

## بررسی رخدادهای حدی دمایی در استان آذربایجان شرقی در دوره ۱۴۲۸-۱۳۸۸

فarnaz پوراصغر<sup>۱\*</sup>، مهدی اصلاحی<sup>۲</sup>، یونس اکبرزاده<sup>۳</sup>

۱ و ۲- دکترای آب و هواشناسی، گروه تحقیقات، اداره کل هواشناسی استان آذربایجان شرقی، تبریز

۳- دانشجوی دکترای آب و هواشناسی، گروه تحقیقات، اداره کل هواشناسی استان آذربایجان شرقی، تبریز

### چکیده

در مدیریت ریسک بلایا، شناخت، پیش‌بینی و پیش‌آگاهی وقوع آن نقش بسزایی در کاهش خسارات دارد. در سال‌های اخیر بررسی وقایع حدی اقلیمی به دلیل پیامدهای سنگین این پدیده‌ها بر بخش‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و کشاورزی در هر کشوری مورد توجه محققان قرار گرفته است. در این تحقیق رخدادهای حدی دمایی با روش آماری و ریز مقیاس نمایی در استان آذربایجان شرقی مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. با تقسیم‌بندی دوره‌ی آماری ۱۳۹۷-۱۳۴۵ به سه دوره‌ی ۱۰ ساله، روند موج گرما و سرما ارزیابی گردید. با توجه به تفاوت معنی‌دار دهه اخیر نسبت به دهه‌های گذشته، توزیع مکانی رخدادهای حدی موج گرما و سرما (تعداد، طول و شدت) برای دوره‌ی اخیر مطالعه شد. نتایج پهنه‌بندی نشان می‌دهد که رخداد موج گرما در دوره‌ی ۱۰ ساله اخیر در جنوب غرب، طول موج گرما در مناطق غرب و شدت موج گرما در مناطق شمالی استان از شدت بیشتری داشته‌اند. همچنین بررسی موج سرمایی نشان داد که تعداد رخداد سرما در شمال شرق، شرق و قسمتی از جنوب غرب، طول موج سرما در مناطق شمال شرق (منطقه‌ی ارسباران) و شمال (کناره‌ی رود ارس) و شدت موج سرما در مناطق شرق و شمال شرقی استان بیش از مناطق دیگر است. نتایج حاصل از سناریوهای تغییر اقلیم برای دوره‌ی اقلیمی ۲۰۲۰-۲۰۴۹ نشان داد که نواحی شمال غربی استان و نواحی مرکز استان افزایش دمای بین ۶-۵ درجه سانتیگراد و بقیه نواحی استان بین ۵/۳-۵ درجه سانتیگراد را در دوره گرم سال تجربه خواهند نمود که نشانگر افزایش رخداد موج گرمایی است. همچنین بر اساس پیش‌بینی اقلیمی در دوره‌ی ۲۰۲۰-۲۰۴۹ دمای حداقل در ماه‌های سرد سال در نواحی شرقی، جنوب شرقی و شمال غربی استان افزایش دمایی بین ۳-۲ درجه سانتیگراد و بقیه نواحی استان ۵/۰-۲ درجه سانتیگراد خواهند داشت.

**کلید واژه‌ها:** موج گرما، موج سرما، تغییر اقلیم، آذربایجان شرقی

## مقدمه

همکاران (۱۳۹۲) به شناسایی امواج گرمایی و ویژگی‌های آنها مانند فراوانی، شدت و تداوم آنها در ایران پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که موجهای گرمایی کوتاه رخداد بیشتری داشته است و تعداد امواج گرمایی پرتداوم کمتر رخ داده است. موجهای با تداوم بیشتر کم رخداد بوده ولی درصد بیشتری از مساحت ایران را در بر گرفته‌اند و موجهای کوتاه پرخداد بوده و در گستره‌ی کمتری از ایران اتفاق افتاده‌اند. در شمال و شمال‌غرب، مرکز ایران و سواحل جنوب رخداد موج گرما بیشتر بوده است. همچنین امواج گرم در دوره‌ی آماری روند افزایشی داشته و در سالهای اخیر، پرخدادتر بوده‌اند. یاراحمدی و همکاران (۱۳۹۸) با تحلیل آماری بی‌هنجاری دمای حداقل و حداکثر ایران در دوره سرد سال به منظور درک اثر تغییر اقلیم بر مناطق مختلف ایران پرداختند. بیشترین دمای حداکثر در دو دوره در نیمه جنوبی ثبت شده است که با کمترین ضریب تغییرات هماهنگ است. میانگین دمای حداکثر و حداقل ۳۰ ساله دوم (۱۳۸۹-۱۳۶۰) نسبت به ۳۰ ساله اول (۱۳۵۹-۱۳۳۰) و ۱۰ ساله آخر (۱۳۸۹-۱۳۸۰) نسبت به ۱۰ ساله اول (۱۳۶۹-۱۳۶۰) در اکثر ایستگاهها افزایش یافته است. بیشترین وقوع فراگیر امواج سرمایی در فصل پاییز و زمستان در دهه ۷۰ و ۸۰ بیشترین امواج گرمایی در دهه ۶۰ و ۲۰۰۰ رخ داده است. طبق نتایج آزمون من کندال در دمای حداقل طی پاییز و زمستان به ترتیب ۸ و ۴ ایستگاه روند کاهشی و مابقی روندی افزایشی داشته‌اند. دمای حداکثر پاییز، در ۳ ایستگاه روند کاهشی داشته و در زمستان همه مناطق با روند افزایشی مواجه بوده‌اند. در هر دو دوره حداقلها بیشتر از حداکثرها افزایش یافته و دامنه اختلاف دمای شبانه روزی کاهش یافته است. محمودی و همکاران (۱۳۹۵) گردش جوی منجر به یخبندانهای فراگیر در کشور را بررسی کردند. نتایج نشان داد که در دوره‌های همراه با حداکثر فراوانی روزهای همراه با یخبندانهای فراگیر، تقویت و گسترش نصف‌النهاری کم-فشار جنب قطبی باعث جابه‌جایی زبانه غربی پرفشار سیبری به سمت عرضهای جغرافیایی پایینتر می‌شود. این جابه‌جایی باعث استقرار یک پرفشار موضعی بر روی دریای مدیترانه می‌شود که گردش و اچرخندی این پرفشار علاوه بر ریزش هوای سرد بر روی نیمه غربی ایران، باعث عقب راندن زبانه‌ی نصف‌النهاری کم‌فشار موسمی سودان به سمت

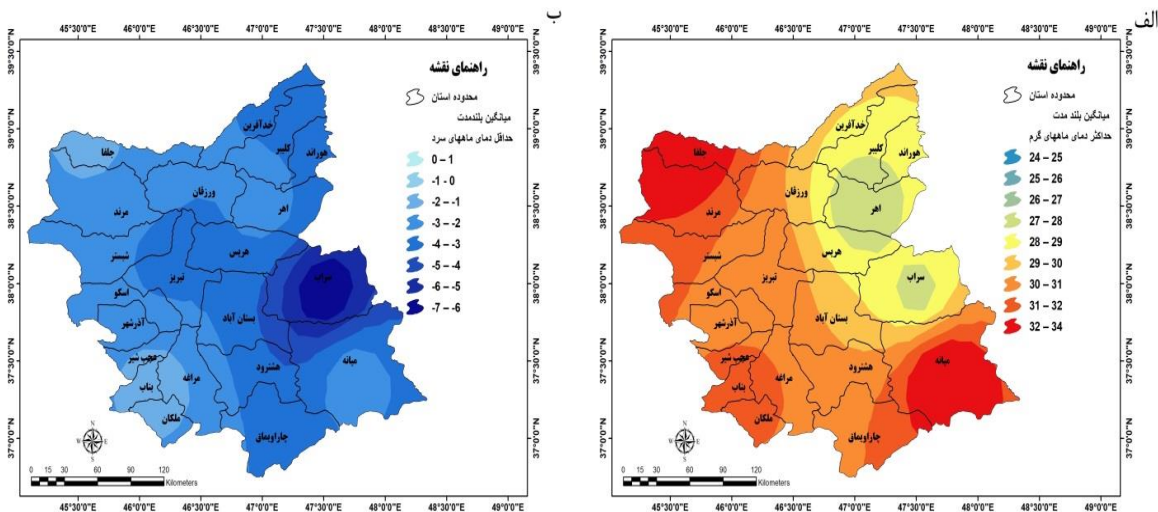
یکی از اثرات مهم گرمایش جهانی و تغییر اقلیم افزایش پدیده‌های حدی جوی است که از مهم‌ترین آنها می‌توان به تغییر ناگهانی دما، گرمای بیش از حد، سرمای غیرعادی، بارش‌های سنگین و سیل آسا، خشکسالی و گرد و غبار اشاره کرد. طبق تعریف سازمان هواشناسی جهانی، نمایه‌های حدی اقلیمی عبارتند از رخداد متغیرهای اقلیمی و آب و هوایی فراتر (یا فروتر) از یک حد آستانه در منطقه‌ای مشخص (IPCC, 2012). با توجه به اهمیت این پدیده‌ها هر ساله سازمان هواشناسی جهانی با همکاری سازمان اقیانوس‌شناسی و هواشناسی آمریکا گزارش جامعی از اقلیم کره زمین تهیه می‌کند. بیشترین اثرات مخرب تغییر اقلیم در مناطقی با اقلیم خشک و مدیترانه‌ای است که وابستگی زیادی به منابع آبی و وضعیت جوی دارد و کشور ایران از جمله‌ی این نوع مناطق است. تاکنون پژوهش‌های بسیاری در رابطه با رویدادهای حدی اقلیمی منطقه‌ای در جهان انجام شده است (Della-Marta et al 2007, Perkins and Alexander 2013) و نتایج نشان می‌دهد که افزایش امواج گرمایی ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای می‌باشد (Coumou and Robinson 2013, Purich et al 2014). پرکینز و همکاران (۲۰۱۲) روند و شدت امواج گرمایی را در کل جهان بررسی کردند. نتایج افزایش روند تواتر، شدت و طول امواج گرمایی را نشان می‌دهد. پرکینز و همکاران (۲۰۱۵) رابطه بین امواج گرمایی و دورپیوندها را برای بازه ۲۰۱۲-۱۹۱۱ در استرالیا را بررسی کردند و نشان دادند که انسو (ENSO) ارتباط قوی با امواج گرمایی منطقه مورد مطالعه دارد. سچرنی و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه‌ای به بررسی امواج گرمایی و سرمایی در سراسر آمریکای جنوبی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بسامد و شدت دوره‌های گرم بخصوص در ۱۰ سال اخیر افزایش یافته است؛ اما تغییرات قابل توجهی در امواج سرمایی ایجاد نشده است. مطالعاتی در خصوص تحلیل امواج گرمایی و سرمایی در کشور انجام شده است (قویدل و همکاران ۱۳۹۳، مجرد و همکاران ۱۳۹۴، قاسمی‌فر و ناصرپور ۱۳۹۵، جهانبخش و همکاران ۱۳۹۵، رحیمی و همکاران ۱۳۹۶، حاتمی و همکاران ۱۳۹۸، هوشیار و همکاران ۱۳۹۸) اسمعیل‌نژاد و

برای کاهش اثرات آن و همچنین شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در ارتباط با امواج گرمایی و سرمای است. لذا ضروری است که در مورد پدیده‌های حدی جوی بررسی‌های لازم صورت گیرد.

#### منطقه مورد مطالعه

استان آذربایجان شرقی در شمال غرب کشور و از نظر موقعیت جغرافیایی در محدوده ۴۵ درجه و ۷ دقیقه الی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه الی ۳۹ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. آب و هوای استان به طور کلی سرد و خشک است و به علت تنوع توپوگرافی از اقلیم‌های متفاوتی برخوردار است. این استان تحت تاثیر جریان‌های مرطوب دریای مدیترانه از سمت غرب و جنوب غربی قرار دارد و توده‌های هوای سرد سیبری نیز از شمال بر آب و هوای آن تاثیر می‌گذارد. میانگین بارندگی سالیانه ۲۵۰ الی ۳۰۰ میلی‌متر و میانگین دما ۱۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. شکل ۱ نقشه پهنه بندی میانگین دمای بلند مدت دوره گرم و سرد سال را نشان می‌دهد. میانگین دمای بلند مدت استان در دوره گرم سال (خرداد، تیر و مرداد) بین ۲۴-۳۴ درجه سانتی‌گراد و دوره سرد سال (آذر، دی، بهمن و اسفند) ۰-۷- درجه سانتی‌گراد است.

عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر می‌شود که نتیجه‌ی آن چیزی جز کاهش رطوبت و دما بر روی نیمه غربی ایران نیست. اصلاحی (۱۳۹۵) در پایان‌نامه‌ی خود ضمن ارزیابی عملکرد مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری، دمای و بارش را در منطقه شمال‌غرب ایران برای دوره‌های اقلیمی آتی با استفاده از مدل‌های تغییر اقلیم پیش‌بینی نمود. طبق این پژوهش، پیش‌نگری‌های آتی برای دوره‌ی آینده‌ی ۲۰۶۵-۲۰۴۶ طبق مدل‌های منتخب نشان می‌دهند که حداقل دما به‌طور میانگین در کل سال افزایش خواهد یافت به‌طوری‌که این افزایش در فصول سرد سال بیش از فصول گرم خواهد بود. همچنین برای دوره‌ی آتی در کلیه‌ی فصول حداکثر دما نیز افزایش خواهد یافت. همچنین حسینی بقانام و همکاران (۱۳۹۹) دما و بارش شمال‌غرب ایران را مورد ارزیابی تغییر اقلیم قرار دادند. نتایج نشان داد روند دما در دوره‌های اقلیمی آتی (۲۰۶۵-۲۰۴۶) ۱/۳-۰/۱ درجه، ۱/۷-۰/۳ درجه و ۲/۱-۰/۵ درجه به ترتیب طبق مدل‌های SDSM, LARS-WG و ANN افزایش خواهد یافت. در سال‌های اخیر بررسی وقایع حدی اقلیمی به دلیل پیامدهای سنگین این پدیده‌ها بر بخش‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و کشاورزی مورد توجه محققان و سیاستگذاران قرار گرفته است. کاهش پیامدهای ناشی از امواج گرمایی و سرمای در آینده، در گرو شناسایی سازوکار امواج گرمایی و سرمای، سامانه‌های هواشناسی ایجادکننده آنها، پیش‌بینی و بررسی راهکارهایی



## داده‌ها و روش کار

افزایش دمایی حداکثر نسبت به صدک ۹۵ درصد مقادیر بلند مدت بیش از ۵ روز در هر ایستگاه تعریف می‌گردد. طول موج گرمایی: تعداد روزهای همراه با موج گرما، شدت موج گرمایی: اختلاف دمایی میانگین حداکثر دوره گرمایی با بلندمدت در همان بازه زمانی برای هر ایستگاه، فراوانی موج سرما: موج سرما بر اساس کاهش شدید معنی‌دار دمایی حداقل نسبت به روز قبل تعریف می‌شود. صدک ۱ درصد مقادیر بلند مدت اختلاف حداقل دما نسبت به روز قبل به عنوان حد معنی‌دار موج سرما برای هر ایستگاه تعریف می‌شود. طول موج سرما: تعداد روزهای همراه با موج سرما، شدت موج سرما: حداکثر کاهش دما در طول دوره موج سرما منجر به دمایی زیر صفر برای هر ایستگاه (WMO 2016).

جهت مطالعه وقوع رخدادهای حدی دمایی از ۱۷ ایستگاه سینوپتیک هواشناسی استفاده شد. جدول (۱) مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک استان آذربایجان شرقی مورد مطالعه در تحقیق را نشان می‌دهد. از داده‌های روزانه ایستگاه سینوپتیک برای شناسایی رخدادهای حدی دمایی استفاده شده است. امواج گرمایی برای دوره گرم سال (ماه‌های خرداد، تیر و مرداد) و امواج سرمایی برای دوره سرد سال (ماه‌های آذر، دی، بهمن، اسفند) مطالعه شدند. امواج گرمایی و سرمایی بر اساس سه پارامتر، فراوانی، شدت و طول موج مورد ارزیابی قرار گرفتند که به شرح ذیل تعریف می‌گردند. فراوانی موج گرمایی: موج گرمایی بر اساس

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک آذربایجان شرقی

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	سال تاسیس
۱	تبریز	۴۶ ۱۷	۳۸ ۰۵	۱۳۶۴	۱۳۳۰
۲	اهر	۴۷ ۰۴	۳۸ ۲۶	۱۳۹۱	۱۳۴۳
۳	سراب	۴۷ ۲۳	۳۷ ۵۶	۱۶۸۲	۱۳۴۰
۴	جلفا	۴۵ ۳۶	۳۸ ۵۶	۷۳۶	۱۳۴۱
۵	میانه	۴۷ ۴۲	۳۷ ۲۷	۱۱۱۰	۱۳۴۵
۶	مراغه	۴۶ ۰۹	۳۷ ۲۰	۱۳۴۴	۱۳۴۰
۷	کلیبر	۴۷ ۰۱	۳۸ ۵۲	۱۲۱۰	۱۳۶۷
۸	مرند	۴۵ ۴۶	۳۸ ۲۶	۱۵۵۰	۱۳۷۷
۹	بناب	۴۶ ۰۴	۳۷ ۲۰	۱۲۹۰	۱۳۷۷
۱۰	سهند	۴۶ ۰۷	۳۷ ۵۶	۱۶۴۱	۱۳۶۹
۱۱	بستان آباد	۴۶ ۵۱	۳۷ ۵۱	۱۷۵۰	۱۳۸۳
۱۲	ملکان	۴۶ ۰۵	۳۷ ۰۹	۱۳۰۸	۱۳۸۴
۱۳	هریس	۴۷ ۰۶	۳۸ ۱۵	۱۹۵۰	۱۳۸۴
۱۴	عجب شیر	۴۵ ۵۱	۳۷ ۳۰	۱۳۱۱	۱۳۹۲
۱۵	ورزقان	۴۶ ۴۰	۳۸ ۳۰	۱۶۷۱	۱۳۹۲
۱۶	شبستر	۴۵ ۴۱	۳۸ ۱۱	۱۳۵۰	۱۳۹۲
۱۷	چاراویماق	۴۶ ۵۹	۳۷ ۰۸	۱۸۹۶	۱۳۹۳

آزمون ناپارامتری مقایسه‌ای من-وینتی استفاده شد. با توجه به نتایج حاصل شده نقشه پهنه‌بندی میانگین رخدادهای حدی دمایی برای استان ارائه گردید.

در ابتدا روند بلند مدت پارامترهای رخدادهای حدی موج گرما و سرما (تعداد، طول و شدت) برای ایستگاه‌های با داده‌های بلند مدت (ایستگاه‌های تبریز، اهر، جلفا، مراغه و سراب) بررسی شدند. برای مقایسه تغییرات بین دهه‌ای از

اقلیمی‌گردد. در هر نسخه از این سناریو، اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای بر اساس نقش آن بر سطح واداشت‌های تابشی به ۴ دسته ۸/۵، ۶، ۴/۵ و ۲/۶  $W/m^2$  تا پایان قرن ۲۱، طبقه‌بندی شده‌اند. در این تحقیق نتایج تغییرات دماهای بیشینه و کمینه به ترتیب برای دوره گرم و سرد سال بر اساس سناریوهای تغییر اقلیم تا سال ۲۰۴۹ مورد ارزیابی قرار گرفت. لازم بذکر است که برای افزایش دقت نقشه های پهنه بندی، ایستگاه‌های مجاور استان نیز مورد مطالعه قرار گرفته و پهنه بندی برای کل شمال غرب انجام گردید. نقشه های ارائه شده بر اساس منطقه مورد مطالعه (استان آذربایجان شرقی) ارائه شدند.

برای پیش‌نگری دمای کمینه و بیشینه از خروجی مدل گردش کلی CGCM4 تحت دو سناریوی واداشت تابشی RCP4.5 و RCP8.5 استفاده شده که توسط مدل SDSM ریزمقیاس شده است تا پیش‌نگری دقیق‌تری از دمای منطقه در ۳۰ سال آینده ۱۴۲۸-۱۳۹۸ (۲۰۱۹-۲۰۴۹) بدست آید. برای مدل‌بندی دمای کمینه و بیشینه، دوره‌ی ۱۳۸۴-۱۳۴۰ (۲۰۰۵-۱۹۶۱) به عنوان دوره‌ی پایه در نظر گرفته شده است. برای شبیه‌سازی دما از دوره‌ی ۱۳۵۴-۱۳۴۰ (۱۹۷۵-۱۹۶۱) به عنوان دوره‌ی واسنجی و دوره‌ی ۱۳۸۴-۱۳۵۵ (۱۹۷۶-۲۰۰۵) به عنوان دوره‌ی اعتبارسنجی مدل استفاده شده است. عناصر جوی بزرگ مقیاسی که در مدل‌بندی دمای بیشینه تأثیر زیادی داشته‌اند می‌توان به میانگین فشار سطح دریا (mslp)، تاوایی سطح ۵۰۰ میلی-باری (5\_zgl)، ارتفاع ۵۰۰ میلی‌باری (p500) و میانگین دمای سطح زمین (temp) اشاره کرد. برای دمای کمینه نیز می‌توان به پارامترهای بزرگ مقیاس میانگین فشار سطح-دریا (mslp)، ارتفاع ۵۰۰ میلی‌باری (p500)، رطوبت ویژه نزدیک سطح (shum) و مؤلفه سرعت نصف‌النهاری در سطح ۵۰۰ میلی‌باری (5\_vgl) اشاره کرد که در اکثر ایستگاهها این عناصر جوی بزرگ مقیاس تأثیر زیادی داشتند.

جدول (۲) مقادیر تغییرات بیان شده توسط پارامترهای بزرگ مقیاسی که تأثیر زیادی روی متغیر پیش‌بینی شونده‌ی دمای بیشینه و کمینه داشته‌اند برای نمونه برای ایستگاه تبریز نشان می‌دهد. عناصر جوی که بیشترین تأثیر را روی متغیر

برای پیش‌نگری احتمال رخداد حدی در سالهای آتی و شناسایی مناطق تحت تأثیر در استان با مدل ریزمقیاس‌نمایی SDSM اثرات تغییر اقلیم بر دماهای کمینه و بیشینه مورد ارزیابی قرار گرفت. این مدل ترکیبی از رگرسیون خطی و مولد تصادفی هواشناسی است. برای پارامتر دما (دمای کمینه و بیشینه) در گام اول مقدار برآورد شده‌ی دما در هر روز تعیین می‌شود. این را می‌توان با نمره‌ی  $Z$  به صورت زیر تعیین کرد:

$$Z_t = \beta_0 + \sum_{j=1}^n \beta_j \hat{u}_t^{(j)} + \varepsilon \quad (1)$$

که در رابطه‌ی فوق  $Z_t$  نمره‌ی  $Z$  در روز  $t$ ،  $\beta_j$  پارامتر رگرسیونی محاسبه شده هستند. به سادگی دما  $y_t$  در روز  $t$  را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$y_t = F^{-1}[\Phi(Z_t)] \quad (2)$$

که در رابطه‌ی فوق  $\Phi$  تابع توزیع تجمعی نرمال، و  $F$  تابع تجربی  $y_t$  است. یک تبدیل ریشه چهارم برای کنترل طبیعت چولگی توزیع بارش به کار می‌رود. در طی واسنجی مدل SDSM بعضی از پارامترها از قبیل آستانه پیشامد، اریب تصحیح شده، و تورم واریانس برای تعیین بهترین تطابق آماری بین متغیرهای اقلیمی مشاهده شده و شبیه‌سازی شده تعدیل می‌شوند. در نرم‌افزار مورد استفاده برای مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری (SDSM) داده‌های روزانه هواشناسی ایستگاه مورد نظر را به عنوان ورودی گرفته و در هفت مرحله خروجی مدل GCM را بر اساس داده‌های روزانه در منطقه‌ی مورد نظر ریزمقیاس می‌نماید. این هفت مرحله عبارتند از: ۱. کنترل کیفی و تبدیل داده‌ها، ۲. بررسی و انتخاب متغیرهای پیش‌بینی‌کننده، ۳. برازش مدل، ۴. تولید داده‌های آب و هوایی، ۵. تحلیل و تولید شاخص‌های آماری داده‌ها، ۶. تحلیل فراوانی و نموداری و ۷. تولید سناریو. مدل‌های اقلیمی از نتایج سناریوهای RCPS برای نشان دادن غلظت و انتشار گازهای گلخانه‌ای و میزان آلودگی‌ها و تغییرات کاربری اراضی استفاده می‌کنند. سناریوی خانواده‌ی RCP شامل ۴ سناریوی مختلف است که این سناریوها عبارتند از: ۸/۵، ۶، ۴/۵ و ۲/۶ که بر اساس مشخصات متفاوت سطح تکنولوژی، وضعیت اجتماعی و اقتصادی، خط‌مشی‌ها در آینده است که در هر شرایط می‌توان منجر به سطح انتشار متفاوت گلخانه‌ای و تغییرات

پیش بینی شونده به ترتیب برای دمای بیشینه، میانگین دمای ۲ متری سطح زمین و ارتفاع ۵۰۰ میلی باری و برای دمای کمینه رطوبت ویژه، ارتفاع ۵۰۰ میلی باری و میانگین فشار

سطح دریا هستند. مقادیر همبستگی کلی و جزئی هر یک از این عناصر جوی نیز به همراه P\_Value آنها نشان دهنده معنی داری همبستگی جزئی این عناصر است

جدول ۲- خروجی مدل SDSM برای مقادیر تغییرات بیان شده (واریانس) توسط عناصر جوی بزرگ مقیاس برای حداقل و حداکثر

دمای ایستگاه تبریز در هرماه و مقادیر همبستگی جزئی آنها برای دوره‌ی واسنجی ۱۹۶۱-۱۹۷۵

کمینه دما				بیشینه دما				عناصر جوی پیش‌بینی شونده
میانگین دمای سطح زمین	ارتفاع ۵۰۰ میلی باری	تاوایی ۵۰۰ میلی باری	فشار سطح دریا	میانگین دمای سطح زمین	ارتفاع ۵۰۰ میلی باری	تاوایی ۵۰۰ میلی باری	فشار سطح دریا	عناصر جوی بزرگ مقیاس
								ماه
0/479	0/04	0/134	0/191	0/413	0/045	----	0/203	ژانویه
0/502	0/012	0/082	0/325	0/432	0/096	0/012	0/202	فوریه
0/571	0/055	0/2	0/32	0/499	0/309	0/119	0/089	مارس
0/483	0/236	0/17	0/028	0/466	0/639	0/308	0/033	آوریل
0/209	0/292	0/113	0/022	0/695	0/537	0/223	----	مه
----	0/384	0/095	0/072	0/749	0/509	0/357	0/075	ژوئن
0/055	0/317	0/037	----	0/569	0/345	0/384	0/021	ژوئیه
----	0/143	0/046	0/071	0/523	0/225	0/325	0/113	اوت
----	0/146	0/072	0/154	0/6	0/366	0/242	0/105	سپتامبر
0/063	0/137	0/026	0/11	0/52	0/475	0/137	----	اکتبر
0/359	0/04	0/229	0/209	0/643	0/331	0/139	0/07	نوامبر
0/511	----	0/102	0/352	0/58	0/114	0/046	0/233	دسامبر
0/781	0/825	0/326	-0/753	0/963	0/875	-0/233	-0/713	همبستگی
0/102	0/816	0/081	-0/668	0/346	0/316	0/108	-0/236	همبستگی جزئی
0/000	0/000	0/000	0/000	0/000	0/000	0/000	0/000	P value

## نتایج

در ابتدا روند بلندمدت پارامترهای رخدادهای حدی موج-گرما و سرما (تعداد، طول و شدت) برای ایستگاه‌های با داده‌های بلند مدت (ایستگاه‌های تبریز، اهر، جلفا، مراغه و سراب) بررسی شدند. نتایج بررسی برای کل ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد که روند کلی موج گرما در این ایستگاه‌ها صعودی بوده است.

برای نمونه شکل ۲ روند تعداد، طول و شدت موج گرما را برای ایستگاه تبریز (با بیشترین دوره آماری) نشان می‌دهد. برای بررسی دقیقتر این روندها دوره آماری ۱۳۹۷-۱۳۴۵ به سه دوره ۱۰ ساله و یک دوره ۱۳ ساله (دوره آخر) تقسیم شده است. جدول (۳) نتایج آزمون من-ویتنی که مقایسه دهه اخیر (۱۳۸۵-۱۳۹۷) با چهار دهه قبل را نشان می‌دهد. طبق این جدول برای ایستگاه تبریز دوره ی ۱۳۹۷-۱۳۸۵ برای دو

شاخص تعداد و طول موج گرما با همه چهار دهه قبل تفاوت معنی دار دارد ولی برای شدت موج گرما دهه اخیر فقط با دهه اول (۱۳۵۴-۱۳۴۵) تفاوت معنی دار دارد. برخلاف آنچه که در نمودارهای روند و ستونی به نظر می‌آید اختلاف معنی دار دوره اخیر با چهار دهه قبل از آن به طور کلی تأیید نمی‌شود. برای مثال در ایستگاه اهر شاخص های موج گرمای دوره ی اخیر فقط با دوره ۱۳۷۴-۱۳۶۵ اختلاف معنی دار دارد و با سه دهه دیگر این اختلاف معنی دار نیست.

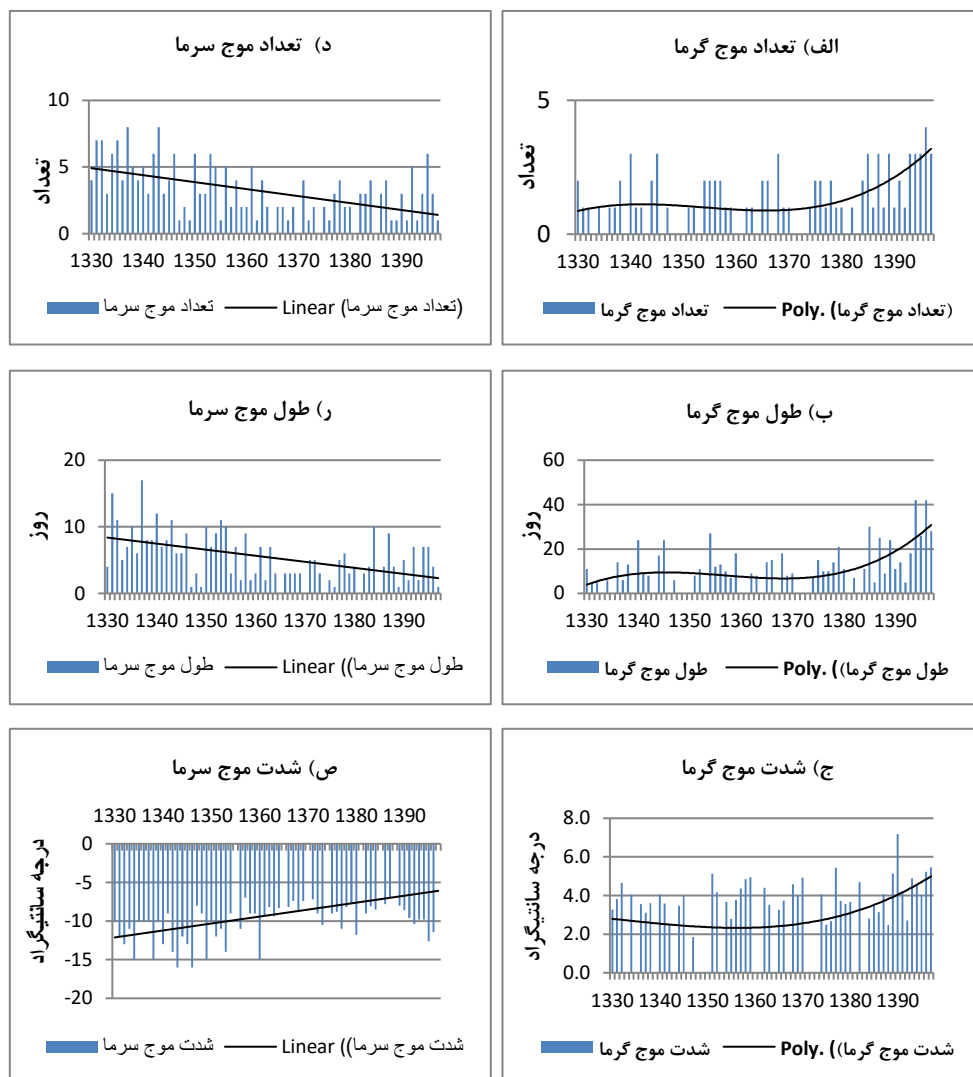
با بررسی توزیع مکانی رخداد موج گرما مشخص می‌شود که در دوره ی ۱۰ ساله موج گرما در جنوب غرب استان (مناطق تبریز، مراغه و بناب و ...) نسبت به مناطق دیگر استان بیشتر است (شکل ۳-الف). توزیع مکانی نقشه‌های طول موج گرما نشان می‌دهد برای دوره ی ۱۰ ساله مناطق غرب استان

دارای طول موج بیشتری نسبت به شرق استان تجربه کردند (شکل ۳-ب). همچنین برای دوره مذکور مناطق شمالی استان شامل مناطق ارسباران، جلفا و منطقه‌ی تبریز دارای شدت گرمای بیشتری نسبت به مناطق دیگر برخوردارند. بخصوص در منطقه‌ی اهر شدت موج‌گرمای بسیار محسوس است (بالای ۵ درجه سانتی‌گراد) (شکل ۳-ج).

جدول ۳- مقادیر ارزش P برای آزمون مقایسه‌ی ای-من-وینتی برای مقایسه‌ی دهه‌ی اخیر (۱۳۸۵-۱۳۹۷) با چهار دهه‌ی قبل

ایستگاه	دوره	تعداد رخداد موج گرما	طول موج گرما	شدت موج گرما	تعداد رخداد موج سرما	طول موج سرما	شدت موج سرما
تبریز	۱۳۴۵-۱۳۵۴	*.۰/۰.۰۳	.۰۰۸*/.	.۰۱۰*/.	.۰/۱۴۸	.۰/۰.۸۸	*.۰/۰.۱۲
	۱۳۵۵-۱۳۶۴	.۰۰۵*/.	.۰/۰.۰۸*	.۰/۱۳۱	.۰/۵۶۳	/۷۳۸	.۰/۸۳۲
	۱۳۶۵-۱۳۷۴	.۰/۰.۰۸*	.۰/۰.۰۵*	.۰/۰.۴۹*	.۰/۱۸۶	.۰/۱۸۶	.۰/۲۸۴
	۱۳۷۵-۱۳۸۴	.۰/۰.۱۵*	.۰/۰.۳۰*	.۰/۰.۶۷	.۰/۹۲۷	.۰/۷۸۴	.۰/۸۷۹
اهر	۱۳۴۵-۱۳۵۴	.۰/۰.۸۸	.۰/۰.۷۷	.۰/۰.۱۰*	.۰/۷۳۸	.۰/۶۴۸	.۰/۶۹۳
	۱۳۵۵-۱۳۶۴	.۰/۳۷۶	.۰/۲۳۲	.۰/۵۲۲	*.۰/۰.۱۵	*.۰/۰.۱۲	*.۰/۰.۳۰
	۱۳۶۵-۱۳۷۴	.۰/۰.۰۶*	.۰/۰.۰۴*	.۰/۰.۰۲*	.۰/۲۵۷	.۰/۴۸۳	.۰/۰.۶۷
	۱۳۷۵-۱۳۸۴	.۰/۳۴۳	.۰/۱۶۶	.۰/۳۷۶	.۰/۱۳۱	.۰/۵۲۲	.۰/۶۴۸
جلفا	۱۳۴۵-۱۳۵۴	.۰/۰.۶۷	.۰/۰.۵۷	.۰/۰.۲۱*	.۰/۰.۷۷	.۰/۱۰۱	.۰/۹۷۶
	۱۳۵۵-۱۳۶۴	.۰/۴۴۶	.۰/۴۱۰	.۰/۹۲۷	.۰/۱۱۵	.۰/۶۹۳	.۰/۲۳۲
	۱۳۶۵-۱۳۷۴	.۰/۰.۰۸*	.۰/۰.۰۵*	.۰/۰.۱۰*	.۰/۴۴۶	.۰/۷۸۴	.۰/۴۱۰
	۱۳۷۵-۱۳۸۴	.۰/۲۸۴	.۰/۱۳۱	.۰/۹۷۶	.۰/۵۲۲	.۰/۷۸۴	.۰/۹۲۷
مراغه	۱۳۴۵-۱۳۵۴	.۰/۱۸۶	.۰/۲۰۸	.۰/۳۴۳	.۰/۱۶۶	.۰/۴۸۳	.۰/۴۱۰
	۱۳۵۵-۱۳۶۴	.۰/۰.۰۴*	.۰/۰.۰۳*	.۰/۰.۱۸*	*.۰/۰.۰۰	*.۰/۰.۰۲	.۰/۶۰۵
	۱۳۶۵-۱۳۷۴	.۰/۰.۰۱*	.۰/۰.۰۶*	.۰/۰.۰۴*	.۰/۰.۵۷	.۰/۸۷۹	.۰/۱۸۶
	۱۳۷۵-۱۳۸۴	.۰/۰.۰۶*	.۰/۰.۱۸*	.۰/۰.۲۶*	.۰/۰.۶۷	.۰/۳۷۶	.۰/۲۳۲
سراب	۱۳۴۵-۱۳۵۴	.۰/۰.۰۴*	.۰/۰.۰۶*	.۰/۰.۰۵*	.۰/۷۸۴	.۰/۹۷۶	.۰/۶۰۵
	۱۳۵۵-۱۳۶۴	.۰/۱۳۱	.۰/۲۵۷	.۰/۱۰۱	.۰/۰.۸۸	*.۰/۰.۴۲	.۰/۲۵۷
	۱۳۶۵-۱۳۷۴	.۰/۰.۳۶*	.۰/۰.۴۹*	.۰/۰.۶۷	.۰/۹۲۷	.۰/۵۲۲	.۰/۱۶۶
	۱۳۷۵-۱۳۸۴	.۰/۳۱۳	.۰/۴۸۳	.۰/۳۷۶	.۰/۸۳۲	.۰/۶۴۸	.۰/۸۳۲

\* در سطح ۹۰٪ معنی دار است.



شکل ۲- روند تعداد، طول و شدت موج گرما برای دوره گرم (سمت راست) و موج سرما برای دوره سرد (سمت چپ) سال در ایستگاه تبریز دوره آماری ۱۳۹۷-۱۳۳۰

مناطق شرق و شمال شرقی استان شامل مناطق سراب، اهر و ورزقان بیش از مناطق دیگر استان است (شکل ۳-ص). نتایج حاصل از مدل ریز مقیاس نمایی آماری SDSM که اثرات تغییر اقلیم را برای دماهای کمینه و بیشینه ارزیابی می‌نماید، در شکل ۴ نشان داده شده است. شکل ۴ نمودارهای اعتبارسنجی دمای کمینه و بیشینه ایستگاه تبریز را در دوره ۱۳۸۴-۱۳۵۵ (۱۹۷۶-۲۰۰۵) نشان می‌دهد که شامل نمودارهای چارکی و تابع چگالی احتمال داده‌های مشاهداتی و مدل است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، در نمودار چارکی داده‌های مشاهداتی و مدل هم برای بیشینه دما و هم برای کمینه نزدیک به هم هستند (نزدیک به نیمساز نمودار قرار گرفته‌اند). همچنین تابع

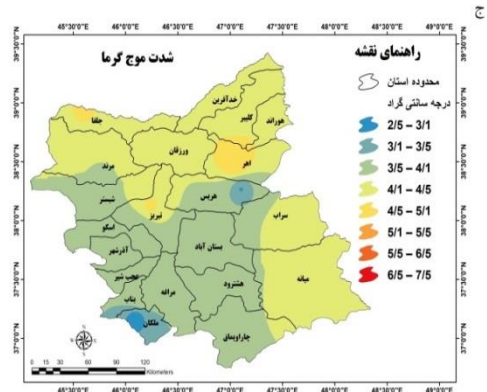
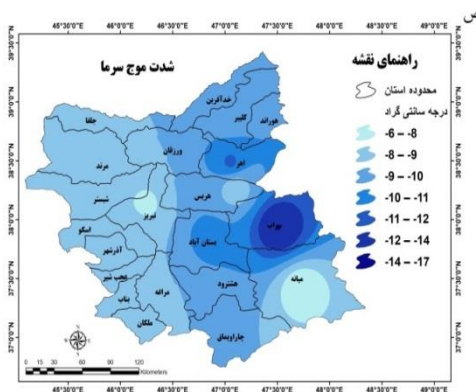
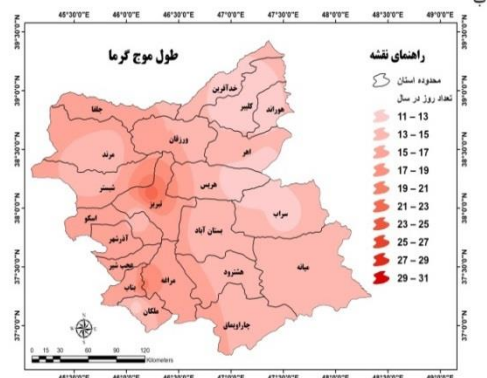
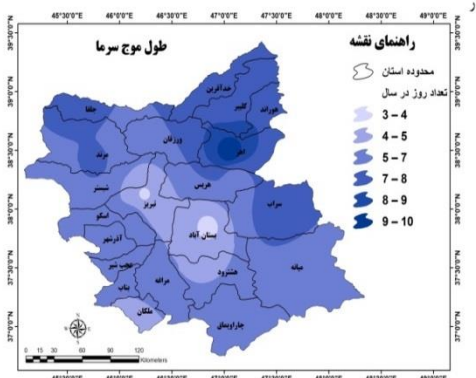
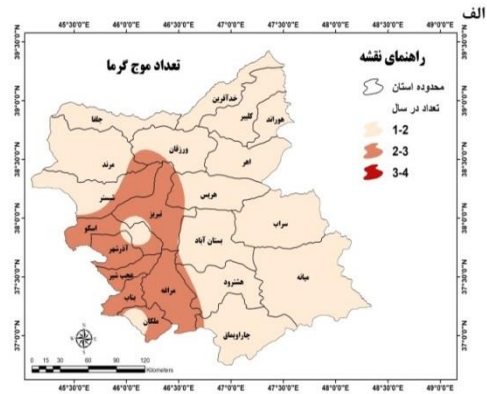
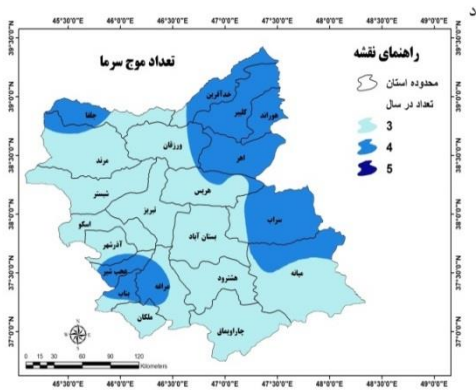
نتایج بررسی برای کل ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد که روند کلی موج سرما در این ایستگاه‌ها سیر نزولی دارد. شکل ۲ روند تعداد، طول و شدت موج سرما را برای ایستگاه تبریز نشان می‌دهد. بررسی نقشه پهنه‌بندی تعداد رخداد موج سرما فقط دو طبقه‌ی رخدادی ۳ و ۴ را نشان می‌دهد که در شمال شرق و شرق و قسمتی از جنوب غرب بیشتر از مناطق دیگر است (شکل ۳-د). به لحاظ توزیع مکانی می‌توان نتیجه گرفت طول موج سرما در مناطق شمال شرق (منطقه‌ی ارسباران) و شمال (کناره‌ی رود ارس) بیشتر از مناطق دیگر است. همانطور که مشاهده می‌شود بیشترین طول موج سرما در مناطق اهر با بیش از ۹ روز مشاهده می‌شود (شکل ۳-ر). همچنین شدت موج سرما در



است. جدول (۳) مقادیر شاخص اریبی RMSE ماهانه کمینه و بیشینه دمای خروجی مدل SDSM در دوره پایه ۱۹۶۱-۲۰۰۵ آورده شده است. مقادیر شاخص به جزء برای ایستگاه مراغه و میانه (دمای کمینه و بیشینه)، جلغا (دمای بیشینه) و سراب (دمای کمینه) بین ۲/۴-۲/۱ درجه سانتیگراد و برای بقیه ایستگاه‌ها کمتر از ۲ درجه سانتیگراد است.

توزیع چگالی داده‌های مشاهداتی و مدل نزدیک به هم است. این موضوع نشان‌دهنده خطای پایین مدل و اعتبار آن است.

دوره آماری ۱۹۶۱-۲۰۰۵ که به عنوان دوره پایه جهت بررسی خطای مدل در نظر گرفته شده و مقادیر اختلاف ماهانه دمای خروجی مدل و دمای مشاهداتی مورد بررسی و شاخص اریبی (RMSE) برای هر ایستگاه بدست آمده



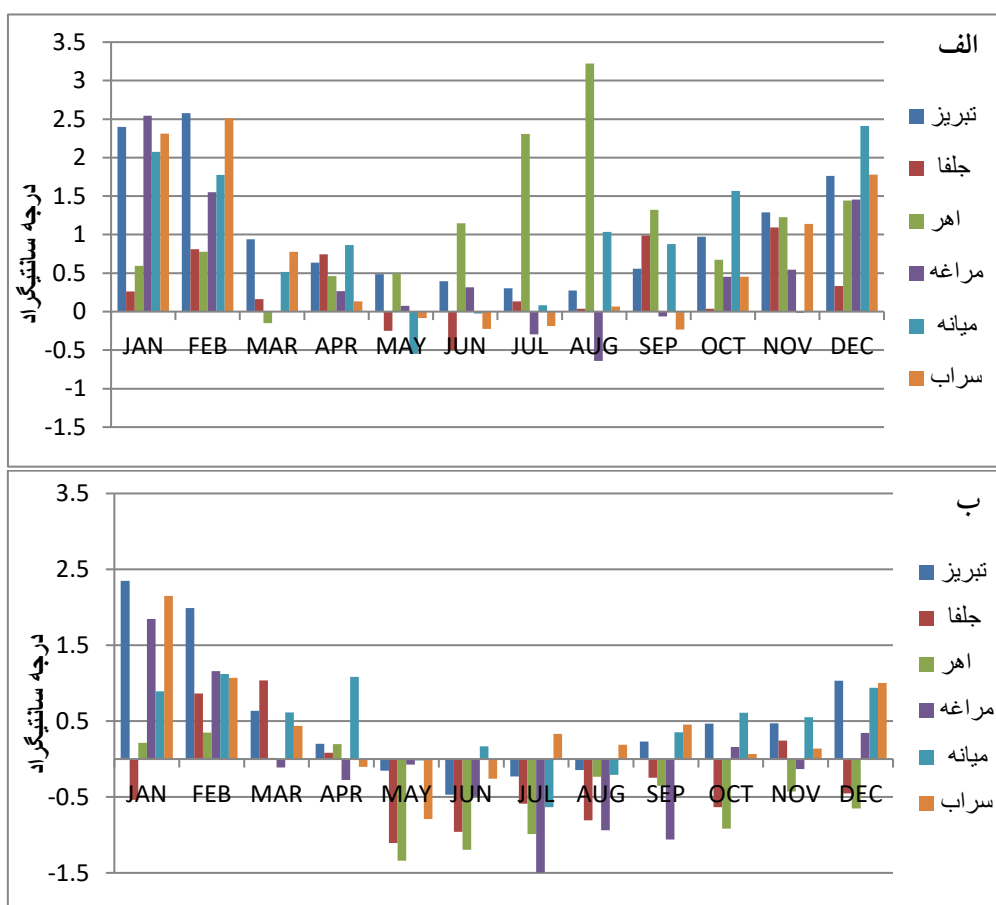
شکل ۳- میانگین تعداد، طول و شدت موج گرما برای دوره گرم (سمت راست) و موج سرما برای دوره سرد (سمت چپ) در استان طی دوره ۱۰ ساله اخیر (دوره آماری ۱۳۹۷-۱۳۸۸)

جدول ۳- شاخص خطی RMSE برای دمای حداقل و حداکثر ماهانه در مدل ریزمقیاس نمایی SDSM

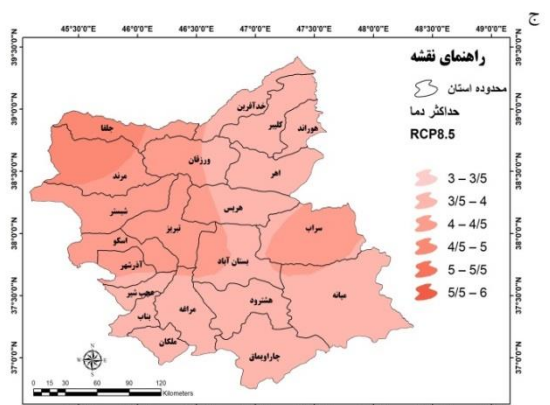
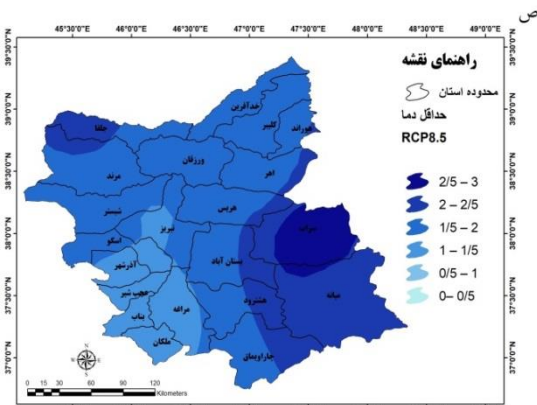
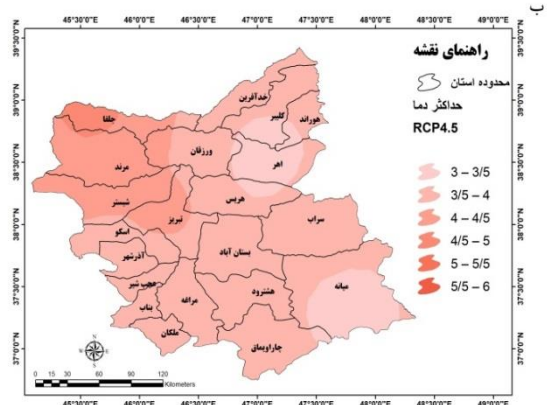
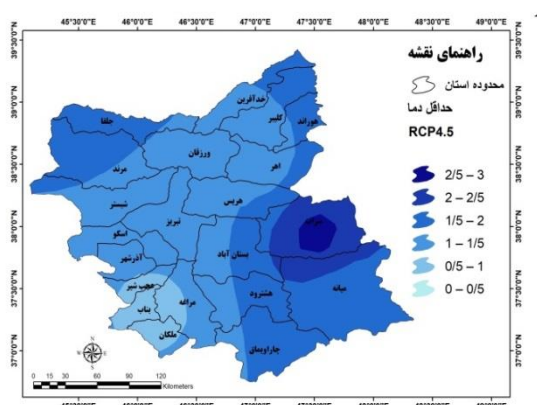
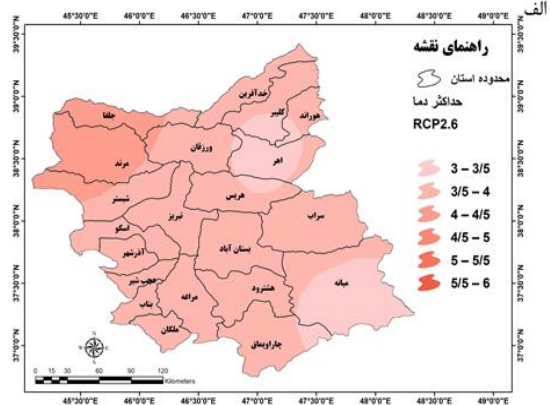
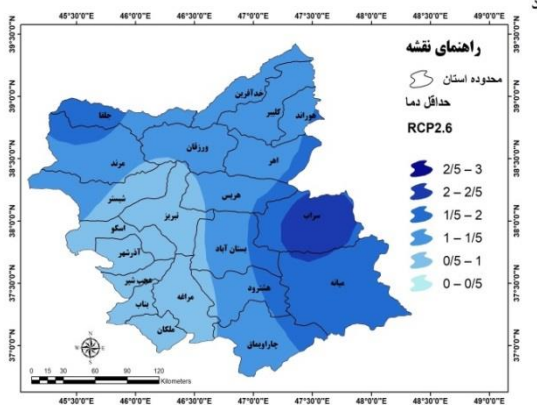
مقادیر شاخص RMSE بیشینه دما (C°)	مقادیر شاخص RMSE کمینه دما (C°)	نام ایستگاه
۱/۷۹۲	۱/۹۷۸	تبریز
۱/۸۹۱	۱/۸۹۱	اهر
۲/۳۸۷	۲/۱۹۲	مراغه
۲/۲۸۹	۲/۴۳۹	میانه
۲/۲۰۰	۱/۸۴۵	جلفا
۱/۷۶۱	۲/۳۸۴	سراب

ماه‌های دیگر است. ایستگاه اهر بیشترین مقادیر اریبی را در ماه‌های ژوئن و ژوئیه دارد. مقادیر اریبی برای بیشینه دما کمتر از کمینه دما می‌باشد. مقدار اریبی بیشینه دما در ماه ژانویه برای ایستگاه‌های تبریز، مراغه و سراب بیش از ۱/۵ درجه سانتیگراد است.

شکل ۵ نمودارهای اختلاف میانگین بلندمدت ماهانه خروجی مدل و مشاهداتی هر ایستگاه برای دمای کمینه (۵- الف) و بیشینه (۵-ب) در دوره ۲۰۰۵-۱۹۶۱ و تغییرات ماهانه اریبی مدل را نشان می‌دهد. طبق شکل مقادیر اریبی در ماه‌های سرد سال (دسامبر، ژانویه و فوریه) برای دمای کمینه در اکثر ایستگاه‌ها به جز ایستگاه جلفا و اهر، بیشتر از



شکل ۵- اریبی ماهانه خروجی مدل و مشاهداتی برای الف) دمای کمینه و ب) دمای بیشینه در دوره ۲۰۰۵-۱۹۶۱



شکل ۶- میانگین افزایش دمای بیشینه (سمت راست) و کاهش دمای کمینه (سمت چپ) بر اساس سناریوهای واداشت تابشی RCP2.5 ، RCP4.5 و RCP8.5 در استان برای دوره ۱۴۲۸-۱۳۹۹ (۲۰۲۰-۲۰۴۹)

تجربه خواهند نمود. در سناریوی RCP4.5 علاوه بر منطقه شمال‌غرب، مرکز استان نیز افزایش دمای بیشینه ۴/۵-۴ درجه سانتیگراد را پیش‌نگری می‌نماید. در سناریوی بدبینانه RCP8.5 به جزء منطقه شمال‌غرب، غرب، مرکز و منطقه سراب با افزایش دمای بیشینه ۴-۵ درجه سانتیگراد (جلفا و مرند ۵ درجه سانتیگراد) بقیه نواحی استان ۳/۵-۴ درجه

شکل ۶ (الف-ج) افزایش میانگین دمای بیشینه بر اساس سناریوهای تغییر اقلیم را در سطح استان نشان می‌دهد. بر اساس سناریوی خوش بینانه RCP2.5 به جزء منطقه شمال‌غرب استان با افزایش ۴-۴/۵ درجه سانتیگراد بقیه مناطق استان تغییرات دمای بیشینه بین ۳-۴ درجه سانتیگراد (قسمتی از ارسباران، اهر و میانه با ۳ درجه سانتیگراد) را

۵ درجه سانتیگراد و بقیه نواحی استان بین ۵- ۳/۵ درجه سانتیگراد را در دوره گرم سال نسبت به دوره پایه ۲۰۰۵-۱۹۶۱ تجربه خواهند نمود که نشانگر افزایش رخداد موج گرمایی است. همچنین بر اساس پیش‌نگری اقلیمی در سال ۱۳۹۹-۱۴۲۸ دمای حداقل در ماه‌های سرد سال در نواحی شرقی، جنوب‌شرقی و شمال‌غربی استان افزایش دمایی بین ۲-۳ درجه سانتیگراد و بقیه نواحی استان ۲-۰/۵ درجه سانتیگراد خواهند داشت. کمترین افزایش دما در حاشیه دریایچه ارومیه برآورد می‌گردد. با توجه به اثرات تغییر اقلیم در سال‌های آتی پیش‌نگری می‌گردد استان آذربایجان شرقی شاهد رخدادهای حدی دمایی (موج گرما و سرما) باشد. نتایج این تحقیق نه تنها در پیش‌بینی فصلی بلکه نقش مهمی در برنامه‌ریزی استان نقش مهمی را ایفا می‌نماید.

### منابع

1. Baghanam, A., H., Eslahi, M., Sheikhabaei, A., Seifi, A. J., 2020, Assessing the impact of climate change over the northwest of Iran: an overview of statistical downscaling methods. *Theor Appl Climatol* 141, pp 1135-1150
2. Ceccherini, G., Russo, S., Ameztoy, I., Patricia Romero, C., Carmona-Moreno, C., 2016, Magnitude and frequency of heat wave and cold waves in recent decades: the case of South America, *Natural Hazard Earth system*. 16, pp 821-831.
3. Coumou, D., Robinson, A., 2013, Historic and future increase in the global land area affected by monthly heat extremes, *Environmental Research letter*, 8, doi: 10.1088/1748-9326/3/034018.
4. Della-Marta, P., M., Haylock, M., R., Luterbacher, J., Wanner, H., 2007, Doubled length of western European summer heat waves since 1880, *Geophysic*

سانتیگراد را تجربه خواهند نمود. همچنین شکل ۶(د-ص) میانگین افزایش دمای کمینه را بر اساس سناریوهای اقلیمی نشان می‌دهد. سناریوی RCP2.5 برای منطقه شرق، جنوب‌شرق و منطقه شمال‌غرب استان افزایش دمای کمینه تا ۱/۵-۲/۵ درجه سانتیگراد (سراب ۲-۲/۵ درجه سانتیگراد) و برای بقیه مناطق استان ۲/۵-۰/۵ درجه سانتیگراد را پیش‌نگری می‌نماید. برای سناریوی RCP4.5 نیمه شرقی و شمال‌غرب استان افزایش دمای کمینه ۳-۱/۵ درجه سانتیگراد را تجربه می‌نمایند که بیشترین افزایش در منطقه سراب ۳-۲/۵ درجه سانتیگراد می‌باشد. در سناریوی بدبینانه RCP8.5 مناطق شرقی، جنوب شرقی و جلغا با افزایش دمای کمینه ۳-۲ درجه سانتیگراد و بیشترین افزایش دما ۳-۲/۵ درجه سانتیگراد در منطقه سراب پیش‌نگری می‌نماید در حالی که بقیه مناطق نیز افزایش دمای کمینه ۲-۱ درجه سانتیگراد را تجربه خواهند نمود.

### نتیجه گیری

در این تحقیق رخدادهای حدی دمایی در استان آذربایجان شرقی بر اساس طول دوره آماری ۱۷ ایستگاه سینوپتیک مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. با تقسیم‌بندی دوره آماری ۱۳۹۷-۱۳۴۵ به سه دوره ۱۰ ساله و یک دوره ۱۳ ساله (دوره آخر) روند موج گرما و سرما ارزیابی شد. با توجه به تفاوت معنی‌دار دهه اخیر (۱۳۹۷-۱۳۸۵) نسبت به دهه‌های گذشته، توزیع مکانی رخدادهای حدی موج گرما و سرما (تعداد، طول و شدت) برای دوره اخیر با هم مقایسه گردید. با بررسی توزیع مکانی رخداد موج گرما مشخص شد که در دوره ۱۰ ساله اخیر تعداد رخداد موج گرما در جنوب-غرب، طول موج گرما در مناطق غرب و شدت موج گرما در مناطق شمالی استان نسبت به مناطق دیگر بیشتر است. بررسی موج سرمایی نشان داد که تعداد رخداد سرما در شمال‌شرق، شرق و قسمتی از جنوب‌غرب، طول موج سرما در مناطق شمال‌شرق (منطقه ی ارسباران) و شمال (کناره ی رود ارس) و شدت موج سرما در مناطق شرق و شمال‌شرقی استان بیش از مناطق دیگر است. نتایج حاصل از اثرات سناریوهای واداشت تابشی RCP نشان داد که نواحی شمال‌غربی استان و نواحی مرکز استان افزایش دمای بین ۶-

- study: Shahrchay basin in Urmia), *Hydrogeomorphology*, 2, pp 107-122.
13. Mahmoudi, P., Khosravi, M., Masoodian, A., Alijani, B., 2016, Mean atmospheric Circulation Leading to Pervasive Frost in Iran, *Journal of Arid Regions Geographics Studies*, 24, pp 66-86.
14. Mojarrad, F., Masoompour J, Rostami, T., 2015, Statistical-Synoptic Analysis of Heat Waves Geography and Environmental Hazard, 13, pp41-57.
15. Perkins, S.E, Alexander, L.V, Narin, J. R., 2012, Increasing frequency, intensity and duration of observed global heatwave and warm spells, *Geophysical Research Letters*, 39: L20714, doi: 10.1029/2012GL053361
16. Perkins, S. E., Alexander, L.V., 2013, On the measurement of heat waves, *Journal of Climate*, 26, pp 4500-4517, doi: 10.1175/JCLI-D-12-00383.1.
17. Perkins, S, E., Argueso, D., White, C, J., 2015, Relationships between climate variability, Soil moisture, and Australian heatwaves, *Journal of geophysical Research: Atmosphere*, 120, pp 8144-8164.
18. Purich, A., Cowan, T., Cai, W., Uotila, P., Van Rensch, P., Pezza, A., Boschat, G., Perkins, S., 2014, Atmospheric and Oceanic Conditions Associated with Southern Australian Heat Waves: A CMIP5 Analysis, *Journal of Climate*, 27, pp 7807-7829, doi: 10.1175/JCLI-D-14-00098.1.
19. Rahimi, D., Mirhashemi, H., Alizadeh, T., 2017, Analysis of heat wave structure in western and southwestern Iran, *Geography and Environmental Planning*, 28, pp 69-80.
- Research Letters, 112: D15103, doi: 10.1029/2007JD008510.
5. Eslahi, M., 2016, Assessment of statistical downscaling models in explanation of climate change over North West of Iran. University of Mohaghegh Ardabili
6. Esmailnezhad, M., Khosravi, M., Alijani, B., Masoudian A, 2013, Identifying heat waves of Iran, *Geography and development*, 33, pp 39-54.
7. Ghasemifar, E., Naserpour, S., 2017, Synoptic analysis of heat and cold waves over southern coastal of Caspian Sea, *Geographical Data*, 13, pp 137-146.
8. Ghavidel Rahimi, Y., Sepahvand, R., Farajzadeh, M., 2014, Scholarly articles for Identification and synoptic analysis of heat waves in western Iran. *Researches in Earth Science*, 18, pp 1-10..
9. Hatami, D., Hajizadeh, Z., Naserzadeh, M. H, 2019, Analysis of heat waves temporal fluctuation in North - West region of Iran and their relationship with greenhouse gases and global land-ocean temperature anomalies, *Journal of Applied researches in geographical sciences*. 19, p 35-56.
10. Hooshyar, M., Sobhani, B., Parvin, N, 2019, Synoptic Analysis of Early Heat Waves in Northwest of Iran, *Journal of Geographical Science*, 54, pp 185-203.
11. IPCC Special Report on Extremes, 2012, *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*
12. Jahanbakhsh Asl, S., Khorshiddoust, S., Alinezhad, MH., Poursaghar, F, 2016, Impact of climate change on precipitation and temperature by taking the uncertainty of models and climate scenarios (case

order to Understand the Effects of Climate Change on Different Regions of Iran, Geography and Environmental Hazard, 29, pp 171-197.

20.WMO ,2016, Guidelines on the Definition and Monitoring of Extreme Weather and Climate Events, pp1-61

21.Yarahmadi, E., Karampoor, M., Ghaemi, H., Moradi, M., Nasiri, B., 2019, Statistical Analysis Anomalies of Maximum and Minimum Temperature in Cold Period in