ دوره اقلیمی، دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹۷۰)، دوره حاضر (۲۰۰۰-۲۰۲۰) و دوره آینده نزدیک (۲۰۲۱-۲۰۴۰) به همراه استراتژی‌های فعال و غیرفعال برای هر ماه پیشنهاد شده است. همان‌طور که در این جدول دیده می‌شود، در کلانشهر اهوز، در دوره پایه و حاضر، در ۶ ماه از سال یعنی ماه‌های آبان تا فروردین ماه، در طی شب تنش محدود سرمایی در طی ساعاتی از شب وجود دارد. اما در اقلیم شبیه‌سازی شده آینده این شرایط تنش سرمایی تنها در ۵ ماه از سال یعنی آبان تا اسفند وجود دارد و ماه فروردین در اقلیم آینده تغییر وضعیت زیست اقلیمی داده و به طبقه آسایش اقلیمی بدون تنش سرمایی وارد شده است. در این دوره، شدت‌های مختلفی از تنش سرمایی در ساعاتی از شب وجود دارد. برای حفظ شرایط متعادل زیست اقلیمی در هنگام شب در این ماه‌ها، لازم است که علاوه بر پوشیدن لباس معمولی از روانداز ضخیم هنگام خواب استفاده شود. در این ماه‌ها در ساعات

جدول ۶- تقویم زیست اقلیمی آسایش شبانه شهر اهواز براساس مدل زیست اقلیمی EVANZ مبتنی بر میانگین سه دوره آب و هوایی ۱۹۷۰-۱۹۹۰، ۲۰۰۰-۲۰۲۰، ۲۰۲۱-۲۰۴۰ (دوره تغییر اقلیم براساس خروجی گزارش تغییر اقلیم ششم PICC یعنی CIMP6 تحت خط سیر انتشار SSP245 و از مدل HADGM3 شبیه سازی شده است) به همراه استراتژی‌های فعال و غیر فعال پیشنهادی

ماه	وضعیت در مدل EVANZ	۱۹۹۰	۲۰۲۰	۲۰۴۰
فروردین	وضعیت زیست اقلیمی EVANZ	آسایش زیست اقلیمی و تنش محدود سرمایی	آسایش زیست اقلیمی و تنش محدود سرمایی	آسایش زیست اقلیمی
	نوع پوشش	لباس معمولی	لباس معمولی	لباس معمولی
	جریان هوا	-	-	-
	استراتژی‌های فعال	-	-	-
	استراتژی‌های غیرفعال	عدم لزوم عایق بندی گرمایی ساختمان	عدم لزوم عایق بندی گرمایی ساختمان	حفاظت از ساختمان در برابر تابش و باد شدید
اردیبهشت	وضعیت زیست اقلیمی EVANZ	آسایش زیست اقلیمی	آسایش زیست اقلیمی	آسایش زیست اقلیمی
	نوع پوشش	لباس معمولی	لباس معمولی	لباس معمولی
	جریان هوا	-	-	-
	استراتژی‌های فعال	-	-	-
	استراتژی‌های غیرفعال	حفاظت از ساختمان در برابر تابش و باد شدید	حفاظت از ساختمان در برابر تابش و باد شدید	حفاظت از ساختمان در برابر تابش و باد شدید
خرداد	وضعیت زیست اقلیمی EVANZ	آسایش زیست اقلیمی	وجود تنش گرمایی-ناراحتی	وجود تنش گرمایی-ناراحتی
	نوع پوشش	لباس معمولی	لباس تابستانی	لباس تابستانی
	جریان هوا	-	جریان ۱ متر در ثانیه هوا	جریان ۱ متر در ثانیه هوا
	استراتژی‌های فعال	-	نیاز به وسایل سرمایش مصنوعی	نیاز به وسایل سرمایش مصنوعی
	استراتژی‌های غیرفعال	حفاظت از ساختمان در برابر تابش و باد شدید	اجزای ساختمانی با ظرفیت گرمایی و زمان تاخیر	اجزای ساختمانی با ظرفیت گرمایی و زمان تاخیر
تیر	وضعیت زیست اقلیمی EVANZ	وجود تنش گرمایی-ناراحتی	وجود تنش گرمایی-ناراحتی	وجود تنش گرمایی-ناراحتی
	نوع پوشش	لباس تابستانی	لباس تابستانی	لباس تابستانی
	جریان هوا	جریان ۱ متر در ثانیه هوا	جریان ۱ متر در ثانیه هوا	جریان ۱ متر در ثانیه هوا
	استراتژی‌های فعال	نیاز به وسایل سرمایش مصنوعی	نیاز به وسایل سرمایش مصنوعی	نیاز به وسایل سرمایش مصنوعی
	استراتژی‌های غیرفعال	اجزای ساختمانی با ظرفیت گرمایی و زمان تاخیر	اجزای ساختمانی با ظرفیت گرمایی و زمان تاخیر	اجزای ساختمانی با ظرفیت گرمایی و زمان تاخیر
مرداد	وضعیت زیست اقلیمی EVANZ	وجود تنش گرمایی-ناراحتی	وجود تنش گرمایی-ناراحتی	وجود تنش گرمایی-ناراحتی
	نوع پوشش	لباس تابستانی	لباس تابستانی	لباس تابستانی
	جریان هوا	جریان ۱ متر در ثانیه هوا	جریان ۱ متر در ثانیه هوا	جریان ۱ متر در ثانیه هوا
	استراتژی‌های فعال	نیاز به وسایل سرمایش مصنوعی	نیاز به وسایل سرمایش مصنوعی	نیاز به وسایل سرمایش مصنوعی
	استراتژی‌های غیرفعال	اجزای ساختمانی با ظرفیت گرمایی و زمان تاخیر	اجزای ساختمانی با ظرفیت گرمایی و زمان تاخیر	اجزای ساختمانی با ظرفیت گرمایی و زمان تاخیر
شهریور	وضعیت زیست اقلیمی EVANZ	حفاظت از ساختمان در برابر تابش و باد شدید	وجود تنش گرمایی-ناراحتی	وجود تنش گرمایی-ناراحتی
	نوع پوشش	آسایش زیست اقلیمی	لباس تابستانی	لباس تابستانی
	جریان هوا	لباس معمولی	جریان ۱ متر در ثانیه هوا	جریان ۱ متر در ثانیه هوا

استراتژی‌های فعال	-	نیاز به وسایل سرمایش مصنوعی	نیاز به وسایل سرمایش مصنوعی
استراتژی‌های غیرفعال	-	اجزای ساختمانی با ظرفیت گرمایی و زمان تاخیر	وجود تنش گرمایی-ناراحتی
وضعیت زیست اقلیمی EVANZ	آسایش زیست اقلیمی	آسایش زیست اقلیمی	آسایش زیست اقلیمی
نوع پوشش	لباس معمولی	لباس معمولی	لباس معمولی
جریان هوا	-	-	-
استراتژی‌های فعال	-	-	-
استراتژی‌های غیرفعال	حفاظت از ساختمان در برابر تابش و باد شدید	حفاظت از ساختمان در برابر تابش و باد شدید	حفاظت از ساختمان در برابر تابش و باد شدید
وضعیت زیست اقلیمی EVANZ	آسایش زیست اقلیمی و تنش محدود سرمایی	آسایش زیست اقلیمی و تنش محدود سرمایی	آسایش زیست اقلیمی و تنش محدود سرمایی
نوع پوشش	لباس معمولی	لباس معمولی	لباس معمولی
جریان هوا	-	-	-
استراتژی‌های فعال	-	-	-
استراتژی‌های غیرفعال	عدم لزوم عایق بندی گرمایی ساختمان	عدم لزوم عایق بندی گرمایی ساختمان	عدم لزوم عایق بندی گرمایی ساختمان
وضعیت زیست اقلیمی EVANZ	تنش سرمایی در شب	تنش سرمایی در شب	تنش سرمایی در شب
نوع پوشش	روانداز ضخیم هنگام خواب	روانداز ضخیم هنگام خواب	روانداز ضخیم هنگام خواب
جریان هوا	-	-	-
استراتژی‌های فعال	نیاز به گرمایش مصنوعی در ساعات محدودی از شب	نیاز به گرمایش مصنوعی در ساعات محدودی از شب	نیاز به گرمایش مصنوعی در ساعات محدودی از شب
استراتژی‌های غیرفعال	ساختمان-کفایت وسایل گرمایی موقتی	ساختمان-کفایت وسایل گرمایی موقتی	ساختمان-کفایت وسایل گرمایی موقتی
وضعیت زیست اقلیمی EVANZ	تنش سرمایی در شب	تنش سرمایی در شب	تنش سرمایی در شب
نوع پوشش	روانداز ضخیم هنگام خواب	روانداز ضخیم هنگام خواب	روانداز ضخیم هنگام خواب
جریان هوا	-	-	-
استراتژی‌های فعال	نیاز به گرمایش مصنوعی در ساعات محدودی از شب	نیاز به گرمایش مصنوعی در ساعات محدودی از شب	نیاز به گرمایش مصنوعی در ساعات محدودی از شب
استراتژی‌های غیرفعال	ساختمان-کفایت وسایل گرمایی موقتی	ساختمان-کفایت وسایل گرمایی موقتی	ساختمان-کفایت وسایل گرمایی موقتی
وضعیت زیست اقلیمی EVANZ	تنش سرمایی در شب	تنش سرمایی در شب	تنش سرمایی در شب
نوع پوشش	روانداز ضخیم هنگام خواب	روانداز ضخیم هنگام خواب	روانداز ضخیم هنگام خواب
جریان هوا	-	-	-
استراتژی‌های فعال	نیاز به گرمایش مصنوعی در ساعات محدودی از شب	نیاز به گرمایش مصنوعی در ساعات محدودی از شب	نیاز به گرمایش مصنوعی در ساعات محدودی از شب
استراتژی‌های غیرفعال	ساختمان-کفایت وسایل گرمایی موقتی	ساختمان-کفایت وسایل گرمایی موقتی	ساختمان-کفایت وسایل گرمایی موقتی

مهر

آبان

آذر

دی

بهمن

وضعیت زیست اقلیمی EVANZ	تنش سرمایی در شب	تنش سرمایی در شب	تنش سرمایی در شب
نوع پوشش	روانداز ضخیم هنگام خواب	روانداز ضخیم هنگام خواب	روانداز ضخیم هنگام خواب
جریان هوا	-	-	-
اسفند	نیاز به گرمایش مصنوعی در ساعات محدودی از شب	نیاز به گرمایش مصنوعی در ساعات محدودی از شب	نیاز به گرمایش مصنوعی در ساعات محدودی از شب
استراتژی‌های فعال	عدم لزوم عایق بندی گرمایی ساختمان-کفایت وسایل گرمایی	عدم لزوم عایق بندی گرمایی ساختمان-کفایت وسایل گرمایی	عدم لزوم عایق بندی گرمایی ساختمان-کفایت وسایل گرمایی
استراتژی‌های غیرفعال	موقتی	موقتی	موقتی

نتیجه گیری

امروزه تغییرات آب و هوایی، به صورت تغییر در ابعاد وسیعی از ساختارهای زیست محیطی، ساختارهای اقتصادی، الگوهای مصرف انرژی، تقویم آسایش اقلیمی و گردشگری، مخاطرات آب و هوایی، بروز و ظهور کرده است. تقویم‌های بیوکلیمایی آسایش اقلیمی که در واقع به نوعی تعیین کننده، ساختار زمانی و مکانی گردشگری طبیعی، الگوی مصرف انرژی اعم از انرژی سرمایشی و گرمایشی، الگوهای معماری ساختمان و الگوی پوشاک مناسب هستند، تحت تاثیر تغییرات اقلیمی در دهه‌های اخیر می‌توانند تغییر کنند. دوره‌های آسایش اقلیمی، دوره‌های توام با تنش حرارتی گرم و سرد، می‌تواند در شرایط تغییر اقلیم جابجا شده و طول آن‌ها نیز در طی سال تغییر کند. آگاهی از این تغییرات بیوکلیمایی آسایش اقلیمی، می‌تواند زمینه مناسبی برای برنامه ریزی‌های انطباق با تغییرات آب و هوایی را فراهم کند. شهر اهواز یکی از کلانشهرهای اصلی و عمده کشور است که از لحاظ شرایط بیوکلیمایی با چالش‌های قابل توجهی روبرو است. تنش‌های حرارتی در دوره گرم سال و فراوانی امواج گرم در کنار رخدادهای گردغبار، به ویژه در دو دهه اخیر، به شدت، آسایش اقلیمی و شرایط اقلیم زیستی شهر را تحت تاثیر قرار داده است. بار مصرفی انرژی سرمایشی مورد نیاز بخش‌های مختلف خانگی، صنعتی و خدماتی در کلانشهر اهواز، تحت تاثیر این شرایط زیست اقلیمی به شدت بالاست. در این تحقیق با به کارگیری مدل زیست اقلیمی EVANZ، و براساس داده‌های اقلیمی ایستگاه سینوپتیک اهواز طی سه دوره آب و هوایی دوره پایه (۱۹۷۰-۱۹۹۰)، دوره حاضر (۲۰۰۰-۲۰۲۰) و دوره آینده نزدیک، (۲۰۲۱-۲۰۴۰) (دوره تغییر اقلیم براساس خروجی گزارش تغییر اقلیم ششم IPCC یعنی

CMIP6 تحت خط سیر انتشار SSP245 و از مدل HADGM3 شبیه‌سازی شده است)- تقویم زیست اقلیمی شهر اهواز تولید گردید و تغییرات آن در دوره اقلیم حاضر و آینده نسبت به دوره پایه بررسی گردید. نتایج نشان داد که میانگین دمای کمینه و بیشینه در دوره حاضر به طور کلی ۱/۲ درجه سانتی‌گراد و در دوره اقلیم آینده ۱/۵ الی ۲ درجه سانتی‌گراد از دوره پایه بیشتر بوده است و بر این اساس تقویم زیست اقلیمی شهر اهواز دچار تغییراتی شده است. در این تحقیق دیده شد که در کلانشهر اهواز، در دوره پایه و حاضر در ۶ ماه از سال یعنی ماه‌های اردیبهشت تا مهر ماه، در طی روز تنش گرمایی و احساس ناراحتی گرمایی در سطح شهر وجود دارد، در حالی که تعداد این ماه‌های توام با تنش گرمایی در اقلیم شبیه سازی شده آینده نزدیک به ۸ ماه از سال گسترش یافته است و دو ماه فروردین و آبان نیز به این طبقه توام با تنش حرارتی روز هنگام منتقل شده‌اند. با توجه به اینکه استفاده از انرژی سرمایشی مبتنی بر برق، در طی ساعاتی از روز برای تعدیل دمای داخل خانه جز استراتژی‌های فعال توصیه شده در مدل EVANZ در این ماه‌ها است، لذا در دوره اقلیم آینده، با توجه به طولانی شدن دوره تنش حرارتی از ۶ ماه به ۸ ماه، میزان بار مصرفی برق در شهر اهواز حدود ۳۰ درصد افزایش پیدا می‌کند. از طرف دیگر در این تحقیق دیده شد که در دوره پایه در طی ۴ ماه آذر تا اسفند در طی روز شرایط آسایش زیست اقلیمی، فراهم است، در حالی که در اقلیم حاضر و اقلیم آینده نزدیک این طول دوره آسایش اقلیمی به ۳ ماه (آذر تا بهمن) کاهش پیدا کرده است. نکته قابل توجهی که باید به آن توجه کرد این است که در تحقیق طوسی و همکاران (۱۳۹۲)، که آسایش اقلیمی استان اهواز با مدل EVANZ را بررسی کردند، مشخص گردید که

اقلیمی مؤثر بر آسایش انسان (مطالعه موردی): شهر ارومیه). جغرافیا و روابط انسانی. Doi: 10.22034/gahr.2021.286618.1560, 4(2), 155-175.

۲. عابدی، طویی، کاظمی‌راد، لادن و عابدی، رویا (۱۴۰۱). تعیین تقویم گردشگری با استفاده از شاخص اقلیمی گردشگری (TCI) و شاخص اقلیمی - تعطیلات (HCI) (مطالعه موردی: آستارا، استان گیلان). مطالعات اجتماعی گردشگری، ۱۰ (۱۹)، ۲۵۱-۲۷۶.

۳. SID. <https://sid.ir/paper/1005004/fa>. اربابی، فریده، خسروی، محمود و پایدار، ابوذر (۱۳۹۷). کاربرد شاخص اقلیمی تعطیلات (HCI) در تعیین تقویم گردشگری زمستانه (مطالعه موردی: استان سیستان و بلوچستان). فصلنامه علمی برنامه‌ریزی منطقه‌ای، ۸ (۳۱)، ۴۷-۶۰.

۵. هوشیار، محمود (۱۴۰۲). ارزیابی آسایش انسانی با استفاده از شاخص‌های مختلف بیوکلیماتیک در شهر سقز. جغرافیا و روابط انسانی. doi: 10.22034/gahr.2023.361054.1744, 6(1), 1-22. برنا، رضا (۱۳۹۸). مطالعه شاخص‌های زیست اقلیمی مؤثر بر آسایش انسان (مطالعه موردی: شهرستان بهبهان). آمایش محیط، ۱۲ (۴۵)، ۹۵-۱۱۷. SID. <https://sid.ir/paper/130779/fa>.

۷. علیزاده، محمد، رحیمی، محمد، نیک‌بخت، ریحانه و صدیق بازکیاگوراب، مهسا (۱۳۹۷). ارزیابی شرایط اقلیم گردشگری شهرهای منتخب استان اصفهان براساس شاخص‌های اقلیم گردشگری. فصلنامه جغرافیا (برنامه ریزی منطقه‌ای)، ۸ (۳۳)، ۴۳-۵۵.

۸. حنفی، علی (۱۳۹۹). تعیین تقویم زمانی آسایش اقلیمی به منظور برنامه‌ریزی گردشگری در شهرهای منتخب توریستی کشور. مهندسی جغرافیایی سرزمین. Doi: JGET-1711-1037(R2), 4(2), 259-274.

۹. خرم‌بخت، احمدعلی (۱۳۹۷). تحلیل و پهنه‌بندی اثرات اقلیم در توسعه گردشگری روستایی شهرستان جهرم با استفاده از شاخص TCI، جغرافیای طبیعی، سال ۱۱، شماره ۳۹، صص ۸۱-۹۸.

۱۰. حسینی، سیدمحمد، زینالی، بتول و فاطمی‌نیا، فخری سادات (۱۳۹۶). پهنه‌بندی اثرات اقلیم در توسعه

برخلاف شهر اهواز که تنها دارای ۳ ماه آسایش اقلیمی روزانه است (دوره حاضر و آینده نزدیک)، این استان دارای ۵ ماه آسایش اقلیمی است که عموماً در روزهای بهار و پاییز است، که نسبت به شهر اهواز دارای دوره آسایش روزانه بیشتری بوده است. در بخش آسایش اقلیمی شب هنگام کلانشهر اهواز نیز تغییرات قابل توجهی در اقلیم آینده نسبت به اقلیم دوره پایه دیده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در اقلیم دوره پایه و حاضر، در ۶ ماه از سال یعنی ماه‌های آبان تا فروردین ماه، در طی شب تنش محدود سرمایی در طی ساعاتی از شب وجود دارد در حالی که اقلیم شبیه‌سازی شده آینده این شرایط تنش سرمایی تنها در ۵ ماه از سال یعنی آبان تا اسفند وجود دارد و ماه فروردین در اقلیم آینده تغییر وضعیت زیست اقلیمی داده و به طبقه آسایش اقلیمی بدون تنش سرمایی وارد شده است. تغییر قابل توجه دیگری که در تقویم بیوکلیمایی شهر اهواز ایجاد شده است، این است که در اقلیم دوره پایه تنها در دو ماه تیر و مرداد شب‌های توام با تنش گرمایی ایجاد کننده ناراحتی وجود دارد که نیاز به سرمایش مصنوعی محیط است، در حالی که در اقلیم دوره حاضر و دوره آینده نزدیک این دوره به ۴ ماه از سال یعنی خرداد تا شهریور گسترده شده است و در ۴ ماه از سال نیاز به سرمایش مصنوعی محیط خانه در طی ساعات شب وجود دارد که این مسئله بار مصرفی انرژی برق شهر اهواز را در زمینه سرمایش محیط خانه، حدود ۵۰ درصد افزایش می‌دهد. نتایج مشابه این تحقیق در تحقیق خوش اخلاق و همکاران (۱۳۸۷)، که اقدام به بررسی تاثیر تغییر اقلیم بر آسایش اقلیمی شهر یزد کرده بودند، دیده شد. در کار خوش اخلاق و همکاران مشاهده گردید که در شهر یزد، براساس مدل EVANZ، ماه‌های سرد در اقلیم آینده از لحاظ تنش‌های سرمایی تعدیل شده و شرایط آسایش اقلیمی در آن‌ها افزایش پیدا میکند در حالی که ماه‌های گرم با افزایش تنش گرمایی روبرو بوده و شرایط آسایش اقلیمی در دوره گرم سال، رو به کاهش می‌گذارد.

منابع

۱. مزیدی، احمد، امیدوار، کمال، ملک احمدی، عاطفه و حسینی، سیدسلام (۱۴۰۰). ارزیابی شاخص‌های زیست

- tourism climate index (TCI) in desert regions and Makran coasts of Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 12, 803
21. Ghovahi, S. Shojaei, K. Karimi, A. (2015). Analysis of tourism climate index of physiological temperature in Ahvaz, period (1980-2010). *Tourism Space Quarterly*, 4(15), 127-142. (In Persian).
 22. Afshar, H. Taghvaei, A. A. (2013). Disign of residential complex in harmony with the climate of Khorramshahr. *Scientific Quarly, Geographical space Research*, 42, 71-102.
- گردشگری روستایی شهرستان جهرم با استفاده از شاخص TCI، فضای جغرافیایی، دوره ۱۷، شماره ۵۷، صص ۷۱-۸۶
۱۱. حسینی، سیدمحمد، حسینی، سیداسعد و کربلایی درئی، علیرضا (۱۳۹۸). ارزیابی شاخص‌های زیست اقلیمی سندانج. *مطالعات علوم محیط زیست*. ۴(۲)، ۱۳۱۶-۱۳۰۷.
 ۱۲. فرجزاده، منوچهر و احمدآبادی، علیف (۱۳۸۹). ارزیابی و پهنه‌بندی اقلیم گردشگری ایران با استفاده از شاخص اقلیم گردشگری TCI، پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، دوره ۴۲، شماره ۷۱، صص ۳۱-۴۲.
 ۱۳. خوش اخلاق، فرامرز، نگهبان، سعید، روشن، غلامرضا، غربی، ابراهیم. (۱۳۸۹). بررسی نقش و تأثیر تغییر اقلیم بر روی اقلیم آسایش شهر یزد با استفاده از مدل اوانز (EVANZ). *نشریه جغرافیا و توسعه*: doi: 167-181. 8(20), 10.22111/gdij.2010.636
 ۱۴. رازجویان، م (۱۳۶۷). آسایش بوسیله معماری همساز با اقلیم، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی، چاپ اول، تهران.
15. Lecha, L. Shachleford, P. (1997). Climate services for tourism and recreation WMO Bulletin. 46.
 16. Freitas. (2003). Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector, *Int J Biometeorol* (2003) 48:45-54.
 17. De Freitas, C. R. (2003). Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector; *International journal Bio meterology*.
 18. Scott, D., Ruty, M., Amelung, B., Tang, M. (2016). An Inter-Comparison of the Holiday Climate Index (HCI) and the Tourism Climate Index (TCI) in Europe, *Atmosphere*, 7(80): 1-17.
 19. Scott, D., Hall, C. M., Gössling, S. (2019). Global tourism vulnerability to climate change. *Annals of Tourism Research*, 77: 49-61.
 20. Hejazizadeh, Z., Karbalace, A., Hosseini, S.A. Tabatabaei, S. A. (2019). Comparison of the holiday climate index (HCI) and the