

تحلیل فضایی آسیب پذیری زیست اقلیمی ناشی از مخاطره موج گرم در سطح کلانشهر اهواز

سوفیا خزایی کوهپرا^۱، غلامرضا جانباز قبادی^{۲*}، صدرالدین متولی^۳

۱- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور، ایران

۲- استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور، ایران

۳- دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور، ایران

چکیده

امروزه یکی از مهمترین جنبه‌های تغییر اقلیم، افزایش فراوانی رخدادهای حدی از قبیل امواج گرم، امواج سرد، بارش‌های رگباری و سیل آسا، خشکسالی‌ها، و سایر فرین‌های اقلیمی است که ناشی از افزایش آنتروپی ناشی از گرمایش جهانی در سامانه اقلیم است. هدف اساسی این تحقیق بررسی زمانی و مکانی موج گرم به عنوان یک مخاطره اقلیمی و بیوکلیمایی در سطح کلان شهر اهواز است. در این راستا از داده‌های روزانه ایستگاه سینوپتیک شهر اهواز طی دوره آماری ۶۰ ساله ۱۹۶۱-۲۰۱۹، برای استخراج امواج گرم استفاده شد. با استفاده از مدل انحراف نرمال شده دمای روزانه از دمای بلندمدت همان روز، امواج گرم در هر سال شناسایی گردید و روند سری زمانی آنها مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی ریسک بیوکلیمایی موج گرم، یک موج گرم تیپیک که در تاریخ ۷ تا ۱۳ جولای ۲۰۱۵ در کلان شهر اهواز حاکمیت داشته است، انتخاب شد. با استفاده از تحلیل آمار فضایی لکه‌های داغ، نواحی بحرانی شهر اهواز حین رخداد موج گرم شناسایی شد. نتایج بیانگر آن بود که اولاً طی دوره ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۹، روند افزایشی با شیب ۰/۰۸ موج گرم در سال در رخدادهای گرم کلان شهر اهواز وجود داشته است و دوماً حین خداد موج گرم مورد بررسی دمای سطح شهر اهواز از ۴۴ تا ۵۵ درجه متفاوت بوده است. نتایج نشان داد که کل جمعیت شهر اهواز در هسته بحرانی موج گرم قرار داشته و ریسک بیوکلیمایی موج گرم میتواند کل جمعیت این کلان شهر را که حدود ۱.۲ میلیون نفر بوده است، تحت تاثیر قرار دهد. با توجه به اینکه در حین رخداد موج گرم، کل شهر در محدوده یک هسته داغ بحرانی معنی دار قرار میگیرد، و با عنایت به وجود جمعیت ۲۳ درصدی آسیب پذیر در برابر تنش‌های حرارتی (سالمنندان و کودکان زیر ۱۰ سال)، لذا مخاطره موج گرم، میتواند تبدیل به چالش زیست اقلیمی در سطح کلان شهر اهواز شود.

کلید واژه‌ها: رخدادهای حدی، آمار فضایی، پهنه‌های بحرانی، تنش‌های گرمایی، شهر اهواز.

مقدمه

امروزه گرمایش جهانی به مثابه جدی‌ترین و مهم‌ترین چالش زیست محیطی که جوامع بشری با آن روبرو هستند، تأثیرات گسترده‌ای بر جنبه‌های مختلف زندگی بشری اعمال کرده است. مناطق شهرنشین کمتر از ۰.۱٪ از سطح زمین را اشغال می‌کنند (لی، ۲۰۱۲) اما بیشتر جمعیت جهان (۶.۶ میلیارد نفر) در حال حاضر در مناطق شهری زندگی می‌کنند (میلر و اسمال، ۲۰۱۳) توسعه کالبدی فضاهای شهری، سبب تغییر چشم اندازهای طبیعی به کاربری‌های انسان ساخت و تغییر سطوح با ویژگی‌های فیزیکی متفاوت می‌شود. دما نیز به عنوان یکی از مهمترین و حیاتی‌ترین عناصر اقلیمی به شدت از تغییرات آب و هوایی متأثر می‌شود. دما از مهم‌ترین عناصر مولفه جوی دستگاه آب و هوا بوده و در تعیین نقش و پراکندگی دیگر عناصر آب و هوا نیز مؤثر است (قویدل و رضایی، ۱۳۹۴). دما در چرخه‌های طبیعی و به ویژه چرخه‌های آب و انرژی دارای اهمیت بنیادی است، لذا بر فعالیت‌های انسانی و فرایندهای طبیعی هر ناحیه مؤثر است. افزایش رخدادهای حدی دما که شامل امواج گرم زمستانه و تابستانه و نیز امواج سرد زمستانه و تابستانه، سرماهای دیررس بهاره، امواج گرمایی زودرس بهاره، رکوردهای دمایی فصل گرم، تغییرات فضایی نواحی دمایی، جابجایی فصلی دما، از تظاهرات اصلی تغییرات آب و هوایی در زمینه دما می‌باشد (IPCC, 2014). آمارهای مربوطه حکایت از این حقیقت دارد که به استثنای زمین لرزه‌ها، بحرانهای مربوط به اقلیم سنگین‌ترین تلفات را در حیات بشری داشته است (چراغی رودی، ۱۳۹۱)

امواج گرمایی از تظاهرات اصلی تغییر آب و هوای جهان معاصر محسوب می‌شوند که به لحاظ فراوانی وقوع و صدمات مالی و جانی به بار آمده، بسیار با اهمیت می‌باشند. از نظر آماری امواج گرمایی به نوسان‌های مثبت یا فرین‌های بالای میانگین دمای حداکثر روزانه اطلاق می‌شود که در طی روزها (گاه هفته‌ها و ماه‌های متوالی) در فضاهای جغرافیایی خاصی استمرار زمانی دارند. برای نمونه در انگلستان، دمای بالای ۲۷ درجه سانتیگراد آستانه موج گرمایی محسوب می‌شود، اما در ایران این آستانه بیشتر است و اینکه هر دمای بالای آستانه بصورت منفرد و یک روزه موج گرما نبوده،

بلکه موج گرما بایستی ۲ روز یا بیشتر استمرار زمانی (بعد زمانی) داشته باشد (قویدل، ۱۳۹۰). امواج گرمایی چیزی جز استقرار هوایی پایدار با حرکتی عموماً در مقیاس وسیع نیست و استقرار هوای گرم را موجب می‌شود و باعث ایجاد شرایط گرمایی غیر قابل تحملی خصوصاً در بین کودکان و سالخوردگان می‌شود. نفوذ امواج گرمایی غیر قابل تحملی خصوصاً در بین کودکان و سالخوردگان می‌شود. نفوذ امواج گرمایی در تابستان ۲۰۰۳ در قسمت‌هایی از اروپا خسارت مالی و جانی زیادی را به بار آورد که علاوه بر افزایش مرگ و میر، خسارت‌های جبران ناپذیری بر روی اکوسیستم، خصوصاً زیستگاه‌های جوامع گیاهی داشته است. لذا می‌توان ادعا کرد که مخاطره موج گرما یکی از مخاطرات اقلیمی محسوب می‌شود که نتایج زیانبار آن از جنبه‌های مختلف قابل بررسی و تلفات جانی آن از خسارت‌های اقتصادی‌اش بسیار با اهمیت‌تر است (حاتمی زرنه و همکاران، ۱۳۹۸). امواج گرمایی شدید می‌توانند باعث تخریب محصولات کشاورزی، آتش سوزی جنگل‌ها، زیان رساندن به سلامتی انسانها و افزایش بیماریهای عفونی، امراض قارچی و حتی منجر به مرگ انسانها نیز شود. با توجه به پیامدهای زیست محیطی بسیار ناگوار و هزینه‌های سنگینی که رخداد این پدیده به دنبال دارد و همچنین به دلیل اینکه امروزه یکی از مهمترین نگرانی‌ها از مخاطرات محیطی، رخداد شرایط حدی طولانی مدت و پرتداوم با دوره‌های بارش کم و حداکثر درجه حرارت است که به طور گسترده بر جوامع انسانی تأثیرگذار است. در طی تابستان سال ۲۰۰۳ بر اثر وقوع موج گرمای شدید و بی سابقه در سرتاسر اروپا، حدود ۸۰۰۰۰۰ کشته بر جای گذاشت که تنها در کشور فرانسه ۱۵۰۰۰ نفر جان خود را از دست دادند (لمنسو و همکاران، ۲۰۱۵) علاوه بر خسارت‌های جانی، بر اثر آتش سوزی ناشی از این موج گرمایی شدید، بیش از ۳۰۱۰ کیلومتر مربع از جنگل‌ها و ۴۴۰ کیلومتر مربع از اراضی کشاورزی در کشور پرتغال نابود شدند و همچنین در سال ۲۰۱۰ در روسیه، آمار مرگ و میر ناشی از موج گرمایی حدود ۵۴۰۰۰ نفر تخمین زده شد (ولف و مک گرگور، ۲۰۱۳). همزمان با افزایش فراوانی رزوه‌های گرم در بخش جنوب غربی ایالات متحده آمریکا، تقاضای مصرف برق در این نواحی به طور چشمگیری

پایین منطقه اهواز می‌تواند بر وقوع و تشدید امواج گرمایی محدود، مورد مطالعه تأثیر بسیاری بگذارد. مطالعه امواج گرمایی، به ویژه برای مناطقی که به رویدادهای اقلیمی حساسند، امری بسیار ضروری و مهم است. شهر اهواز به عنوان یکی از گرمترین شهرهای کشور همواره با مخاطرات اقلیمی بسیار فراوانی روبرو است. یکی از مهمترین مخاطرات موجود در این شهر وجود امواج گرمایی بسیار شدید است که باعث شده سالانه دماهای بسیار بالایی در این شهر به ثبت برسد به همین علت پرداختن به این موضوع که شدت و فراوانی امواج گرمایی در استان به چه صورت است از اهمیت بالایی برخوردار می‌شود تا ضمن بررسی امواج گرمایی در این شهر بیشترین فراوانی و همچنین شدیدترین امواج گرمایی در این منطقه مشخص گردد.

معرفی منطقه مورد بررسی

در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ارائه شده است. شهر اهواز از کلان‌شهرهای ایران است که در بخش مرکزی شهرستان اهواز قرار دارد و بعنوان مرکز استان خوزستان شناخته می‌شود. جمعیت اهواز طبق سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵ حدود ۱۳۰۳۰۰۰۰ نفر میباشد (که با احتساب جمعیت ۴۰۰ هزار نفری حاشیه شهر، جمعیت این شهر به بالای ۱۶۷۰۰۰۰۰ نفر می‌رسد) و بعنوان هفتمین شهر پرجمعیت ایران بشمار می‌آید. اهواز در موقعیت جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۶۵ دقیقه طول شرقی، در بخش جلگه‌ای خوزستان و با ارتفاع ۱۲ متر از سطح دریا واقع شده است. شهر اهواز با مساحت ۱۸۶۵۰ هکتار، بعنوان یکی از شهرهای وسیع ایران (سومین شهر بزرگ ایران)، محسوب می‌شود.

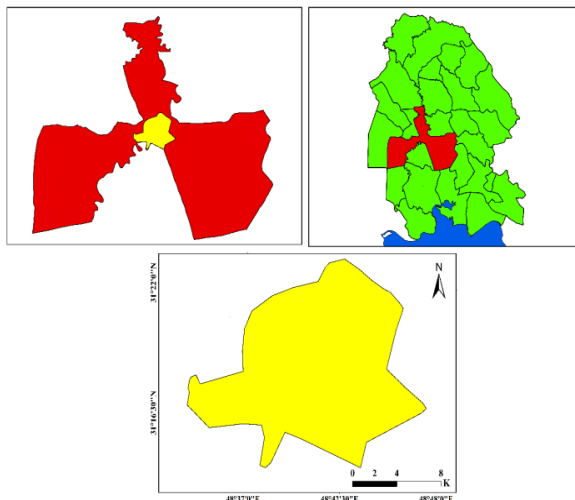
شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب که بزرگ‌ترین تولید کننده نفت ایران بشمار می‌آید، در اهواز مستقر می‌باشد. برخی از بزرگترین کارخانه‌های مادر کشور در این شهر جای دارند. رودخانه کارون پرآب‌ترین رودخانه ایران، با سرچشمه گرفتن از کوه‌های بختیاری، با ورود به اهواز، این شهر را به دو بخش شرقی و غربی تقسیم می‌کند. سرانه فضای سبز شهر اهواز با توجه به

افزایش یافته و این مناطق را با مشکل تأمین برق مواجه کرده است (میلر و اسمال، ۲۰۱۳).

از اواخر قرن اخیر بطور متوسط هرساله بیش از ۱۴۰۰۰۰ هزار آتش سوزی در آمریکا رخ داده است و مجموعاً ۱۴/۵ میلیون هکتار اراضی جنگلی سوخته است. درجه حرارت زیاد باعث افزایش ضربان قلب و افزایش جریان خون به سمت پوست می‌شود که به صورت عرق در گرما و یا لرز در سرما خود را نشان می‌دهد (برکو و همکاران، ۲۰۱۳). از نظر فیزیولوژیک بدن انسان در حالت طبیعی دارای ۳۷ درجه سانتی گراد دمای درونی و ۳۲ درجه سانتی گراد دمای پوست است اگر انسان در محیطی که دمای آن بالاتر از درجه حرارت پوست است قرار بگیرد شروع به جذب گرما و افزایش دما خواهد کرد و انسان احساس گرما خواهد کرد. در واقع امواج گرمایی چیزی جز استقرار هوایی پایدار با حرکتی عموماً نزولی در مقیاس وسیع نیست. این امواج هنگامی که بصورت خزننده و تدریجی تقویت می‌شوند، کمتر ایجاد مشکل می‌کنند اما وقتی به شکل ناگهانی و حدی رخ دهند، می‌توانند بسیار خطرناک باشند و خسارت‌های مالی و جانی زیادی به بار آورند (حدادی و همکاران، ۱۳۸۸). همچنین تأثیر این پدیده بر روی سلامتی وابسته به عواملی از قبیل محل زندگی، وضعیت سلامتی و سن افراد دارد. مسلماً افراد مسن در مقابله با آن آسیب‌پذیرترند و وضعیت یاد شده براحتی می‌تواند بیماریهای قلبی-عروقی و تنفسی آنها را تشدید کند (لمنسو و همکاران، ۲۰۱۵). در ایران نیز هم ویژگی‌های جغرافیایی یا عوامل محلی از قبیل کاربری اراضی، توپوگرافی، تغییرات هیدرولوژیکی آب‌های سطحی و زیرزمینی، و ساختار سیستم‌های سینوپتیک حاکم بر کشور در فصل گرم، همگی زمینه مستعدی را برای ایجاد امواج گرم شدید فراهم می‌کنند. روند تغییرات دما در چند دهه اخیر در حال افزایش بوده و این تغییرات در مناطقی همچون ایران که در کمربند خشک و نیمه خشک دنیا واقع شده است چشمگیرتر است. تغییرپذیری و تنوع آب و هوا، رخداد زمانی- مکانی دماهای حدی را تعیین می‌کند. شناخت ویژگی‌های محیطی و بررسی سنوپتیک سامانه‌هایی که امواج گرمایی را بوجود می‌آورند، می‌تواند حداقل برای پیش‌آگاهی و آمادگی روبه روشن شدن با آنها مفید باشد. ویژگیهای محیطی مانند ناهمواریهای منطقه، نزدیکی به دریا و ارتفاع

و صنعتی دارای جایگاه ویژه ای در سطح ملی می باشد. لازم به ذکر است سرانه فضای سبز شهر اهواز به علت مسائل عنوان شده اعم از آلودگی های مختلف با توجه به حداکثر استاندارد می بایست حداقل به ۲۵ متر برسد.

جمعیت ۱,۳۰۳,۹۰۰ نفری شهر و میزان مساحتی که کاربری فضای سبز اشغال کرده است (معادل ۱۱ متر) در مقایسه با استانداردهای جهانی ذکر شده، کمبود قابل توجهی را نشان می دهد. این مساله زمانی حادتر می شود که بدانیم شهر اهواز بعنوان یک کلانشهر بزرگ

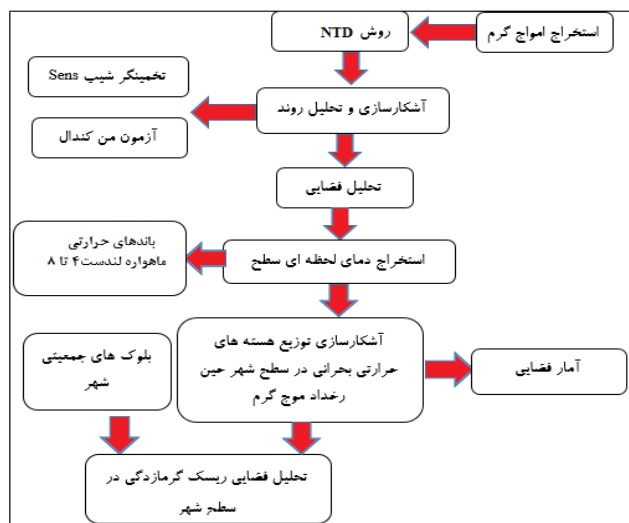


شکل ۱- موقعیت جغرافیایی شهر اهواز

دوره ۶۰ ساله (۱۹۶۱-۲۰۱۸)، با استفاده از دو تست تحلیل روند ناپارامتریک من کندال و سنس، بررسی شد. مرحله بعد، برای تحلیل ویژگی های دمایی سطح شهر اهواز در حین رخداد موج گرم، توزیع فضایی دمای سطح شهر اهواز با استفاده از باندهای حرارتی سنجنده های لندست ۴ تا ۸ یعنی سنسورهای TM و TIRS بررسی گردید و با استفاده از مدل دمای درخشندگی تبدیل به دمای سطح زمین گردید.

مواد و روش ها

در شکل ۲ الگوریتم کلی و عمومی اجرای تحقیق ارائه شده است. در مرحله اول با بررسی داده های مشاهداتی دیدبانی ایستگاه سینوپتیک شهر اهواز، طی دوره آماری ۱۹۶۱-۲۰۱۸ (۶۰ ساله) فراوانی امواج گرم سالانه با استفاده از روش تفاضل نرمال شده دما (NTD))، بررسی شد. با استخراج فراوانی امواج گرم در هر سال، فراوانی این امواج گرم طی



شکل ۲- الگوریتم اجرای تحقیق

برای استخراج ویژگی‌های دمایی سطح زمین بهره گرفته شد.

در پژوهش پیش رو برای شناسایی رخدادهای حدی گرم، پس از محاسبه مقدار متوسط بیشینه دمای روزانه ایستگاه سینوپتیک شهر اهواز، برای محاسبه و تفکیک روزهای همراه با دماهای فرین از روش فومیایکی و همکاران (۲۰۰۷) که از آن با نام شاخص یا آستانه «انحراف نرمال شده دما NTD» یا شاخص فومیایکی نیز یاد می‌شود، استفاده شد. برای اینکه مقدار شاخص NTD برای کلیه روزهای دوره آماری ۱۹۶۱-۲۰۱۸ ایستگاه اهواز محاسبه شود، ابتدا میانگین دمای هر کدام از روزهای دوره آماری ۱۹۶۱-۲۰۱۸ ایستگاه اهواز برای دیدبانی ساعت ۰۹ UTC که برابر ساعت ۱۳ ظهر است محاسبه شد. آنگاه میزان اختلاف دمای این دیدبانی برای کلیه روزها از این میانگین روزانه محاسبه گردید.

در نهایت جمعیت در معرض ریسک تنش‌های حرارتی با استفاده از آنالیز بلوک‌های آماری جمعیت شهر اهواز بررسی شد. بطور کلی براساس از سه دسته از داده‌ها برای بررسی این فرضیات استفاده شده است:

- ۱- داده‌های روزانه مربوط به دمای مشاهداتی روزانه ایستگاه هواشناسی سینوپتیک سطح کلان شهر اهواز
- ۲- دسته دوم از داده‌ها، داده‌های مربوط به توزیع فضایی دمای سطح زمین در سطح کلان شهر اهواز در طی حاکمیت موج گرم در سطح شهر اهواز بود. برای بررسی توزیع فضایی ساختار دمایی سطح زمین کلان شهر اهواز در حین حاکمیت موج گرم، از داده‌های سنجش از دوری تصویر ماهواره‌ای سنجنده‌های ماهواره لندست استفاده شد. از آنجا که داده‌های ماهواره لندست ۷ یعنی سنجنده EMT+ با مشکل گپ یا فقدان ۲۱ درصد از داده‌ها مواجه شده است بنابراین از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ یعنی سنجنده TM بجای آن استفاده شد. در لندست ۸ نیز از سنجنده TIRS

جدول ۱- داده‌های مورد استفاده در تحقیق

داده	منبع اخذ	دوره آماری	دقت زمانی- مکانی
داده‌های هواشناسی	ایستگاه سینوپتیک سطح شهر اهواز	۱۹۷۰-۲۰۱۸	دیدبانی های روزانه
داده‌های دمای سطح زمین	تصاویر ماهواره ای لندست	روزهای موج گرم نمونه موردی	۳۰ متر برای تصاویر لندست
بلوک‌های جمعیتی شهر اهواز	درگاه ملی آمار ایران	سرشماری- ۱۳۹۵	به تفکیک بلوک آماری شهر
داده‌های تحلیل سینوپتیک سامانه‌های مولد موج گرم	پایگاه جوی اقیانوسی ایالات متحده NOAA	داده‌های درون یابی شده ترازهای جوی	۲/۵ درجه قوسی

رابطه ۲ (شاخص انحراف نرمال شده):

$$\Delta T_{max_{ijn}} = \Delta T_{max_{ij}} - T_{max_{ij}} \quad (2)$$

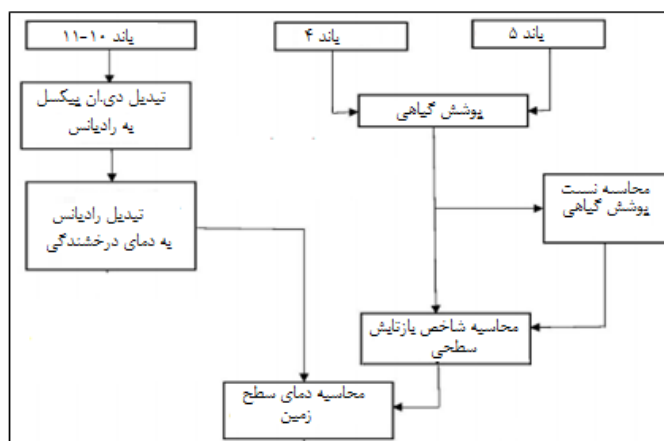
با توجه به شدت و ضعف مقادیر شاخص یاد شده در روزهای مختلف، مقادیر ۱ تا ۲ به مثابه روزهای گرم، مقادیر ۲ تا ۳ روزهای بسیار گرم و مقادیر بالاتر از ۳، به منزله روزهای آبرگرم طبقه‌بندی شده است (جدول ۲):

شاخص انحراف نرمال شده دما براساس پژوهش فومیایکی و همکاران (۲۰۰۷)، به شرح رابطه ۱ (شاخص فومیایکی) مدل‌بندی می‌شود:

$$NTD_{ijn} = \Delta T_{max_{ijn}} / \sigma \quad (1)$$

که در آن NTD: انحراف نرمال شده دما؛ N: مجموع تعداد روزهای سال؛ Tmax: انحراف از میانگین دمای روزانه ایستگاه؛ i: در روز؛ j: از سال؛ n و sigma: نیز انحراف معیار میانگین بلندمدت ایستگاه i در روز j است که به صورت رابطه ۲ به دست می‌آید:

همین دلیل، برای محاسبه دمای هوا در محیط شهر اهواز، از داده های مربوط به باندهای گرمایی تصاویر سنجنده گرمایی لندست (باند ۱۰ و ۱۱ سنجنده TIRS لندست ۸ و باند ۶ سنجنده TM لندست ۴ و ۵) طی دوره حاکمیت موج گرم مورد مطالعه، استفاده شد. نخست دمای سطح زمین با استفاده از اجرای الگوریتم دمای درخشندگی BT بدست آمد. از الگوریتم تک کانال برای استخراج دمای سطح زمین از باندهای ۱۰ و ۱۱ سنجنده گرمایی لندست ۸ استفاده شد (شکل ۳). مقادیر پارامترهای مورد نیاز در این الگوریتم در فایل فراداده تصاویر اخذشده لندست در دسترس است.



شکل ۳- مدل تک کانال استخراج دمای سطح زمین از باندهای حرارتی سنجنده های TM و TIRS لندست

ابریگرم در سطح شهر اهواز ارائه شده است، طی دوره مورد بررسی، بالاترین تعداد موج های گرم، مربوط به سال ۱۹۹۸ می باشد که ۸ موج گرم در این سال ثبت شده است و کمترین تعداد امواج گرمایی نیز مربوط به سالهای ۱۹۶۲، ۱۹۶۴، ۱۹۶۹، ۱۹۷۰، ۱۹۷۲، ۱۹۷۴، ۱۹۷۶، ۱۹۷۷، ۱۹۸۱ و ۱۹۸۴ بوده که در این سالها ۱ موج گرم ثبت شده است. بعد از شناسایی و آشکارسازی رخدادهای موج گرم ایستگاه سینوپتیک اهواز، دوره تداوم امواج گرم مورد بررسی قرار گرفت. امواج گرم از لحاظ دوره تداوم، به رخدادهای امواج گرمایی کوتاه و بلند تقسیم بندی شده اند. دسته اول امواجی هستند که بین ۳ تا ۵ روز تداوم داشتند و دسته دوم امواجی که ۶ روز یا بیشتر تداوم داشتند و نخست برای آشکار شدن وضعیت موجهای گرمایی

جدول ۲- طبقات شاخص انحراف نرمال شده جهت آشکارسازی رخدادهای گرم

طبقه	مقدار شاخص انحراف نرمال شده
گرم	۱-۲
بسیارگرم	۲-۳
داغ	بالتر از ۳

از آنجا که تنها ایستگاه موجود در سطح شهر، ایستگاه هواشناسی سینوپتیک اهواز است، لذا با تکیه بر آن با دقت بالایی نمی توان میزان خسارت زایی بیوکلیمایی مخاطره امواج گرم را در مناطق مختلف شهر اهواز بررسی کرد؛ به

نتایج

در این بخش اقدام به بررسی و تحلیل سری زمانی فراوانی امواج گرم و ابریگرم، یعنی فراوانی رخدادهای حادی گرم و ابریگرم ۲ یا بیش از دو روز در سطح شهر اهواز، پرداخته می شود.

ملاک تقسیم امواج گرم و ابریگرم میانگین دمای امواج گرم طی دوره حاکمیت آنها بوده است. میانگین دما به علاوه انحراف معیار، ملاک تفکیک امواج گرم و ابریگرم در نظر گرفته شده است.

در جدول ۴ فراوانی سالانه امواج گرم و ابریگرم در استان خوزستان ارائه شده است. همانطور که در این جدول مشاهده می گردد، فراوانی سالانه، امواج گرم و ابریگرم، در این استان، ویژگی های آماری تعداد روزهای موج گرم و

ایستگاه اهواز، فراوانی سالانه رخدادهای موجهای گرمایی محاسبه گردید. مجموع فراوانی امواج گرمایی استخراج شده در دوره آماری ۱۹۶۱-۲۰۱۹ حدود ۲۴۶ موج است که از این تعداد ۱۸۵ موج کوتاه و ۶۱ موج بلندمدت رخ داده است. گرچه امواج گرمایی ایستگاه اهواز تداومی بین ۳ تا ۱۴ روزه داشته، بیشترین رخداد را تداوم‌های سه و چهار روزه به خود اختصاص داده‌اند. اما با افزایش طول تداومهای موجهای گرمایی، بسامد امواج بشدت کاهش می‌یابد، بگونه‌ای که تداوم‌های ۳ روزه ۴۰/۲ درصد، تداوم‌های ۷ روزه ۸ درصد و تداوم‌های فراتر از ۱۰ روزه، کمتر از ۳/۵ درصد مشاهده شده‌اند. بعبارت دیگر، امواج گرمایی بلندمدت که بندرت رخ می‌دهند، بیشترین رخداد امواج گرمایی در سال ۲۰۱۵ بوده است (جدول ۴).

جدول ۳ - ویژگی‌های آماری تعداد روزهای موج گرم و ابرگرم اهواز

امواج گرم	امواج ابرگرم	تعداد	امواج ابرگرم	امواج گرم	سال
۱	۵	۱۹۹۱	۰	۲	۱۹۶۱
۲	۳	۱۹۹۲	۰	۱	۱۹۶۲
۲	۴	۱۹۹۳	۱	۲	۱۹۶۳
۱	۶	۱۹۹۴	۰	۱	۱۹۶۴
۱	۵	۱۹۹۵	۰	۳	۱۹۶۵
۱	۴	۱۹۹۶	۰	۲	۱۹۶۶
۲	۶	۱۹۹۷	۱	۲	۱۹۶۷
۳	۸	۱۹۹۸	۲	۱	۱۹۶۸
۱	۳	۱۹۹۹	۰	۱	۱۹۶۹
۲	۵	۲۰۰۰	۰	۱	۱۹۷۰
۴	۵	۲۰۰۱	۱	۲	۱۹۷۱
۳	۴	۲۰۰۲	۰	۱	۱۹۷۲
۳	۴	۲۰۰۳	۰	۲	۱۹۷۳
۱	۲	۲۰۰۴	۰	۱	۱۹۷۴
۲	۴	۲۰۰۵	۱	۲	۱۹۷۵
۲	۳	۲۰۰۶	۰	۱	۱۹۷۶
۱	۴	۲۰۰۷	۱	۱	۱۹۷۷
۳	۲	۲۰۰۸	۰	۲	۱۹۷۸
۲	۳	۲۰۰۹	۱	۳	۱۹۷۹
۳	۶	۲۰۱۰	۱	۳	۱۹۸۰
۲	۴	۲۰۱۱	۰	۱	۱۹۸۱
۲	۵	۲۰۱۲	۲	۳	۱۹۸۲
۱	۴	۲۰۱۳	۱	۲	۱۹۸۳
۲	۵	۲۰۱۴	۰	۱	۱۹۸۴
۴	۶	۲۰۱۵	۱	۳	۱۹۸۵
۳	۷	۲۰۱۶	۱	۲	۱۹۸۶
۴	۷	۲۰۱۷	۳	۵	۱۹۸۷
۲	۵	۲۰۱۸	۱	۲	۱۹۸۸
۳	۶	۲۰۱۹	۲	۷	۱۹۸۹
			۰	۲	۱۹۹۰

جدول ۴- توزیع فراوانی امواج گرم در تداوم‌های ۳ تا بیش از ۱۰ روز

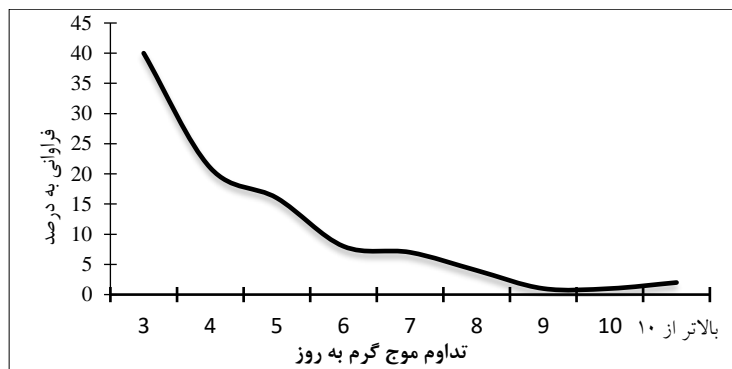
درصد فراوانی	دوره تداوم موج گرم - روز
۴۰	۳
۲۱	۴
۱۶	۵
۸	۶
۷	۷
۴	۸
۱	۹
۱	۱۰
۲	بالتر از ۱۰

گرم با تداوم بیشتر از یک روز و ۸۳ موج ابرگرم ثبت شده است. همانطور که در نمودار شکل ۴ مشاهده می‌شود، با افزایش تداوم موج گرم، فراوانی آنها بصورت چشمگیری کاهش پیدا کرده به صورتیکه می‌توان گفت امواج با حاکمیت طولانی‌تر، فراوانی کمتری دارند.

در جدول ۵ مشخصات آمار توصیفی فراوانی امواج گرم ثبت شده در شهر اهواز ارائه شده است. همانطور که در این جدول دیده می‌شود، سالانه به طور متوسط ۳ موج گرم در ایستگاه سینوپتیک شهر اهواز ثبت می‌شود در حالیکه تعداد امواج ابرگرم ثبت شده در ایستگاه اهواز سالانه ۲ موج بوده است. بطور کلی طی دوره ۵۹ ساله مورد مطالعه (۱۹۶۱-۲۰۱۹) در ایستگاه سینوپتیک شهر اهواز ۱۹۷ موج

جدول ۵ - ویژگی‌های آماری روزهای گرم و ابرگرم شهر اهواز

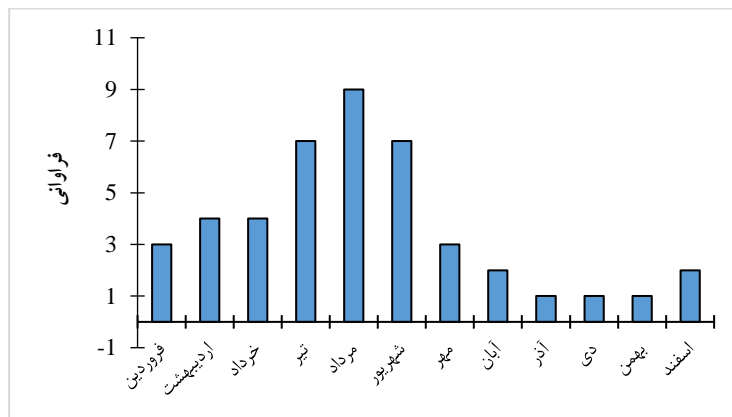
امواج ابرگرم	امواج گرم	
۸۳	۱۹۷	مجموع
۲	۳/۴	میانگین
۰/۸۲	۰/۵۵	ضریب تغییرات
۱/۱	۱	انحراف معیار
سالهای ۲۰۱۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۵	۱۹۹۸	بیشینه
سالهای ۱۹۶۱، ۱۹۶۲، ۱۹۶۴، ۱۹۶۶، ۱۹۶۸، ۱۹۶۹، ۱۹۷۰، ۱۹۷۲، ۱۹۷۳، ۱۹۷۴، ۱۹۷۶، ۱۹۷۷، ۱۹۸۱، ۱۹۸۴ و ۱۹۹۰	سالهای ۱۹۶۲، ۱۹۶۴، ۱۹۶۶، ۱۹۷۰، ۱۹۷۲، ۱۹۷۴، ۱۹۷۶، ۱۹۷۷، ۱۹۸۱ و ۱۹۸۴	کمینه



شکل ۴- تابع توزیع تجمعی امواج گرم ایستگاه سینوپتیک شهر اهواز در تداوم‌های ۳ روزه الی بیشتر از ۱۰ روزه

ماه‌های فصل زمستان به ندرت امواج گرم ثبت شده است. در ماه مرداد، بطور متوسط در ایستگاه سینوپتیک شهر اهواز، تعداد ۹ موج گرم و در ماه‌های شهریور و تیر نیز ۷ موج گرم به طور متوسط ثبت می‌گردد.

در شکل ۵ توزیع فراوانی متوسط ماهانه امواج گرم در ایستگاه سینوپتیک شهر اهواز، ارائه شده است. همانطور که در این شکل دیده می‌شود، بیشترین امواج گرم در ماه‌های فصل تابستان یعنی از تیر تا شهریور متمرکز است.



شکل ۵- توزیع ماهانه امواج گرمایی در ایستگاه سینوپتیک شهر اهواز براساس میانگین دوره آماری ۱۹۶۱-۲۰۱۵

که در جدول ۶ دیده می‌شود، متوسط تغییرپذیری دما در طی حیات موج گرم (دوره حاکمیت موج گرم)، در امواج کوتاه ۲ درجه سانتیگراد و در امواج بلند ۱/۵ درجه سانتیگراد بوده است.

با مقیاسه میزان انحراف معیار دمایی حین حاکمیت امواج گرم با سایر روزهای بدون حاکمیت امواج گرم (دوره با تعداد روزهای مشابه در همان دیدبانی ساعت ۰۹ UTC) مشاهده می‌شود که در دوره مشابه بدون حاکمیت موج گرم میزان انحراف معیار روزانه دما به بیش از ۳/۵ درجه رسیده است. بنابراین حاکمیت موج گرم نه تنها موجب افزایش دمای هوا بلکه موجب کاهش تغییرپذیری و نوسانات روزانه دمای هوا نیز می‌شود و یک هوای گرم ساکن و راکد را بر منطقه حاکم می‌کند.

برای ارزیابی روند سالانه سری زمانی رخدادهای امواج گرمایی در شهر اهواز طی دوره آماری مورد بررسی (۱۹۶۱ تا ۲۰۱۹)، از آماره برآوردگر شیب Sens استفاده شده است.

همانطور که در نمودار شکل‌های ۶ و ۷ مشاهده می‌شود، براساس روش ناپارامتریک برآوردگر شیب سنس، روند افزایشی در سری زمانی رخدادهای موج گرم ایستگاه سینوپتیک شهر اهواز طی دوره آماری ۵۵ ساله مورد بررسی

انحراف مثبت از میانگین بلندمدت دمای روزانه و تداوم آن می‌تواند یک موج گرمایی گسترده ایجاد کند. در بررسی و تحلیل امواج گرمایی شهر اهواز از نمایه انحراف از میانگین بلندمدت بهنجار شده (NTD) استفاده شده است. دامنه نوسان این نمایه در موجهای گرمایی کوتاه‌مدت، ۲ تا ۴/۵ درجه سلسیوس و در موجهای گرمایی بلندمدت، ۲ تا ۶/۵۶ درجه سلسیوس می‌باشد.

بدین ترتیب در امواج گرمایی بلندمدت نسبت به امواج گرمایی کوتاه مدت، علاوه بر طول تداوم، انحراف از دمای روزانه نیز افزایش یافته است. در این بخش شدت امواج گرمایی ثبت شده در ایستگاه سینوپتیک اهواز به طور متوسط مورد بررسی قرار گرفته است. همانطور که در جدول ۵ دیده می‌شود، بطور کلی میانگین دمای امواج کوتاه (طول دوره حیات کمتر از ۴ روز) در دیدبانی‌های ساعت ۰۹ UTC که برابر ساعت ۱/۳۰ دقیقه به وقت محلی می‌باشد، برابر ۴۶ درجه سانتیگراد بوده است در حالی که در امواج بلند این میانگین برای همین دیدبانی در ایستگاه سینوپتیک اهواز برابر ۴۸ درجه سانتیگراد بوده است.

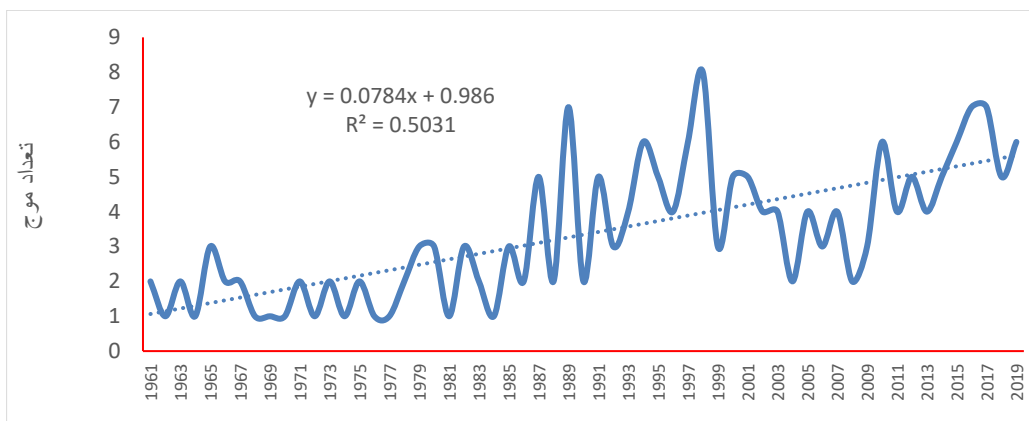
میانگین دماهای بیشینه امواج گرم (نه رکوردهای دمایی) برای امواج گرم کوتاه برابر ۴۸ درجه سانتیگراد برای امواج بلند برابر ۵۰ سانتیگراد بوده است. از طرف دیگر همانطور

روند افزایشی داشته‌اند در حالیکه شیب افزایشی امواج ابر گرم برابر ۰/۰۵ موج در سال بوده است. نتایج حاصل از آزمون ناپارامتریک من- کندال بیانگر آن بوده است که روند آشکار شده امواج گرم که روند افزایشی با شیب ۰/۰۸ موج گرم در سال است در سطح اطمینان ۰/۹۵ ($P_value = 0.05$) معنی‌دار بوده است در حالیکه روند آشکار شده امواج ابرگرم که روند افزایشی با شیب ۰/۰۵ موج گرم در سال بوده است، در سطح اطمینان ۰/۹۵ ($P_value = 0.05$) معنی‌دار نبوده است.

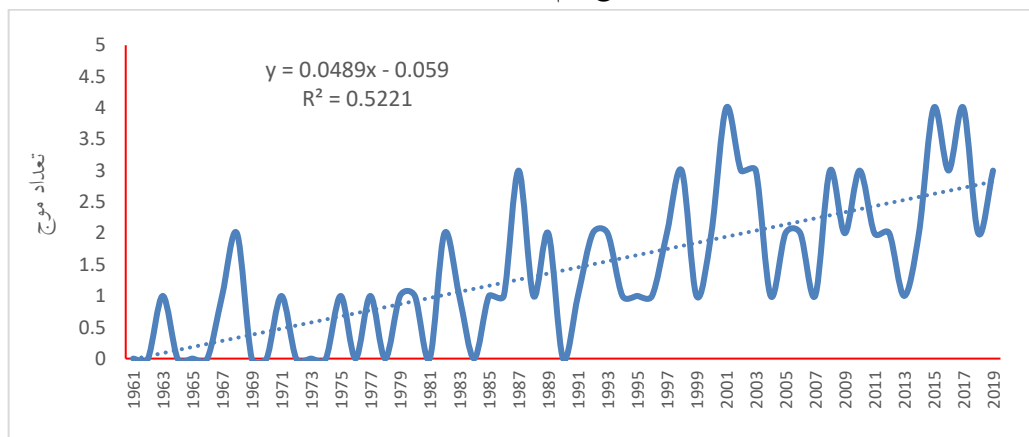
وجود دارد. در مورد رخداد‌های امواج ابرگرم نیز چنین روندی مشاهده می‌شود. همانطور که در جدول تفسیر نتایج تحلیل روند سری زمانی ۵۹ ساله امواج گرم شهر اهواز دیده می‌شود (جدول ۷) امواج گرم استخراج شده در داده های روزانه این ایستگاه، طی دوره مورد بررسی روند افزایشی داشته است. این افزایش هم در رخداد‌های امواج گرم و هم در رخداد‌های امواج ابرگرم دیده شده است. همانطور که در این جدول و نمودارها دیده شد، امواج گرم ایستگاه سینوپتیک شهر اهواز با شیب سالانه ۰/۰۸ موج گرم در سال

جدول ۶- ویژگی‌های دمایی امواج گرم حادث شده در ایستگاه سینوپتیک اهواز (براساس میانگین دوره ۱۹۶۱-۲۰۱۹)

امواج بلند (بیشتر از ۴ روز)	امواج کوتاه (کمتر از ۴ روز)	
۴۸ درجه سانتیگراد	۴۷ درجه سانتیگراد	میانگین دما دوره حیات موج گرم
۵۲	۵۰	بیشینه دما
۴۴	۴۲	کمینه دما
۱/۵ درجه سانتیگراد طی دوره	۲ درجه سانتیگراد طی دوره	انحراف معیار دما طی دوره حیات موج گرم



شکل ۷- فراوانی رخداد‌های موج گرم در شهر اهواز طی دوره آماری ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۹



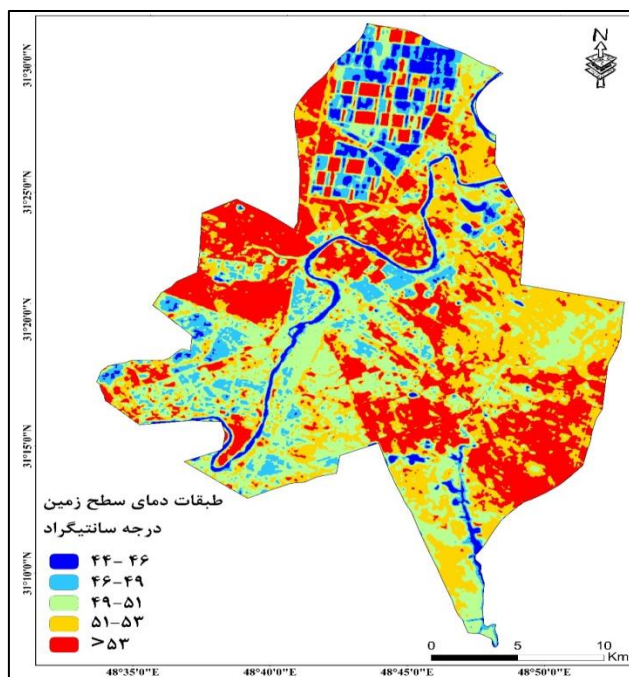
شکل ۸- فراوانی رخداد‌های موج ابرگرم در شهر اهواز طی دوره آماری ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۹

جدول ۷- ویژگی‌های دمایی امواج گرم حادث شده در ایستگاه سینوپتیک اهواز (براساس میانگین دوره ۱۹۶۱-۲۰۱۹)

امواج گرم	امواج ابرگرم	
۰/۰۸	۰/۰۵	پارامتر Q- شیب سری
۱/۹۶	۱/۹۶	پارامتر T بحرانی من- کندال
۲/۰۱	۱/۷۲	پارامتر T مشاهداتی من- کندال
روند افزایشی با شیب ۰/۰۸ موج گرم در سال که در سطح اطمینان ۰/۹۵ (P_value=۰.۰۵) معنی دار بوده است	روند افزایشی با شیب ۰/۰۵ موج گرم در سال که در سطح اطمینان ۰/۹۵ (P_value=۰.۰۵) معنی دار نبوده است	تفسیر آزمون

۴۴ تا ۴۶ درجه سانتیگراد متفاوت بوده است. بخشی از فضای سبز شهری که در فاصله نزدیک رودخانه کارون قرار گرفته‌اند، دمایی حدود ۴۶ تا ۴۹ درجه سانتیگراد داشته‌اند. بخش زیادی از نواحی مرکزی شهر اهواز که عموماً شامل پهنه شهری می‌شود، دمایی در حدود ۴۹ تا ۵۱ درجه سانتیگراد داشته است، در حالیکه بیشترین دمای منطقه مربوط به طبقه دمایی بیش از ۵۳ درجه سانتیگراد است که شامل ۵۳ تا ۵۵ درجه سانتیگراد می‌شود. این طبقه دمایی عموماً در بخش‌های حاشیه‌ای شهر اهواز که غالباً مربوط به اراضی بایر و زمین‌های لم یزرع است مشاهده می‌گردد.

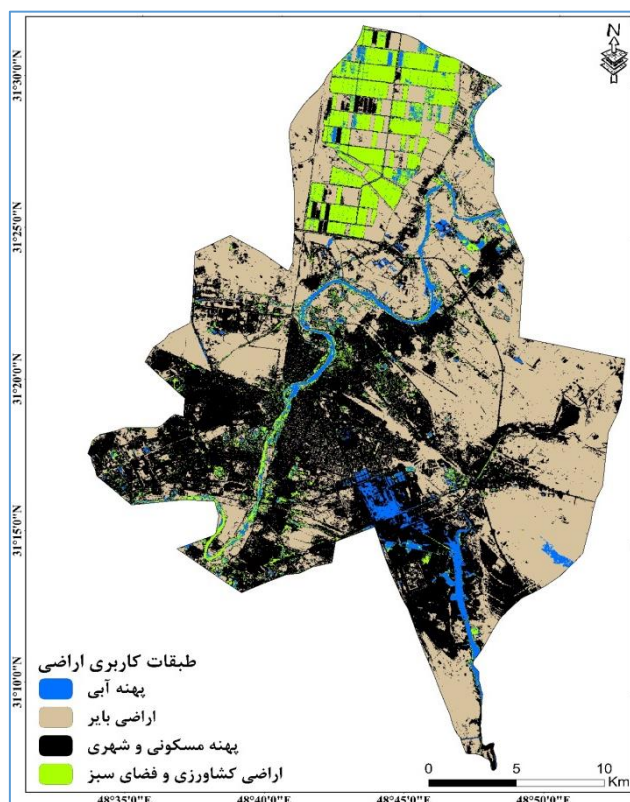
در شکل ۹ داده‌های دمای سطح زمین برای روز ۸ تیر ۱۳۹۶ (۲۹ ژوئن ۲۰۱۸) از باندهای حرارتی لندست ۸ یعنی میانگین دو باند حرارتی ۱۰ و ۱۱ با استفاده از الگوریتم دمای درخشندگی، استخراج گردید. همانطور که در این نقشه مشاهده می‌شود، دمای سطح شهر اهواز در ساعت گذار ماهواره از روی شهر اهواز (۱۳/۳۰ بعداز ظهر)، از ۴۴ تا ۵۵ درجه متفاوت بوده است. بخش‌های شمالی شهر و پهنه رودخانه کارون که از مرکز شهر اهواز می‌گذرد و نیز فضای سبز اطراف رودخانه کارون، کمترین دمای سطحی را در این ساعت از روز داشته است. دمای این محدوده، بین



شکل ۹- دمای استخراج شده سطح زمین از باندهای حرارتی ۱۰-۱۱ سنجنده TIRS لندست ۸ برای ساعت ۱۳/۳۰ روز ۲۸ ژوئن

دارد. در این پهنه تولرنس شبانه روزی دما بسیار پایین بوده و ظرفیت هدایت گرمایی آب و نیز گرمای ویژه آب، مانع از تغییرپذیری زیادی دما در این پهنه می‌شود. از طرف دیگر میزان تبخیر از سطح آب یک فرایند گرماگیر بوده و مقادیر زیادی گرما را از محیط جذب کرده و منجر به سرمایش محیط می‌شود. از طرف دیگر عملکرد همین بخار آب جذب شده از سطح کاربری آب، باعث ایجاد یک پروسه گلخانه‌ای در سطح شهر شده و میزان بخار آب را در اتمسفر نزدیک سطح شهر بالا می‌برد.

در بخش شمالی شهر نیز بخشی از اراضی زراعی که در حالت آیش هستند، در این طبقه دمایی قرار گرفته‌اند. طبقه پهنه آبی که در عموماً شامل پهنه آبی رودخانه کارون و برخی پهنه‌های آبی بخش جنوب شرق شهر است، مساحتی در حدود ۳ هزارهکتار از سطح شهر را که کمتر از ۵ درصد از مساحت کل شهر است را به خود اختصاص داده‌اند. واکنش این طبقه کاربری اراضی در برابر موج گرم از طریق تبخیر مستقیم و نیز ظرفیت بالای گرمای ویژه آب می‌باشد. این طبقه کاربری اراضی در مقایسه با طبقه اراضی بایر و پهنه شهری واکنش کاملاً متفاوتی به دمای بالا موج گرم



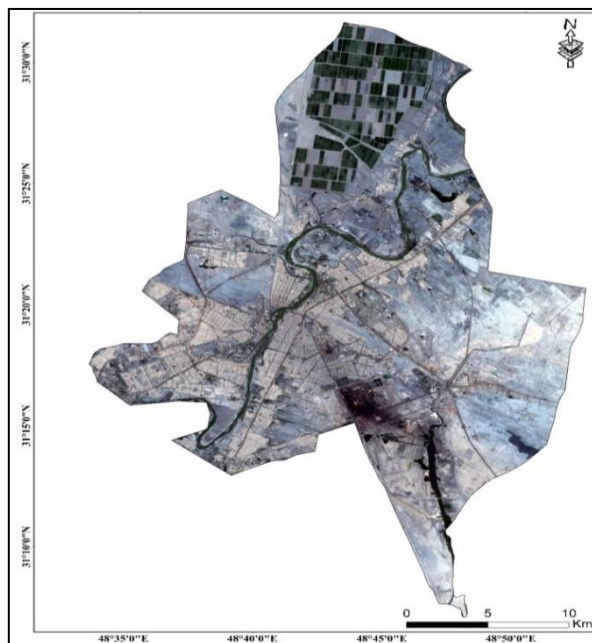
شکل ۱۰- طبقات کاربری اراضی شهر اهواز استخراج شده از باندهای اپتیکال سنجنده OLI لندست ۸ برای روز ۸ تیر ۱۳۹۶ (باندهای ۲-۳-۴)

رطوبت بالای سطح شهر، اثر موج گرم را تشدید می‌کند. زیرا میزان دمای حس شده در حالت رطوبت زیاد، بسیار بالاتر از دمای واقعی خواهد بود. به این ترتیب این کاربری یکی از کاربری‌های بسیار تأثیرگذار در واکنش به حاکمیت موج گرم است و به طور کلی طی یک فرایند هم افزا باعث تشدید قدرت گرمایی

این میزان بالای رطوبت و بخار آب در سطح شهر که از این پهنه آبی حین رخداد موج گرم به اتمسفر نزدیک سطح زمین وارد می‌شود، در واقع باعث ایجاد ثبات دمایی در سطح شهر شده و مانعی در برابر تابش شدید موج کوتاه ندارد اما امواج مادون قرمز بلند تابش زمینی را در هنگام شب بازتاب داده و در شب نیز دمای شهر بالا می‌ماند. این بخار آب و

خود اختصاص داده است (حدود ۵ درصد) اما از طریق تزریق رطوبت و بخار آب و ایجاد شرایط شرجی حین حاکمیت موج گرم، تأثیر فیزیولوژیکی موج گرم را بشدت تقویت کرده و می‌تواند منجر به گرمزدگی‌های حاد در سطح شهر شود.

موج گرم شده و مخاطره گرمزدگی موج گرم را در سطح شهر افزایش می‌دهد. طی فرایند موج گرم ممکن است در سطح شهر اهواز رخداد شرجی نیز ثبت شود که ناشی از عملکرد این کاربری است. به این ترتیب کاربری پهنه‌های آبی علیرغم اینکه مساحت کمی از سطح شهر اهواز را به



شکل ۱۱- کامپوزیت مرئی شهر اهواز با استفاده از باندهای مرئی لندست ۸ برای روز ۸ تیر ۱۳۹۶ (باندهای ۲-۳-۴)

نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ برابر ۱۱۸۴۷۸۸، نفر بوده است و تراکم جمعیتی شهر برابر ۶۵ نفر در هکتار است. تحلیل جمعیت در ۲۱۲۰۵۶ نفر از جمعیت شهر اهواز در رده سنی زیر ۱۰ سال قرار گرفته‌اند که برابر ۱۸ درصد از کل جمعیت شهر اهواز بوده است. این کودکان به دلیل ظرفیت پایین قلبی و عروقی در برابر مخاطره موج گرم سطح شهر که تنش‌های حرارتی بین ۴۸ تا ۵۰ درجه در زمان اوج حاکمیت موج گرم ایجاد کرده است، بسیار آسیب پذیر هستند. ریسک هایپوترمی یا گرمزدگی در این رده سنی می‌تواند به صورت اتلاف آب بدن، خطر دیهیدراتاسیون یا کم آبی شدید بدن، تنگی نفس و افزایش ضربان قلب و سوختگی پوست، ایجاد حالت خفگی به ویژه در شرایط گرم و شرجی، در این رده سنی ظاهر شود. در رده سنی کهنسالان یا جمعیت بالای ۶۵ سال، ریسک موج گرم حادتر و مخرب تر است. این رده سنی که عموماً دارای بیماری‌های زمینه‌ای از قبیل مشکلات قلبی و عروقی، تنش‌های عصبی، آسم و تنگی نفس، فشار

نتیجه‌گیری

امواج گرم و تنش‌های حرارتی ناشی از گرمزدگی در محیط‌های شهری در شرف تبدیل شدن به یکی از مهمترین مخاطرات اقلیم شهری می‌باشد که آگاهی از شدت موج گرم در نواحی مختلف شهری و در کنار آن آگاهی از میزان جمعیت آسیب پذیر در معرض ریسک گرمزدگی (دو رده سنی کهنسالان و کودکان)، می‌تواند برای سازمان دهی توزیع فضایی امکانات و خدمات اورژانس شهری و مراقبت‌های ویژه مرتبط با گرمزدگی بسیار مفید فایده باشد. در این پژوهش اقدام به بررسی توزیع فضایی ریسک تنش‌های حرارتی ناشی از رخداد حادی موج گرم در سطح شهر اهواز گردید. در گام اول با استفاده از بررسی توزیع فضایی دمای هوا حین رخداد موج گرم در سطح شهر، از تصاویر ماهواره ای سنجنده حرارتی، TIRS لندست ۸ استفاده گردید. تحلیل جمعیتی در ارتباط با مخاطره موج گرم، نشان داد که به طور کلی جمعیت کلان شهر اهواز، براساس سرشماری عمومی

- temperature extremes and day-to-day variability in Japan. *Papers in Meteorology and Geophysics*, 58, 63-72.
5. Ghavidel Rahimi, Yousef; Rzaei, Mohammad (۲۰۱۵) Research on identification, classification and synoptic analysis of heat waves in Kerman province, geography and programming, ۱۹(۵۴) pp. ۲۷۳-۲۵۳
 6. Ghavidel Rahimi, Yousef (۲۰۱۱) Identification, classification and synoptic analysis of hot summer wave in ۲۰۱۰ in Iran. *Geographical Studies of Arid Areas*, First Year, No.۳, pp. ۱۰۰-۸۵
 7. Hatami Zarneh, Dariush; Hejazizadeh, Zahra and Naserzadeh, Mohammad Hossein, (۱۳۹۸), Analysis of temporal fluctuations of heat waves in northwestern Iran and their relationship with greenhouse gases and earth anomalies, *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, Volume ۱۹, Number ۵۲, pp. ۵۶-۳۵
 8. Haddadi, Hossein (۲۰۰۹) Temporal and spatial analysis of heat waves in Iran. Master Thesis in Climatology in Environmental Planning, Faculty of Humanities and Social Sciences, Department of Geography, Tarbiat Modares University
 9. Lee, K., Baek, H. J., & Cho, C. (2013). Analysis of changes in extreme temperatures using quantile regression. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 49(3), 313-323.
 10. Lemonsu, A., Viguie, V., Daniel, M., & Masson, V. (2015). Vulnerability to heat waves: Impact of urban expansion scenarios on urban heat island and heat stress in Paris (France). *Urban Climate*, 14, 586-605.
 11. McCarthy, J. J., Canziani, O. F., Leary, N. A., Dokken, D. J., & White, K. S. (Eds.). (2001). *Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability: contribution of Working Group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Vol. 2)*. Cambridge University Press.
 12. Miller, R. B., & Small, C. (2003). Cities from space: potential applications of remote sensing in urban environmental research and policy. *Environmental Science & Policy*, 6(2), 129-137.
 13. Wolf, T., & McGregor, G. (2013). The development of a heat wave vulnerability index for London, United Kingdom. *Weather and Climate Extremes*, 1, 59-68.
 14. Yavari Hossein, Karampour Mostafa, Yarahmadi Dariush, (۱۳۹۸), Spatial analysis of bioclimatic vulnerability in Kermanshah in the face of hot weather climatic hazards, geography and environmental sustainability, ۹ (۱), ۵۰-۳۷
- خون بالا و ضعف سیستم ایمنی بدن هستند، به شدت می-توانند از تنش های حرارتی موج گرم آسیب ببینند. در این افراد مخاطره موج گرم می تواند به راحتی منجر به مرگ شود. ایجاد شرایط گرم و شرجی و از بین رفتن آسایش حرارتی می تواند استراحت و خواب را مختل کرده و اختلالات اساسی در زندگی ایجاد کند. جمعیت کهنسالان حدود ۵ درصد از جمعیت کل شهر اهواز (۱۰۱۷۲۵ نفر) را تشکیل می دهند.
- بنابراین به طور کلی در مجموع ۲۳ درصد از جمعیت شهر اهواز (مجموع جمعیت زیر ۱۰ سال و بالای ۶۵ سال) که برابر ۳۱۴۰۴۳ نفر میباشند، جمعیت آسیب پذیر جدی از مخاطره موج گرم هستند. بنابراین نتایج این تحقیق به صورت غیرمستقیم نشان می دهد در طراحی و توسعه چیدمان شهری شهر اهواز، توجه لازم به پس خورهای اقلیم شهری نشده است و با توجه به روند رو به افزایش رخدادهای موج گرم ناشی از گرمایش جهانی (مستند علمی اثبات شده) انتظار می رود که در سال های آینده بسیار نزدیک مشکلات مربوط به تأثیرات منفی موج گرم در سطح شهر به شدت تشدید شده و در بخش های اورژانس بیمارستان های شهر، به وضوح شاهد مراجعان مرتبط با گرمادگی و تنش های گرمایی باشیم.

منابع

1. Berko, J. (2014). Deaths attributed to heat, cold, and other weather events in the United States, 2006-2010 (No. 76). US Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics.
2. Cheraghi Rudi, Moslem, (۲۰۱۲), Synoptic analysis of cold and heat waves in selected stations of southwestern Iran, Master Thesis, Supervisor Dr. Mohammad Saligheh, Kharazmi University, Faculty of Geographical Sciences, Department of Natural Geography, Climate in Environmental Planning, Tehran.
3. Emamgholi Shahram, Veteran Gholam Gholamreza, Rezaei Parviz, Trustee of Sadr al-Din. Bioclimatic risk assessment of hot wave events in Tehran. *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, ۲۲(۶۶), ۶۲-۵۰.
4. Fujibe, F., Yamazaki, N., Kobayashi, K., & Nakamigawa, H. (2007). Longterm changes of