

شبیه‌سازی دمای جنوب غرب ایران طی (۲۰۵۰-۲۰۱۵) با استفاده

داده‌های مدل گردش عمومی هوا

چکیده

در سال‌های اخیر گرم شدن و تغییرات آب‌وهوایی کره زمین با پیامدهای ناگوار و فراوانی در جوامع انسانی همراه بوده است. تغییر در الگوهای آب‌وهوایی می‌تواند به وقوع سیل‌های شدید، گرما و سرماهای شدید، تکرار بیشتر خشک‌سالی‌ها و گرم شدن جهانی هوا منجر شود. این افزایش دمای زمین باعث بر هم خوردن تعادل اقلیمی کره زمین شده و تغییرات اقلیمی گسترده‌ای را در اغلب نواحی کره زمین موجب گردیده است که از آن به عنوان تغییر اقلیم یاد می‌شود؛ بنابراین شناسایی الگوهای دمای در آینده می‌تواند در مطالعات آب‌وهوا شناختی و علوم مرتبط دیگر بسیار مفید باشد. این کار تحقیقی در سال ۱۳۹۸ در شهر اهواز انجام شده است. هدف از این تحقیق شبیه‌سازی دمای در بازه زمانی ۳۶ (۲۰۵۰-۲۰۱۵) ساله با استفاده از داده‌های مدل گردش عمومی هوا در جنوب غرب ایران می‌باشد. در این تحقیق به منظور شبیه‌سازی دمای روزانه از پایگاه داده EHom استفاده گردید. پس از استخراج داده‌ها، با استفاده از تکنیک‌های زمین‌آمار پهنه‌بندی به روش کریجینگ معمولی (OK) پراکنش مکانی و زمانی الگوهای دمای به کمک نرم‌افزار ARCGIS انجام گرفت. با استفاده از داده‌های مدل گردش عمومی هوا در طی دوره ۳۶ ساله، الگوهای دمای ماهانه، فصلی و سالانه منطقه، میان‌یابی و نقشه‌های مربوطه ترسیم شد. بر اساس نتایج حاصله الگوهای دمای حاکم در مقطع زمانی سالانه، کاملاً بر توپوگرافی منطقه مورد مطالعه، منطبق است که نشان‌دهنده تأثیر قوی ارتفاع بر دما می‌باشد. بالاترین میانگین دما شبیه‌سازی شده در مقطع زمانی سالانه مربوط به ایستگاه بندر ماهشهر با ۲۶/۲۵ سانتی‌گراد و کمترین دما نیز متعلق به الیگودرز با ۱۲/۵۶ سانتی‌گراد است. همچنین ماه جولای با انحراف معیار ۳/۹ در تمامی ایستگاه‌ها بالاترین مقدار دما و ماه ژانویه با انحراف معیار ۴/۶ نیز کمترین مقدار دما به دست آمد.

واژگان کلیدی: دما، مدل گردش عمومی هوا، شبیه‌سازی، توپوگرافی.

محمد بابادی^۱

جبرائیل قربانیان^{۲*}

منیژه ظهوریان^۳

رضا برنا^۴

۱. دانش‌آموخته دکتری آب و هواشناسی گروه

جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی،

اهواز، ایران.

۲. گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد

اسلامی، اهواز، ایران.

۳. گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد

اسلامی، اهواز، ایران.

۴. گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد

اسلامی، اهواز، ایران.

*مسئول مکاتبات:

Ghrghr1391@gmail.com

کد مقاله: ۱۳۹۹۰۴۰۸۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۰۵

این مقاله پژوهشی و برگرفته از رساله

دکتری است.

مقدمه

گرم شدن کره زمین با عواقب فاجعه‌آمیز و پیامدهای پیرامونی فراوان و پرهزینه، از جدی‌ترین مسائل جوامع انسانی در سال‌های اخیر به شمار می‌آید. تغییرات آب‌وهوایی با تغییر الگوهای اقلیمی و به هم ریختن نظم اکوسیستم‌ها، تأثیرات جدی بر محیط‌زیست دارد. تغییر در الگوهای آب و هوایی می‌تواند به وقوع سیل‌های شدید، گرما و سرماهای شدید، تکرار بیشتر خشک‌سالی‌ها و گرم شدن جهانی هوا منجر شود. حتی هر یک از این پدیده‌ها می‌تواند ذخایر غذایی یک منطقه را نیز در معرض خطر قرار دهد. شواهد روشنی جهت تغییرات آب‌وهوایی در چند دهه اخیر وجود دارد که عامل اصلی آن فعالیت‌ها انسانی عنوان می‌شود. مسئله مهم در سال‌ها اخیر چگونگی بهبود و سازگاری با شرایط محیطی به وجود آمده و



کاهش آسیب‌پذیری اجتماعی اثرات ناگوار حاصل از این دسته از تغییرات آب‌وهوایی است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۴). در چند دهه اخیر افزایش دمای زمین باعث بر هم خوردن تعادل اقلیمی کره زمین شده و تغییرات اقلیمی گسترده‌ای را در اغلب نواحی کره زمین موجب گردیده است که از آن به‌عنوان تغییر اقلیم یاد می‌شود. از آنجاکه دما از عناصر اساسی شکل‌گیری اقلیم است، تغییرات آن می‌تواند ساختار آب‌وهوایی هر محل را دگرگون سازد. به همین دلیل، بررسی روند دما در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی بخش بزرگی از تحقیقات اقلیم‌شناسی را به خود اختصاص داده است (اسدی و حیدری، ۱۳۹۰)؛ بنابراین شناسایی الگوهای دمایی در آینده می‌تواند در مطالعات آب‌وهوا شناختی و علوم مرتبط دیگر بسیار مفید باشد.

Biktash (۲۰۱۷) دریافت با آنالیز تغییرات طولانی‌مدت دما، می‌توان بخش عمده‌ای از وضعیت جو پایین و پرتوهای کیهانی را در ارتباط با تغییرات آب‌وهوایی بررسی نمود. Panagoulia و Vlahogianni (۲۰۱۸) در بررسی الگوهای دمایی حوضه آبخیز مسوچورا در بخش مرکزی یونان دریافتند در سری‌های اقلیمی سناریوی XCO₂ مرز اطمینانی برای دو سناریوی الگوهای دماست که می‌توان به پیش‌بینی افقی میانگین دمای شدید روزانه پی برد.

Navarro-Racines و همکاران (۲۰۲۰) معتقدند داده‌های حداکثر و حداقل دما مجموعه‌ای از شاخص‌های بیوکلیمایی هستند که می‌توانند برای ارزیابی اثرات تغییرات آب‌وهوا مورد استفاده قرار گیرد.

Rana و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از مدل‌های آب‌وهوایی فصل موسمی هند را برای ماه‌های ژوئن و آگوست مطالعه نموده و نشان دادند که GCM و گروه RCA هیچ وابستگی معنی‌داری بین تغییرات پیش‌بینی شده و تغییرات اقلیمی نشان نمی‌دهند و استفاده از تنها RCM و GCM، می‌تواند تحولات اقلیمی منطقه آینده را به میزان قابل‌توجهی تغییر دهد.

Christensen و Kjellström (۲۰۲۰) با شبیه‌سازی مدل‌های اقلیمی جهانی، نتایج نشان داد که انتخاب GCM به‌طور کلی تأثیر بیشتری در سیگنال تغییر آب‌وهوا نسبت به انتخاب RCM دارد و ماتریس‌های پراکنده GCM-RCM برای به دست آوردن میانگین آب‌وهوا مهم بوده اما برای تغییرات آب‌وهوایی برای سطح متوسط فصلی ناچیز است.

Matte و همکاران (۲۰۱۹) با پیش‌بینی تغییرات اقلیمی با به‌کارگیری مدل آب‌وهوایی cordex نشان دادند که استفاده از یک مقیاس بندی ساده با میانگین تغییر دما در سطح جهانی، با شناسایی سیگنال‌های قوی، تغییرات فصلی عناصر اقلیمی امکان‌پذیر می‌باشد.

Feron و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی تغییرات اقلیمی آمریکای جنوبی با استفاده از با مشاهدات و شبیه‌سازی مدل‌های اقلیمی، دریافتند که در دهه‌های اخیر سهم روزهای بسیار گرم حداقل در دوره دسامبر، ژانویه، فوریه، در شمال غربی این منطقه دو برابر شده است. همچنین پیش‌بینی‌های تحت سناریوی RCP۸٫۵ چشمگیرتر بوده و به‌ویژه در مناطق گرمسیری که بیشتر روزها می‌توانند تا حد متوسط بسیار گرم باشند.

Osborn و همکاران (۲۰۱۶) در اظهارنظری متفاوت، مقیاس بندی الگوی استفاده از ClimGen، با تفکیک‌پذیری ماهانه سناریوهای آب‌وهوایی و ایجاد تغییرات در تنوع بارش را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد از این روش نمی‌توان تغییرات ساختارهای سری زمانی آب‌وهوا را بیان نمود، اما تغییرات در بارش، کم‌وزیاد نسبت به روش‌های الگوی مقیاس بندی قبلی موفق‌تر نشان داده شدند.

Zachariadis و Hadjinicola (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای مشابه دریافتند اثر گرمایش جهانی بر تغییرات انرژی در نواحی مدیترانه با استفاده از مدل گردش عمومی هوا، میانگین روزانه دما را به میزان ۱ تا ۲ درجه سانتی‌گراد بالا می‌برد که بر روی انرژی مصرفی، جهت خنک نمودن اماکن، نقش بسزایی دارد.

Liu و Gao (۲۰۱۱) در اظهارنظری متفاوت با این تحقیق دریافتند در چین ارتباطی بین گرم شدن اقلیمی و تغییر کاربری زمین وجود دارد و با تجزیه و تحلیل داده‌های آب‌وهوایی، به گرم شدن دو درجه سانتی‌گرادی در بیشتر مکان‌ها پی بردند.

Chen و Dixit (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای مشابه دریافتند مناطق کشاورزی جنوب استرالیا (ویکتوریا) در حدود ۵۸ درصد تحت تأثیر دماهای بالا است. Tatli و همکاران (۲۰۰۴) در مطالعه‌ای مشابه با استفاده از فنون چند متغیره دریافتند که تغییرات دمای هوا در ترکیه ارتباط نزدیک با گردش بزرگ مقیاس دمایی بالای جو دارند.

Yue و Hashino (۲۰۰۳) در مطالعه‌ای مشابه، روند دمای ماهانه، فصلی و سالانه‌ی ژاپن را در صدسال گذشته با به کارگیری آزمون من-کندال، مورد ارزیابی قرار دادند. Stafford و همکاران (۲۰۰۰) با بررسی دامنه نوسان دمای ۲۵ ایستگاه هواشنجی آلاسکا (طی داده‌های ۵۰ سال) بررسی و نشان دادند که در تمام این ایستگاه‌ها، دما روند افزایشی داشته و بیشترین افزایش در زمستان و در میانه‌ی آلاسکا به میزان ۲/۲ درجه سلسیوس بوده است.

در ایران نیز ساری صراف و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای مشابه در بررسی شبیه‌سازی الگوهای دمایی استان مرکزی بر اساس مدل ترکیبی گردش عمومی جو، دریافتند الگوهای سالانه، فصلی و ماهانه این استان از لحاظ مکانی یکسان ولی از لحاظ دمایی متفاوت‌اند. دلیل الگوهای مکانی نسبتاً یکسان در بازه‌های زمانی متفاوت به دلیل تأثیرپذیری بالا و رابطه قوی الگوهای دمایی با طبقات ارتفاعی است. کمانگر و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای مشابه، با بررسی واکاری روند دمایی و تحلیل چرخه‌های میانگین دمای سالانه غرب ایران، نوسانات دمایی در این مناطق را ناشی از تأثیر الگوهای بزرگ مقیاس، می‌دانند.

کامیار و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای مشابه با بررسی دقت خروجی مدل‌های منطقه‌ای آب‌وهوای ایران در ارتباط با دمای بیشینه و کمینه در محدوده جنوب آسیا دریافتند داده‌های مشاهداتی، همبستگی بالا و خطای کمتر از یک درجه سلسیوس دارد.

فلاح قاله‌ری و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای مشابه در ارزیابی تغییر اقلیم بجنورد با استفاده از مدل ریزمقیاس نمایی LARS WG دریافتند دمای کمینه روند افزایشی دارد و بیشترین مقدار این افزایش به فصل زمستان سناریوی A₂ به میزان ۰/۸ درجه سانتی‌گراد مربوط است. جهانگیر و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای متفاوت دریافتند مدل HadCM^۳ توانایی لازم را در تولید داده‌های روزانه دارد و از خروجی مدل جهت شبیه‌سازی داده‌های روزانه دما، کمینه و بیشینه بارش و ساعت آفتابی برای دوره پایه (۲۰۱۵-۱۹۹۶) تحت سه سناریوی A₁B, A₂, B₁ استفاده شد.

یوسفی و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای متفاوت در پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی دریافتند توانایی مدل (SDSM) در شبیه‌سازی بارندگی و دما ایستگاه کرج، نسبتاً قابل قبول و با داده‌های مشاهداتی مطابقت دارد.

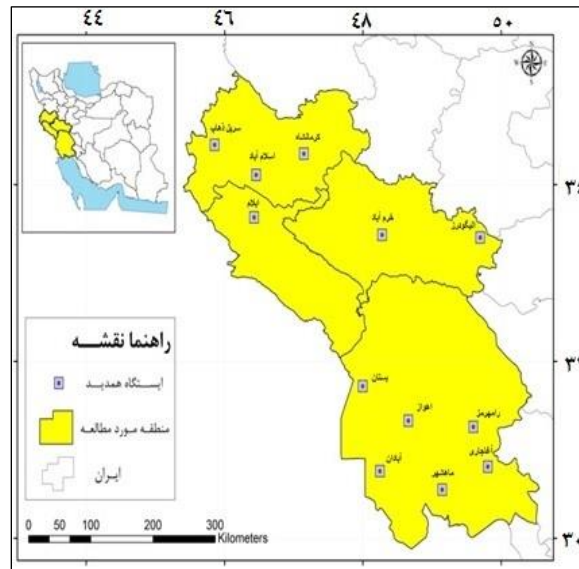
بررسی خورشیددوست و همکاران (۱۳۹۶) در اظهارنظری متفاوت در تحلیل همدیدی مخاطره امواج گرما در شمال غرب ایران، نشان دادند که قرار گرفتن پشته حاصل از مراکز واچرخندی بر روی نیمه غربی ایران در روزهای اوج گرما، سبب فرونشینی هوا و گرم شدن آن به صورت آدیاباتیک می‌شود و مراکز پرفشار عربستان پس از بسته شدن درروی آفریقا و شرق عربستان به ایران می‌رسد.

طباطبائیان و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای مشابه از شاخص‌های ماهانه چرخندگی بر اساس گردش جوی در جنوب ایران دریافتند که دما بهتر از بارش با شاخص‌های چرخندگی، واکنش نشان می‌دهند. عباس‌نیا و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای مشابه با بررسی ارزیابی جامع تغییرات فصلی دمای ایران طی دوره گرم سال بر اساس مدل‌های گردش عمومی جو دریافتند که در دهه‌های آینده در فصول بهار و تابستان، طی دوره گرم سال، نواحی هم‌جوار با سواحل جنوبی ایران، کمترین افزایش دما را خواهند داشت. عسکری زاده و همکاران (۱۳۹۵) در اظهارنظری متفاوت، با به کارگیری از ریزمقیاس نمایی مدل LARS-WG به پیش‌بینی نوسان‌های نمایه‌های فرین بارش در شهر سبزوار نشان دادند احتمالاً میانگین بیشینه بارش پنج‌روزه و شدت بارش طی دوره آینده ۲۰۱۱-۲۰۳۰ و ۲۰۴۶-۲۰۶۵ تحت سناریوی A₂ افزایش خواهد یافت. صلاحی و همکاران (۱۳۹۶) در اظهارنظری متفاوت در پیش‌بینی تغییر پارامترهای اقلیمی حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان دادند که مدل Lars-WG با دقت بالایی قادر به پیش‌بینی پارامترهای دمای حداقل و حداکثر می‌باشد.

خلیلی و همکاران (۱۳۹۵) در اظهارنظری متفاوت، عملکرد دو مدل Lars-WG و ClimGen در تولید سری‌های زمانی بارش و دما در ایستگاه تحقیقات دیم سیسب- خراسان شمالی را مقایسه و نشان دادند از نظر شبیه‌سازی، ClimGen در مدل‌ساز میانگین‌های روزانه و ماهانه دما، موفق‌تر از مدل Lars-WG بوده است. آبکار و همکاران (۱۳۹۲) در اظهارنظری متفاوت در شبیه‌سازی شاخص‌های دمایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کارایی مدل SDSM برای ریزمقیاس نمایی شاخص‌های دمایی ایستگاه شهر کرمان را تا سال ۲۱۰۰ شبیه‌سازی نمودند. مسعودیان (۱۳۸۴) در مطالعه‌ای مشابه دریافت که دمای شبانه‌روزی ایران به ترتیب با آهنگ حدود سه، یک و دو درجه در هر صدسال افزایش داشته است. این افزایش دما در منطقه مورد مطالعه، می‌تواند با تشدید خشک‌سالی، اثرات منفی بر مقدار و وسعت منابع آب‌های سطحی و دریاچه‌ها و تالاب‌ها داشته باشد. در این زمینه امیری و همکاران (۱۳۹۹) در بررسی رابطه دما و تغییرات سطح آب تالاب‌های هورالعظیم و شادگان، نشان دادند که به ازای هر تغییر ۱۴ درجه‌ای دما، ۱۰۰۰ هکتار از مساحت این تالاب‌ها تغییر می‌کند. رحیمی و همکاران (۱۳۹۹) در بررسی روند متغیرهای آب و هواشناختی حوضه هیرمند، نشان دادند که بین دما و تخریب تالاب هامون، یک همبستگی همسو وجود دارد و با افزایش دما، میزان تخریب افزایش یافته و در سطح خیلی شدید قرار گرفته است. جهانی شکیب و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه تغییر اقلیم در سیمای سرزمین تالاب چغاخور دریافتند تغییر پارامترهای اقلیمی و خشک‌سالی به تغییر کاربری زمین و در نتیجه به تغییر عملکردهای اکوسیستمی این تالاب اثر گذاشته است. عطایی و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی روند تغییرات ماهانه و سالانه متوسط دمای حوضه آبریز گاوخونی دریافتند متوسط دما برای تالاب گاوخونی روند افزایش داشته و تشدید خشک‌سالی ناشی از همین افزایش میانگین دما، محدود شدن پهنه این تالاب و تغییرات کمی و کیفی اکوسیستم تالاب را به دنبال داشته است. هدف از این تحقیق شبیه‌سازی دمایی در بازه زمانی ۳۶ (۲۰۵۰-۲۰۱۵) ساله با استفاده از داده‌های مدل گردش عمومی هوا در جنوب غرب ایران می‌باشد تا واقع با شناسایی الگوهای دمایی و شبیه‌سازی دمای روزانه، پراکنش مکانی و زمانی این الگو برای این مناطق مشخص گردد. فرضیه‌ی کار تحقیقی این است که به نظر می‌رسد الگوهای دمایی حاکم در مقطع زمانی سالانه، از توپوگرافی منطقه مورد مطالعه تبعیت نموده که نشان‌دهنده تأثیر قوی ارتفاع بر دما می‌باشد.

مواد و روش‌ها

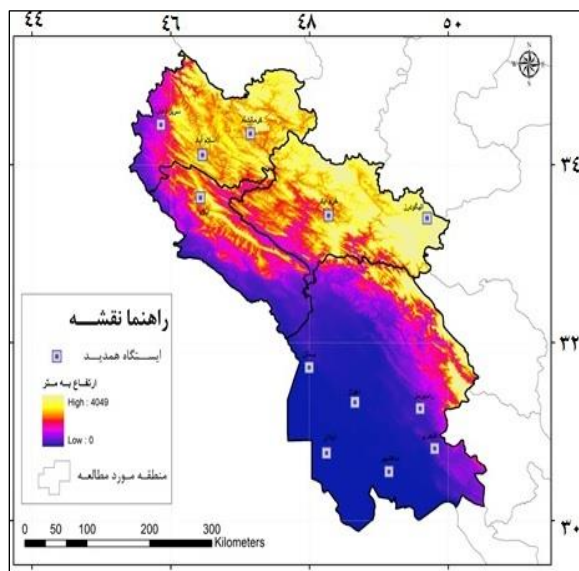
موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه شامل چهار استان خوزستان، لرستان، ایلام و کرمانشاه است که در غرب و جنوب غرب ایران واقع شده است. مختصات جغرافیایی منطقه مورد مطالعه بین ۴۴ درجه و ۳۹ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۳۰ درجه تا ۳۵ درجه عرض شمالی از خط استوا قرار گرفته است (شکل ۱).



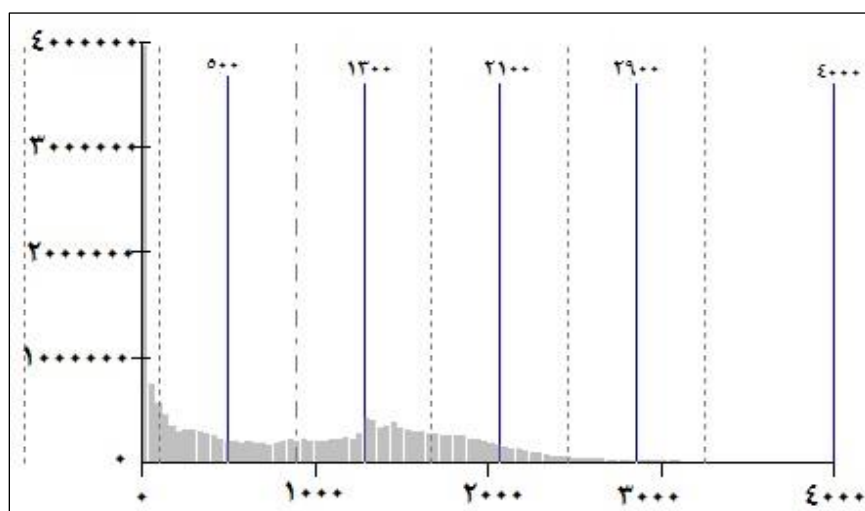
شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (اهواز، ۱۳۹۸).

این کار تحقیقی در سال ۱۳۹۸ در شهر اهواز انجام شده است:

۱. ابتدا جهت شبیه‌سازی دمای منطقه مورد مطالعه به پایگاه داده‌های $EH^{\circ}OM$ مراجعه شد. این پایگاه معتبر علمی، حاوی داده‌های مدل گردش کلی جو و اقیانوس AOGCM می‌باشد. طبق بررسی‌های Roeckner و همکاران (۲۰۰۳) داده‌های این پایگاه که در دانشگاه هامبورگ تولید شده پنجمین نسخه از داده‌های ECHAM مدل گردش کلی جو با طیف هسته دینامیکی بوده که برای پروژه‌های اقلیمی با تفکیک $T63$ درجه طولی و عرضی و 31 سطح جو تا نزدیک 10 هکتوپاسکال کاربرد دارد.
 ۲. جهت بهره‌برداری از این داده‌ها از مدل ریزمقیاس نمایی منطقه‌ای $RegCM4$ استفاده گردید. داده‌های خروجی مدل ریز گردانی شده با ابعاد $27^{\circ} \times 27^{\circ}$ درجه طول و عرض جغرافیایی بوده که حدوداً نقاطی با ابعاد 30×30 کیلومتر مساحت ایران را پوشش می‌دهند.
 ۳. جهت شبیه‌سازی، داده‌های دمایی در بازه زمانی ۳۶ ساله (۲۰۱۵-۲۰۵۰) توسط مدل استخراج و با استفاده از تکنیک‌های زمین‌آمار به روش کریجینگ معمولی (OK) پهنه‌بندی گردید.
 ۴. جهت انجام پراکنش مکانی و زمانی الگوهای دمایی منطقه مورد مطالعه، از نرم‌افزار ARCGIS استفاده شد.
 ۵. داده‌های راداری سنجنده ASTER با ابعاد یاخته‌های 30 متر جهت تهیه نقشه‌های مدل رقومی ارتفاعی (DEM) استخراج شد.
 ۶. جهت انجام تحلیل داده‌ها نیز از نرم‌افزار اکسل و Spss استفاده گردید.
- نقشه طبقات ارتفاعی منطقه مورد مطالعه در شکل ۲ و توزیع طبقات ارتفاعی بر اساس انحراف معیار در منطقه مورد مطالعه در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۲: نقشه ارتفاعی منطقه مورد مطالعه (اهواز، ۱۳۹۸).



شکل ۳: نقشه توزیع طبقات ارتفاعی در منطقه مورد مطالعه (اهواز، ۱۳۹۸).

نتایج

نتایج تحقیق شامل شناخت الگوهای مکانی- زمانی فراسنج شبیه‌سازی شده دما و خروجی مدل گردش جوی در قالب‌های زمانی سالانه، فصلی و ماهانه (ژانویه، فوریه، مارس، آوریل، مه، ژوئن، جولای، اوت، سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر) است.

نتایج حاصل از الگوهای دمایی شبیه‌سازی شده در منطقه مورد مطالعه به شرح ذیل است:

در شکل ۴ نقشه الف بیشینه دمایی با ۲۶-۲۷ درجه سانتی‌گراد با سردترین طبقه دمایی (۱۱-۱۲ درجه سانتی‌گراد) می‌باشد. میانگین دمای منطقه ۲۰ درجه سانتی‌گراد و انحراف معیار ۴/۵ می‌باشد. بیشینه دامنه دمایی با ۳۲-۳۳ درجه سانتی‌گراد در نواحی جنوبی به جز سواحل و شرق

استان خوزستان قابل مشاهده است. سردترین طبقه دمایی (۱۷-۱۸ درجه سانتی گراد) و میانگین دمای منطقه ۲۷ درجه سانتی گراد و انحراف معیار ۴/۶ می باشد (نقشه ب). بیشینه دامنه دمایی با ۳۶-۳۸ درجه سانتی گراد و سردترین طبقه دمایی (۲۳-۲۵ درجه سانتی گراد) بوده و میانگین دمای منطقه ۳۲ درجه سانتی گراد است که گرم ترین ماه سال محسوب می شود و انحراف معیار ۴/۱ می باشد (نقشه ج).

نقشه د نشان داد که بیشینه دامنه دمایی با ۲۹-۲۷ درجه سانتی گراد و سردترین طبقه دمایی (۱۰-۷/۷ درجه سانتی گراد) و میانگین دمای منطقه ۱۷ درجه سانتی گراد و انحراف معیار ۴/۷ می باشد. آنچه از شکل ه استنباط شد بیشینه دامنه دمایی (میانگین زمستانی شبیه سازی شده) با ۱۷-۱۶ درجه سانتی گراد و سردترین طبقه دمایی (۸۸-۱/۲) درجه سانتی گراد با میانگین دمای منطقه ۸/۸ درجه سانتی گراد (سردترین فصل) و انحراف معیار ۴/۸ می باشد. بیشینه دامنه دمایی ماه ژانویه با ۱۸-۱۷ درجه سانتی گراد در نواحی جنوبی قابل مشاهده است. سردترین طبقه دمایی در ماه ژانویه (۱-۳/۴- درجه سانتی گراد) می باشد. میانگین دمای منطقه ۵/۷ درجه سانتی گراد که سردترین ماه است و انحراف معیار ۴/۶ می باشد (نقشه و).

میانگین دمای شبیه سازی شده در ماه فوریه (دهه های آینده) در منطقه مورد مطالعه در شکل ۵ نشان داد که بیشینه دامنه دمایی در این ماه با ۱۶-۱۵ درجه سانتی گراد در نواحی جنوبی (سواحل خلیج فارس) قابل مشاهده است. سردترین طبقه دمایی در ماه فوریه (۱۹-۰/۳- درجه سانتی گراد) می باشد. میانگین دمای منطقه ۸/۱ درجه سانتی گراد است و انحراف معیار ۴/۹ می باشد (نقشه ز).

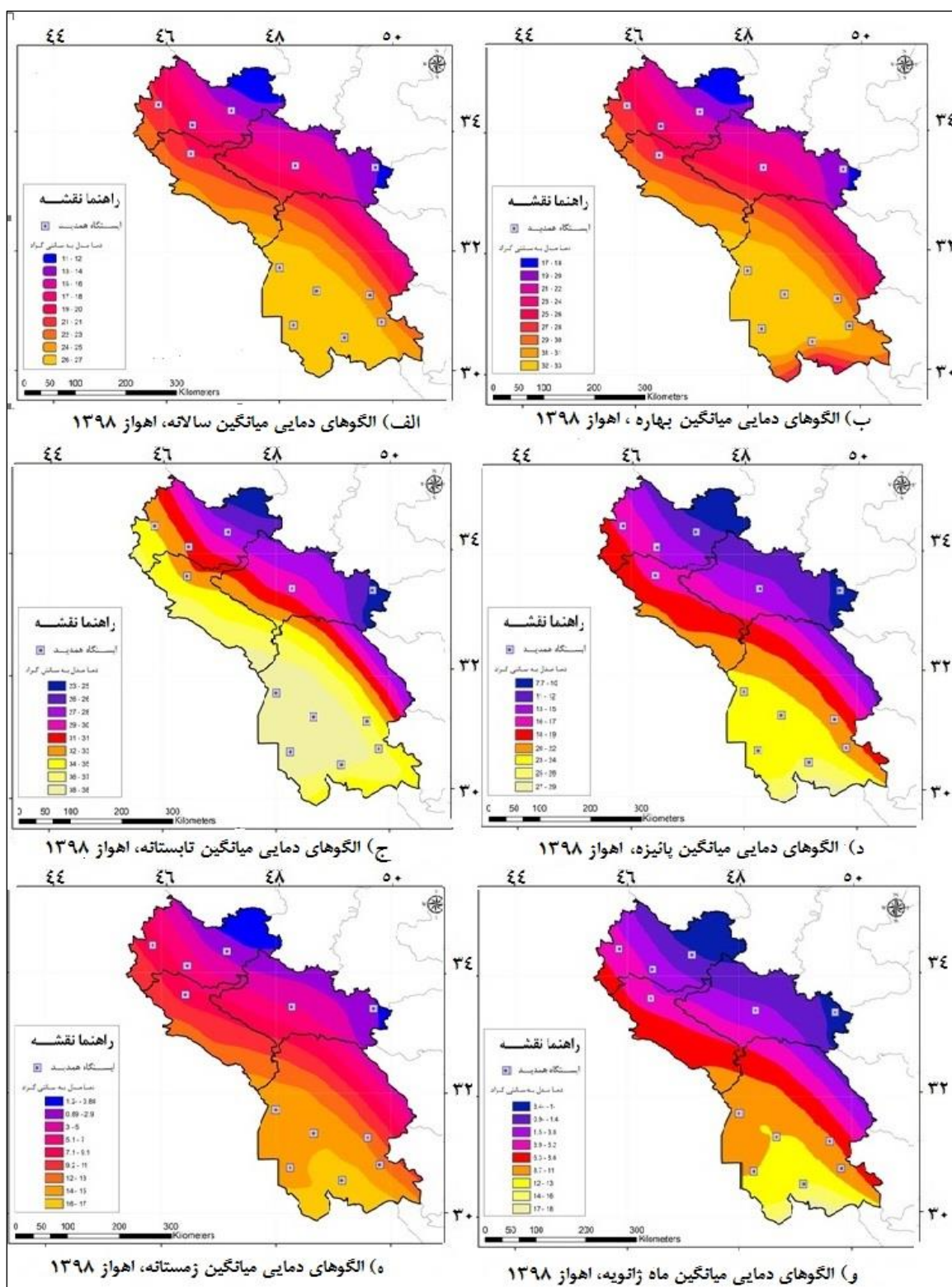
میانگین دمای شبیه سازی شده در ماه مارس با بیشینه دامنه دمایی ۲۰-۱۹ درجه سانتی گراد و سردترین طبقه دمایی در ماه مارس (۱/۱-۴/۱) درجه سانتی گراد) می باشد. میانگین دمای منطقه ۱۳ درجه سانتی گراد است و انحراف معیار ۴/۹ است (نقشه ح).

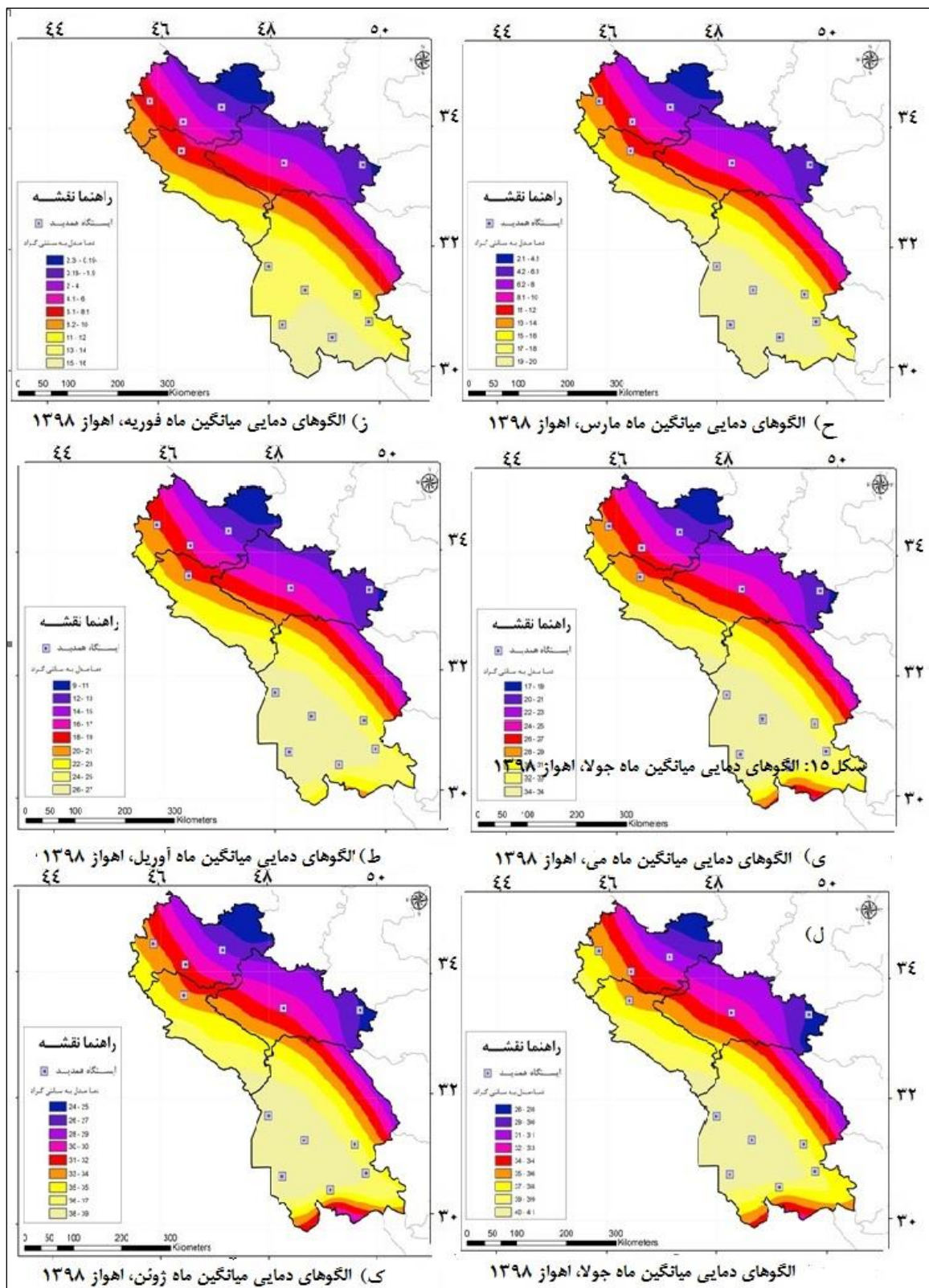
میانگین دمای شبیه سازی شده در ماه آوریل (دهه های آینده) در منطقه مورد مطالعه با بیشینه دامنه دمایی در این ماه با ۲۷-۲۶ درجه سانتی گراد در نواحی جنوبی (سواحل خلیج فارس) قابل مشاهده است. سردترین طبقه دمایی در ماه آوریل (۱۱-۹ درجه سانتی گراد) می باشد. میانگین دمای منطقه ۲۰ درجه سانتی گراد است و انحراف معیار ۵ می باشد (نقشه ط).

با توجه به (نقشه ی)، بیشینه دامنه دمایی در این ماه با ۳۴-۳۳ درجه سانتی گراد و سردترین طبقه دمایی در ماه می (۱۹-۱۷ درجه سانتی گراد) می باشد. میانگین دمای منطقه ۲۷ درجه سانتی گراد است و انحراف معیار ۴/۷ می باشد.

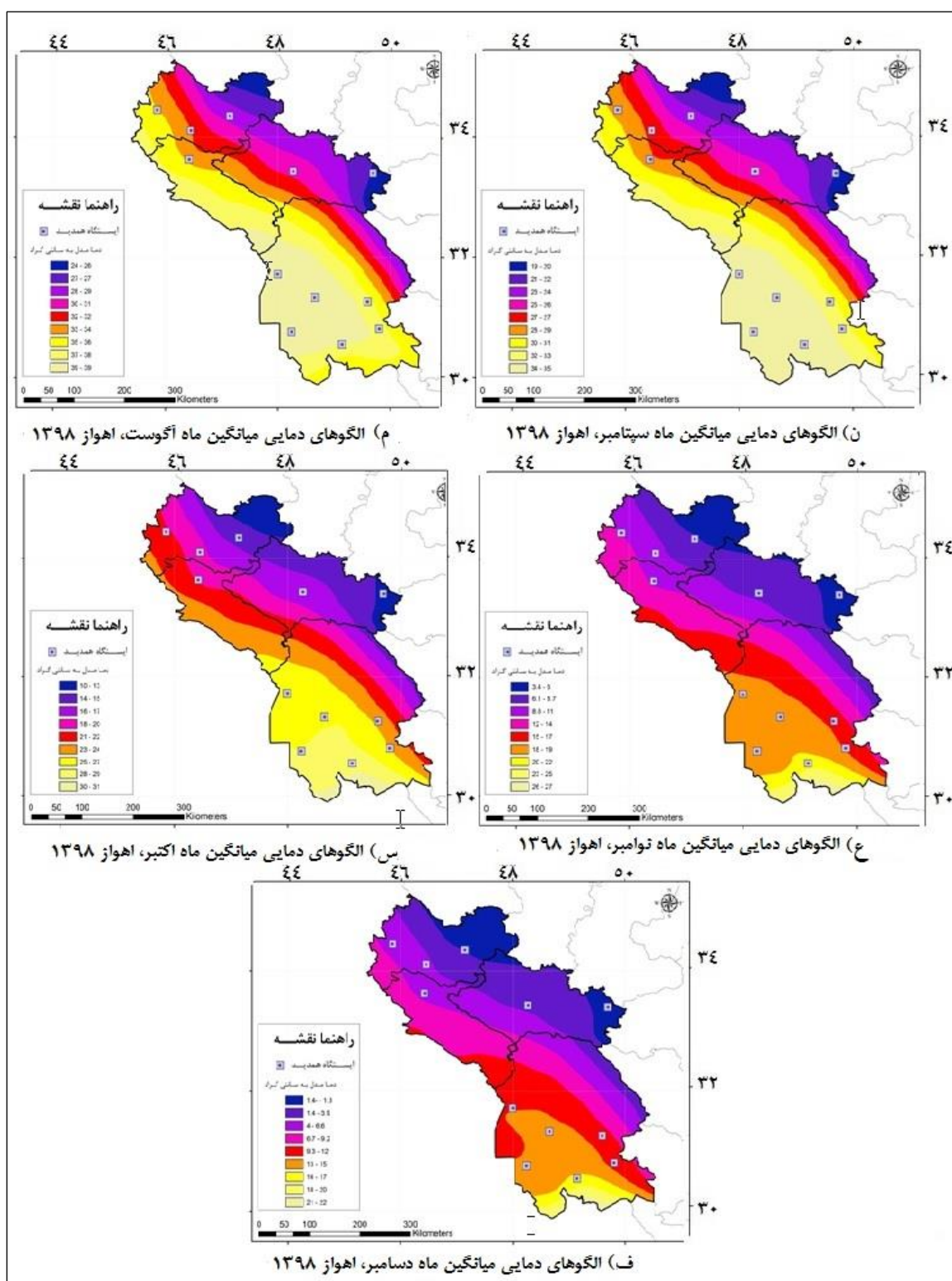
بیشینه دامنه دمایی در این ماه با ۳۹-۳۸ درجه سانتی گراد و سردترین طبقه دمایی (۲۵-۲۴ درجه سانتی گراد) و میانگین دمای منطقه ۳۲ درجه سانتی گراد و انحراف معیار ۴ مربوط به میانگین دمای شبیه سازی شده در ماه ژوئن در منطقه مورد مطالعه است (نقشه ی).

میانگین دمای شبیه سازی شده در ماه جولای نشان داد که بیشینه دامنه دمایی در این ماه با ۴۱-۴۰ درجه سانتی گراد و سردترین طبقه دمایی در ماه جولای (۲۸-۲۶ درجه سانتی گراد) می باشد. میانگین دمای منطقه ۳۵ درجه سانتی گراد است و انحراف معیار ۳/۹ می باشد (نقشه ل).





شکل ۵: میانگین الگوهای دمایی در ماه‌های مختلف منطقه مورد مطالعه.



شکل ۶: میانگین الگوهای دمایی در ماه‌های مختلف منطقه مورد مطالعه.

دمای میانگین فصلی و سالانه در شکل ۷ آورده شده است. بر اساس نمودار (الف) بالاترین دما در بازه زمانی سالانه مربوط به بندر ماهشهر با ۲۶/۲۵ سانتی گراد و کمترین دما نیز متعلق به الیگودرز با ۱۲/۵۶ سانتی گراد است. دما میانگین بهاره در ایستگاه‌های مورد مطالعه مطابق نمودار (ب) نشان داد که بالاترین دما، مربوط به اهواز با ۳۳ سانتی گراد و کمترین دما نیز متعلق به الیگودرز با ۱۸/۸۱ سانتی گراد است. دمای میانگین تابستانه در نمودار (ج) مربوط به بستان با ۳۸ سانتی گراد و کمترین دما نیز متعلق به الیگودرز با ۲۴/۴ سانتی گراد است.

با توجه به نمودار (ه) بالاترین دمای میانگین پائیزه نیز مربوط به بندر ماهشهر با ۲۴/۵ سانتی گراد و کمترین دما نیز متعلق به الیگودرز با ۹/۵ سانتی گراد است. دمای میانگین زمستانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه در نمودار (و) نشان می‌دهد که بالاترین دما مربوط به بندر ماهشهر با ۱۶ درجه سانتی گراد و کمترین دما نیز متعلق به الیگودرز با ۱ درجه سانتی گراد است.

بالاترین دما مربوط به بندر ماهشهر با ۱۳/۳۳ درجه سانتی گراد و کمترین دما نیز متعلق به الیگودرز با ۱/۶- درجه سانتی گراد است (نمودار ز). در شکل ۸ نمودار (ح) بالاترین دما را مربوط به بندر ماهشهر با ۱۵/۲ درجه سانتی گراد و کمترین دما نیز متعلق به الیگودرز با ۰/۲ درجه سانتی گراد نشان می‌دهد. همچنین دمای میانگین ماه مارس در نمودار (ط) آورده شده است. بر اساس این شکل، بالاترین دما مربوط به آبادان با ۱۹/۵ درجه سانتی گراد و کمترین دما نیز متعلق به الیگودرز با ۵ درجه سانتی گراد است.

همان‌طور که از نمودار (ی) استنباط می‌شود بالاترین دما مربوط به آبادان با ۲۶/۷ درجه سانتی گراد و کمترین دما نیز متعلق به الیگودرز با ۱۱/۴۷ درجه سانتی گراد است. شکل (ک) حاکی از این است که بالاترین دما مربوط به اهواز با ۳۴ درجه سانتی گراد و کمترین دما نیز متعلق به الیگودرز با ۱۹/۶۵ درجه سانتی گراد است.

همچنین دمای میانگین ماه ژوئن در شکل (ل) آورده شده است. بالاترین دما مربوط به بستان با ۳۸/۳۵ درجه سانتی گراد و کمترین دما نیز متعلق به الیگودرز با ۲۵/۳۱ درجه سانتی گراد است.

الگوهای دمایی کاملاً بر توپوگرافی منطقه مورد مطالعه منطبق است. مشخصات آماری الگوهای دمایی در نشان داده شده است. دمای میانگین ماه جولای در نمودار (م) نشان داد که بالاترین دما مربوط به بستان با ۴۰/۸ درجه سانتی گراد و کمترین دما نیز متعلق به الیگودرز با ۲۷/۶۲ درجه سانتی گراد است.

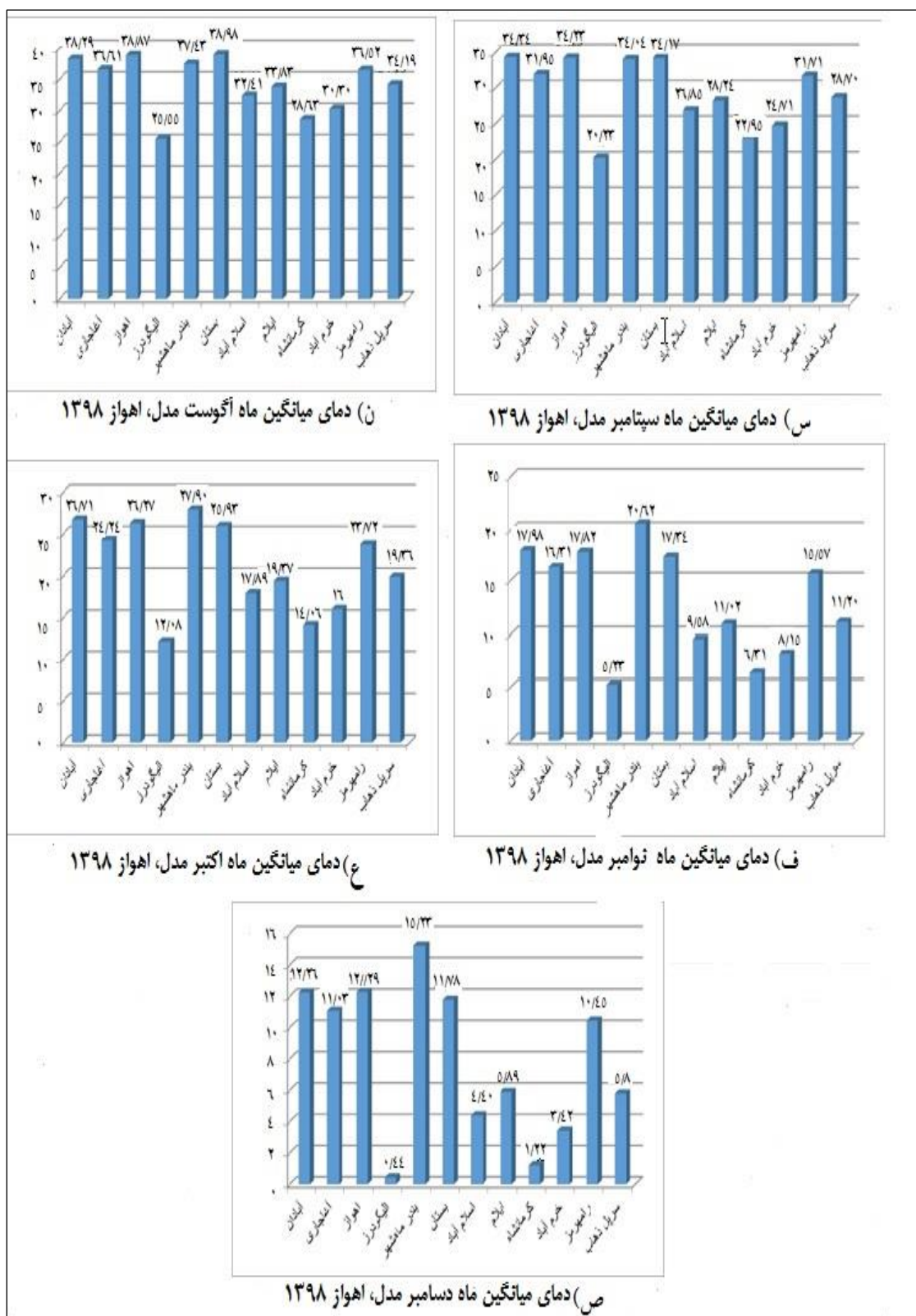
آنچه از شکل ۹ استنباط می‌شود بالاترین دما مربوط به بستان با ۴۰ درجه سانتی گراد و کمترین دما نیز متعلق به الیگودرز با ۲۵/۵۵ درجه سانتی گراد بوده که مربوط به ماه آگوست می‌باشد در نمودار (ن) آورده شده است. دمای میانگین ماه سپتامبر در نمودار (س) نشان داد که بالاترین دما مربوط به آبادان با ۳۴/۳۷ درجه سانتی گراد و کمترین دما نیز متعلق به الیگودرز با ۲۰/۲۳ درجه سانتی گراد است.

بر اساس نمودار (ع)، بالاترین دما مربوط به بندر ماهشهر با ۲۷/۰۹ درجه سانتی گراد و کمترین دما نیز متعلق به الیگودرز با ۱۲/۰۸ درجه سانتی گراد در ماه اکتبر است. دمای میانگین ماه نوامبر در ایستگاه‌های مورد مطالعه نیز در نمودار (ف) آورده شده است. بر اساس این شکل، بالاترین دما مربوط به بندر ماهشهر با ۲۰/۶۲ درجه سانتی گراد و کمترین دما نیز متعلق به الیگودرز با ۵/۲۳ درجه سانتی گراد است.

نمودار (ص) نیز حاکی است که بالاترین دما مربوط به بندر ماهشهر با ۱۵/۲۳ درجه سانتی گراد و کمترین دما نیز متعلق به الیگودرز با ۰/۴۴ درجه سانتی گراد مربوط به ماه دسامبر است.

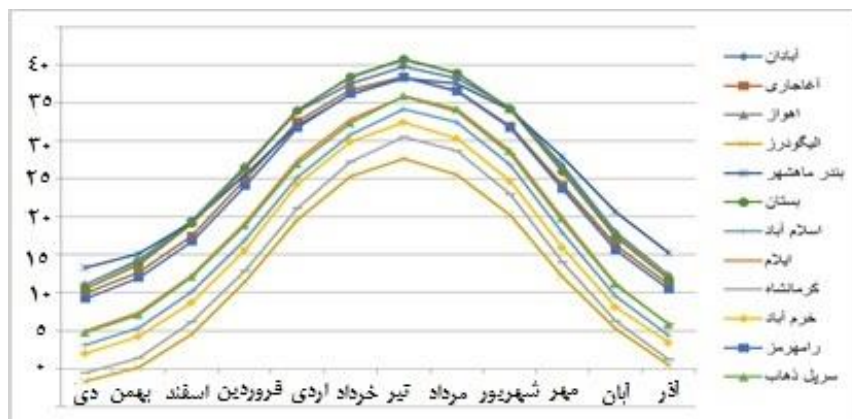


شکل ۸: نمودارهای دمای میانگین مدل در ماه‌های مختلف منطقه مورد مطالعه.

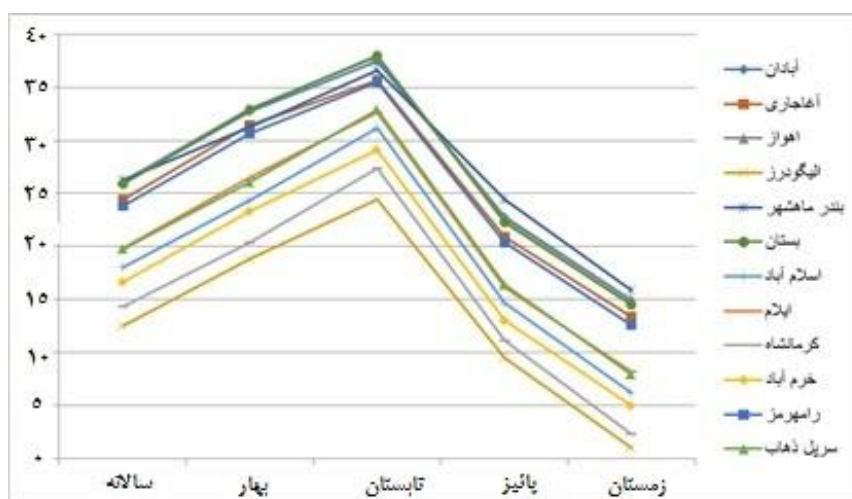


شکل ۹: نمودار دمای میانگین مدل در ماه‌های مختلف منطقه مورد مطالعه.

مقادیر دما در ماه‌های مختلف در کل ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه در ۱۰ نشان داده شده است. بر اساس این شکل ماه جولای در تمامی ایستگاه‌ها بالاترین مقدار دما و ماه ژانویه نیز کمترین مقدار دما محاسبه شده است. همچنین مقادیر دما در فصول چهارگانه و بازه زمانی سالانه در کل ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه در شکل ۱۱ قابل مشاهده است.

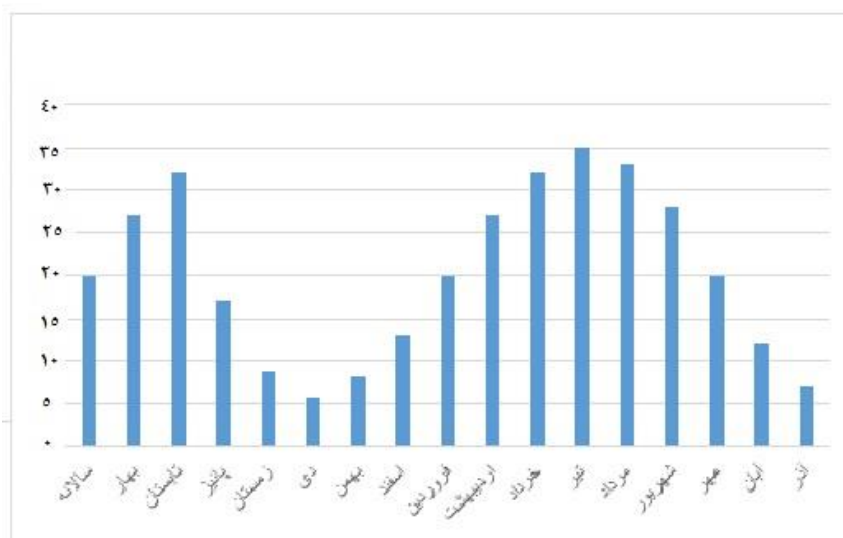


شکل ۱۰: مقادیر دما در ماه‌های مختلف در ایستگاه‌های مناطق مورد مطالعه (اهواز، ۱۳۹۸).



شکل ۱۱: مقادیر دما در فصول چهارگانه و سالانه در کل ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه (اهواز، ۱۳۹۸).

بر اساس شکل ۱۲ فصل تابستان گرم‌ترین فصل و سپس فصل بهار و پس از آن فصل پاییز و زمستان کمترین مقادیر دما را به خود اختصاص داده‌اند. میانگین کل ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه نیز به صورت ماهانه، فصلی و سالانه نشان داده شده است.



شکل ۱۲: میانگین دما در کل ایستگاه‌ها منطقه مورد مطالعه (اهواز، ۱۳۹۸).

جدول ۲: مشخصات آماری الگوهای دمایی استخراجی از مدل (اهواز، ۱۳۹۸).

ردیف	بازه زمانی	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
۱	سالانه	۱۱	۲۷	۲۰	۴/۵
۲	بهار	۱۷	۳۳	۲۷	۴/۶
۳	تابستان	۲۳	۳۸	۳۲	۴/۱
۴	پائیز	۷/۷	۲۹	۱۷	۴/۷
۵	زمستان	-۱/۲	۱۷	۸/۸	۴/۸
۶	ژانویه	-۳/۴	۱۸	۵/۷	۴/۶
۷	فوریه	-۲/۳	۱۶	۸/۱	۴/۹
۸	مارس	۲/۱	۲۰	۱۳	۴/۹
۹	آوریل	۹	۲۷	۲۰	۵
۱۰	می	۱۷	۳۴	۲۷	۴/۷
۱۱	ژوئن	۲۴	۳۹	۳۲	۴
۱۲	جولای	۲۶	۴۱	۳۵	۳/۹
۱۳	اگوست	۲۴	۳۹	۳۳	۴
۱۴	سپتامبر	۱۹	۳۵	۲۸	۴/۵
۱۵	اکتبر	۱۰	۳۱	۲۰	۴/۹
۱۶	نوامبر	۳/۴	۲۷	۱۲	۴/۸
۱۷	دسامبر	-۱/۴	۲۲	۷/۱	۴/۶

بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق به بررسی الگوهای مکانی- زمانی فراسنج شبیه‌سازی شده دما و خروجی مدل گردش عمومی جو در قالب‌های زمانی سالانه، فصلی و ماهانه در منطقه مورد مطالعه پرداخته شد. بر اساس نتایج حاصله بیشینه دامنه دمایی با ۲۶-۲۷ درجه سانتی‌گراد در نواحی جنوبی و شرقی استان خوزستان مشاهده شد. سردترین طبقه دمایی (۱۱-۱۲ درجه سانتی‌گراد) بر نواحی کوهستانی شمال غرب استان کرمانشاه و غرب لرستان انطباق داشت. میانگین دمای منطقه مورد مطالعه ۲۰ درجه سانتی‌گراد و انحراف معیار ۴/۵ بود.

عباسی‌نیا و همکاران (۱۳۹۶) در اظهارنظری مشابه با نتایج فعلی، ارتباط اثر کاهش ارتفاع در جنوب ایران را با کاهش دما نشان داد. خورشیددوست و همکاران (۱۳۹۶) در اظهارنظری متفاوت از نتایج فعلی، عامل فرونشینی هوا و گرم شدن آن به‌صورت آدیاباتیک را عامل گرم شدن و ورود آن از عربستان و آفریقا به ایران می‌داند (کمانگر و همکاران، ۱۳۹۷؛ ۲۰۱۸، Panagoulia and Vlahogianni).

در مطالعه‌ای مشابه از نتایج فعلی نشان دادند نوسانات دمایی ناشی از الگوهای بزرگ‌مقیاس سالانه غرب ایران است. ساری‌صراف و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای مشابه دریافت که به دلیل تأثیرپذیری الگوهای دمایی با طبقات ارتفاعی، دلیل الگوهای مکانی نسبتاً یکسان در بازه‌های زمانی متفاوت است. تشابه نتایج این مطالعه با سایر پژوهش‌های مشابه (Yue and Hashino, ۲۰۰۳؛ Tatli et al., ۲۰۰۴) نشان داد افزایش دما ارتباط مستقیم با گردش بزرگ‌مقیاس دمایی بالای جو دارد. Zachariadis و Hadjinicolaou (۲۰۱۴) و Biktash (۲۰۱۷) در اظهارنظری مشابه از نتایج فعلی افزایش دما را ناشی از گرمایش جهانی و تغییرات انرژی می‌دانند. این اختلاف نظر در گرم شدن اقلیمی ارتباط نزدیک با تغییر کاربری اراضی دارد که در هر منطقه‌ای می‌تواند حاکم باشد (Gao and Liu, ۲۰۱۱).

تشابه نتایج این مطالعه در اثرات منفی افزایش دما بر تغییر کاربری اراضی با سایر پژوهش‌های مشابه (امیری و همکاران، ۱۳۹۹؛ رحیمی و همکاران، ۱۳۹۹؛ جهانی شکیب و همکاران، ۱۳۹۳؛ عطایی و همکاران، ۱۳۹۲) نشان داد بین افزایش متغیرهای اقلیمی و تشدید خشک‌سالی و تغییر میزان آب و وسعت تالاب‌ها و دریاچه‌ها، رابطه وجود دارد.

طباطبائیان و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه‌ای مشابه دریافتند که دما بهتر از بارش با شاخص‌های چرخندگی واکنش نشان می‌دهد. صلاحی و همکاران (۱۳۹۶)، فلاح و همکاران (۱۳۹۸)، خلیلی و همکاران (۱۳۹۵) و کامیار و همکاران (۱۳۹۷) در اظهارنظری متفاوت در پیش‌بینی تغییر پارامترهای اقلیمی، روش Lars WG را بهتر و موفق‌تر از روش مورد بررسی در این تحقیق، ارزیابی نمودند.

این تحقیق نشان داد که الگوهای دمایی حاکم در مقطع زمانی سالانه کاملاً بر توپوگرافی منطقه مورد مطالعه منطبق است که نشان‌دهنده تأثیر قوی ارتفاع بر دما می‌باشد. بالاترین میانگین دمای شبیه‌سازی شده در مقطع زمانی سالانه، مربوط به ایستگاه بندر ماهشهر با ۲۶/۲۵ سانتی‌گراد و کمترین دما نیز متعلق به ایگودرز با ۱۲/۵۶ سانتی‌گراد است. در تمامی مقاطع زمانی (سالانه، بهاره، تابستانه، پاییزه و زمستانه) ایستگاه ایگودرز از کمترین دما در بین ایستگاه‌ها برخوردار بوده است و بندر ماهشهر هم بالاترین دما را به‌جز در مقطع زمانی تابستان که مربوط به ایستگاه بستان می‌باشد به خود اختصاص داده است.

آنچه در زمینه‌ی این تحقیق انجام‌نشده بود به‌کارگیری ریزمقیاس نمایی مدل LARS-WG بود که به پیش‌بینی نوسان‌های دمایی می‌پردازند و آنچه در مراحل بعدی بایستی مدنظر قرار گیرد، استفاده و مقایسه روش‌های فنون چند متغیره، بررسی کارایی مدل SDSM، شاخص‌های ماهانه چرخندگی و مدل ClimGen در تولید سری‌های زمانی درجه حرارت در منطقه مورد مطالعه به‌صورت ترکیبی است.

نتیجه کلی این تحقیق نشان داد که سردترین طبقات دمایی در همه‌ماه‌ها بر نواحی کوهستانی شمال غرب استان کرمانشاه و غرب لرستان انطباق دارد. بیشینه دامنه دمایی در اکثر ماه‌های سال منطقه مورد مطالعه، در نواحی جنوبی و شرقی و ساحلی استان خوزستان قابل مشاهده است. بر اساس شکل ۱۰ ماه جولای در تمامی ایستگاه‌ها بالاترین مقدار دما و ماه ژانویه نیز کمترین مقدار دما محاسبه شده است. بر اساس شکل ۱۱ در فصول چهارگانه نیز الگوهای دمایی کاملاً بر توپوگرافی منطقه مورد مطالعه منطبق بوده و فصل تابستان گرم‌ترین فصل و سپس فصل بهار و پس‌از آن فصل پاییز و زمستان کمترین مقادیر دما را به خود اختصاص داده‌اند.

پیشنهاد می‌شود در این زمینه از داده‌های سنجش‌ازدور برای مطالعات تکمیلی بهره گرفته شود و روش‌های مقابله با مخاطره تغییر الگوی آب‌وهوایی این مناطق، دقیقاً شناسایی گردد. همچنین با جلوگیری از تغییر کاربری اراضی و کاهش گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های زیست‌محیطی در مناطق مورد مطالعه، می‌توان در جهت کاهش انرژی مصرفی برای خنک نمودن اماکن غرب کشور اقدام لازم انجام داد.

منابع

- آبکار، ع.، حبیب‌نژادروشن، م.، سلیمانی، ک. و نقوی، ه.، ۱۳۹۲. بررسی میزان کارایی مدل SDSM در شبیه‌سازی شاخص‌های دمایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، ۴ (۲): صفحات ۱۷-۱.
- احمدی، م.، لشکری، ح.، آزادی، م. و کیخسروی، ق.، ۱۳۹۴. آشکارسازی تغییر اقلیم با استفاده از شاخص‌های حدی بارش در خراسان بزرگ، پژوهش‌های دانش زمین، سال ششم، شماره ۲۳، صفحات ۵۲-۳۴.
- اسدی، ا. و حیدری، ع.، ۱۳۹۰. تحلیل تغییرات سری‌های دما و بارش شیراز طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۵۱، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۱، صفحات ۱۵۲-۱۳۷.
- امیری، خ.، سید کابلی، ح. و محمدی‌کهن، ف.، ۱۳۹۹. مطالعه و پایش تغییرات سطح آب و تأثیرات آن بر دمای سطح تالاب با استفاده از شاخص‌های NDWI و MNDWI و AWEI مطالعه موردی: تالاب‌های شادگان و هورالعظیم. فصلنامه علمی پژوهشی علوم مهندسی آبیاری، دانشگاه شهید چمران اهواز، انتشار آنلاین.
- جهانگیر، م. ح.، نوروزی، ا. و یاراحمدی، ی.، ۱۳۹۷. بررسی روند تغییرات پارامترهای اقلیمی بروجرد در ۲۰ سال آتی با استفاده از مدل HADCM3. فصلنامه اکو هیدرولوژی، دانشگاه تهران، دوره ۵، شماره ۴، صفحات ۱۳۵۳-۱۳۴۵.
- جهانی شکیب، ف.، ملک محمدی، ب. و یاوی، ا. ر.، شریفی، ی.، عادل، ف.، ۱۳۹۳. ارزیابی روند تغییرات کاربری زمین و تغییر اقلیم در سیمای سرزمین تالاب چقاخور با تأکید بر آثار محیط زمینی. مجله محیط‌شناسی، دانشگاه تهران، دوره ۴۰، شماره ۳، صفحات ۶۴۳-۳۱.
- خلیلی، ن.، داوری، ک.، علیزاده، ا.، انصاری، ح.، رضایی، ح.، کافی، م. و قهرمان، ب.، ۱۳۹۵. ارزیابی عملکرد دو مدل LARS-WG و ClimGen در تولید سری‌های زمانی بارش و درجه حرارت در ایستگاه تحقیقات دیم سیسپ، خراسان شمالی، نشریه آب‌و خاک، شماره ۳۰ (۱)، صفحات ۳۳۳-۳۲۲.
- خورشیددوست، ع. م.، زنگنه، س.، زارعی، ی. و محمودی، س.، ۱۳۹۶. تحلیل همبستگی مخاطره امواج گرما در شمال غرب ایران، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لارستان، سال دهم، شماره ۳۷، صفحات ۱۴-۱.
- سازی صراف، ب.، رضایی بنفشه، م.، رستم زاده، ه. و محمودی، س.، ۱۳۹۸. بررسی شبیه‌سازی الگوهای دمایی استان مرکزی بر اساس مدل ترکیبی گردش عمومی، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لارستان، دوره ۱۲، شماره ۴۶، صفحات ۸۲-۶۶.
- رحیمی، م.، شکوهی رازی، ک. و ذوالفقاری، ع. ا.، ۱۳۹۹. بررسی روند متغیرهای آب و هواشناختی حوضه هیرمند و تأثیر آن بر تخریب زمین در دشت سیستان. نشریه علمی پژوهش‌های حفاظت آب‌و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دوره ۲۷، شماره ۳، صفحات ۲۲۸-۲۱۳.
- صلاحی، ب.، گودرزی، م. و و، س.، ۱۳۹۶. پیش‌بینی تغییر پارامترهای اقلیمی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، دوره ۱۱، شماره ۳۷، صفحات ۵۶-۴۷.
- طباطبائی، ع.، پیشوایی، م. ر. و محمودی، پ.، ۱۳۹۷. ایجاد شاخص‌های ماهانه چرخندگی بر اساس گردش جوی منطقه‌ای در جنوب ایران، نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، سال نهم، شماره ۳۵، صفحات ۴۰-۱۹.
- عباس‌نیا، م.، طاووسی، ت. و خسروی، م.، ۱۳۹۶. بررسی ارزیابی جامع تغییرات فصلی دمای ایران طی دوره گرم سال بر اساس مدل‌های گردش عمومی جو، مجله آمایش جغرافیایی فضا، دوره ۷، شماره ۲۵، صفحات ۱۳۴-۱۲۱.
- عسکری‌زاده، س. م.، مظفری، غ. و مزیدی، ا.، ۱۳۹۵. پیش‌بینی نوسانات نمایه‌های حدی بارش در شهر سبزوار با استفاده از ریزمقیاس نمای مدل LARS-WG برای دو دوره آتی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ و ۲۰۶۵-۲۰۴۶. جغرافیا طبیعی، دوره ۹، شماره ۳۴، صفحات ۸۲-۶۳.
- عطایی، ه.، فنایی، راضیه.، ۱۳۹۲. شناسایی روند تغییرات ماهانه و سالانه متوسط دمای حوضه آبریز گاوخونی. فصلنامه علمی پژوهشی اکو بیولوژیکی تالاب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، سال پنجم، شماره ۱۷، صفحات ۴۶-۳۱.

- فلاح‌قالهری، غ. ع.، یوسفی، ح.، حسین‌زاده، ا.، علیمردی، م. و ریحانی، ا.، ۱۳۹۸. ارزیابی تغییر اقلیم بجنورد طی دوره ۲۰۱۶-۲۰۵۰ با استفاده از LARS WG و SDSM مدل‌های ریزمقیاس نمایی، فصلنامه اکو هیدرولوژی، دانشگاه تهران، دوره ۶، شماره ۱، صفحات ۹۹-۱۰۹.
- کامیار، ا.، یزدان‌پناه، ح. و موحدی، س.، ۱۳۹۷. ارزیابی دقت خروجی مدل‌های منطقه‌ای آب‌وهوا در ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران، دوره ۵۰، شماره ۱، صفحات ۱۷۶-۱۶۱.
- کمانگر، م.، حجازی‌زاده، ز. و کربلایی، ع.، ۱۳۹۷. بررسی واکاری روند دمای و تحلیل چرخه‌های میانگین دمای سالانه غرب ایران، نشریه هواشناسی و علوم جو، جلد ۱، شماره ۳، صفحات ۲۵۷-۲۴۴.
- مسعودیان، س.، ۱۳۸۴. بررسی روند دمای ایران در نیم سده گذشته، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۴، صفحات ۴۵-۲۹.
- یوسفی، ح.، امینی، ل.، قاسمی، ل. و امرایی، ن.، ۱۳۹۷. بررسی کارایی مدل ریزمقیاس نمایی آماری (SDSM) در شبیه‌سازی و پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی (ایستگاه کرج)، فصلنامه اکو هیدرولوژی، دانشگاه تهران، دوره ۵، شماره ۳، صفحات ۹۶۸-۹۵۷.

Biktash, L., ۲۰۱۷. Long-term global temperature variations under total solar irradiance, cosmic rays, and volcanic activity. *Journal of Advanced Research, Department of Solar-Terrestrial Physics*, ۸ (۴): ۳۲۹-۳۳۲.

Christensen, O. B. and Kjellström, E., ۲۰۲۰. Partitioning uncertainty components of mean climate and climate change in a large ensemble of European regional climate model projections. *Climate Dynamics journal*, (۵۴): ۴۲۹۳-۴۳۰۸.

Dixit, P. and Chen, N., ۲۰۱۰. Farm-scale zoning of extreme temperatures in Southern, Mallee, Victoria, Australia. *Journal of Biosystems Engineering*, ۱۰۵ (۲): ۱۹۸-۲۰۴.

Feron, S., Cordero, R. R., Damiani, A., Llanillo, P. J., Jorquera, J., Sepulveda, E., Asencio, V., Laroze, D., Labbe, F., Carrasco, J. and Torres, G., ۲۰۱۹. observations and Projections of Heat Waves in South America *Scientific Reports*, ۰۳ Jun, ۹(۱):۸۱۷۳.

Gao, J. and Liu, Y., ۲۰۱۱. Climate warming and land use change in Heilongjiang Province, Northeast China. *Applied Geography*, ۳۱(۲): ۴۷۶-۴۸۲.

Matte, D., Dahl Larsen, M. A., Christensen, O. B. and Christensen, J. H., ۲۰۱۹. Robustness and Scalability of Regional Climate Projections Over Europe, *Environ. Sci.*, <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00163>.

Navarro-Racines, C., Tarapues, J., Thornton, P., Jarvis, A. and Ramirez-Villegas, J., ۲۰۲۰. High-resolution and bias-corrected CMIP۵ projections for climate change impact assessments, *scientific data journal*, Published online ۲۰۲۰ Jan ۲۰. doi: ۱۰.۱۰۳۸/s4۱۵۹۷-۰۱۹-۰۳۴۳-۸, ۷: ۷.

Osborn, T. J., Wallace, C. J., Harris, I. C. and Melvin, T. M., ۲۰۱۶. Pattern scaling using ClimGen: monthly-resolution future climate scenarios including changes in the variability of precipitation. *Climatic Change*, ۱۳۴(۳): ۳۵۳-۳۶۹.

Panagoulia, D. and Vlahogianni, E. I., ۲۰۱۸. Recurrence quantification analysis of extremes of maximum and minimum temperature patterns for different climate scenarios in the Mesochora catchment in Central-Western Greece. *Journal Atmospheric research*, ۲۰۵: ۳۳-۴۷.

Rana, A., Nikulin, G., Kjellström, E., Strandberg, G., Kupiainen, M., Hansson, U. and Kolax, M., ۲۰۲۰. Contrasting regional and global climate simulations over South Asia, *climate Dynamics journal*, (۵۴): ۲۸۸۳-۲۹۰۱.

Roeckner, E., Bäuml, G., Bonaventura, L., Brokopf, R., Esch, M., Giorgetta, M., Hagemann, S., Kirchner, I., Kornblueh, L., Manzini, E., Schlese, U. and Schulzweida, U., ۲۰۰۳. The atmospheric general circulation model ECHAM ۵. PART I: Model description.

Stafford, J. M., Wendler, G. and Curtis, J., ۲۰۰۰. Temperature and precipitation of Alaska: ۵۰ year trend analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, ۶۷(۱-۲): ۳۳-۴۴.

Tatli, H., Nüzhet Dalfes, H. and Sibel Menteş, Ş., ۲۰۰۴. A statistical downscaling method for monthly total precipitation over Turkey. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, ۲۴(۲): ۱۶۱-۱۸۰.

Yue, S. and Hashino, A. M., ۲۰۰۳. Temperature trends in Japan: ۱۹۰۰-۱۹۹۶. *Theoretical and Applied Climatology*, ۷۵(۱-۲): ۱۵-۲۷.

Zachariadis, T. and Hadjinicolaou, P., ۲۰۱۴. The effect of climate change on electricity needs—a case study from Mediterranean Europe. *Energy*, ۷۶: ۸۹۹-۹۱۰.