



پیش بینی امواج گرمایی در شهرستان زنجان با استفاده از مدل Lars-WG

مسعود گودرزی^{۱*}، برومند صلاحی^۲ و زینب قدرتی^۳

^۱- * دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

massoudgoodarzi@yahoo.com

^۲- استاد اقلیم شناسی دانشگاه محقق اردبیلی

^۳- دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی

(massoudgoodarzi@yahoo.com *)

چکیده

موج های گرمایی یکی از مهمترین بلایای آب و هوایی است که پیامدهای زیست محیطی را بر طبیعت بر جای می گذارد. بر این اساس هدف اصلی پژوهش پیش بینی امواج گرمایی شهرستان زنجان در بازه ی زمانی ۱۴۴۴-۱۴۲۵ توسط مدل مولد آب و هوایی Lars-WG در دو مدل HadCM3 و BCM2 با سناریو A1B قرار گرفته است که پس از آماده سازی و کنترل کیفی، داده ها به صورت روزانه وارد نرم افزار لارس شده و خروجی مدل پس از صحت سنجی توسط روش های آماری، برای تحلیل موج گرمایی با استفاده از شاخص بالدی آماده شده است. نتایج پژوهش نشان داد که در زنجان بر اساس دو مدل BCM2 و HadCM3 موج کوتاه در بازه روند افزایشی داشته است و بیشترین فراوانی موج کوتاه در ماه های فروردین و اردیبهشت نیز بیشتر شده است و در نتیجه با توجه به پیش بینی مدل، بر تعداد روزهای گرم افزوده می شود. بنابراین می توان نتیجه گرفت که از پیش بینی مدل، جهت بازسازی داده دمای حداکثر در دوره گذشته و چگونگی ادامه یافتن این روند در آینده می توان بهره جست.

واژه های کلیدی: امواج گرمایی، پیش بینی، شاخص بالدی، مدل لارس.

۱-مقدمه

رویداد **حدی**^۱، عبارت است از پدیده ی نادری که از دیدگاه آماری در ناحیه های بالا و پایین توزیع آماری قرار گیرد و از این رو، احتمال وقوع آن رویداد خیلی کم است (رحیم زاده و همکاران، ۱۳۸۸). 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. (یزدان پناه وعلیزاده ۱۳۹۰:۵۲). شناسایی و آشکارسازی ویژگی های امواج گرمایی و رخداد های دماهای حدی، با دیگر ارزیابی مخاطرات محیطی، متفاوت می باشد. تغییر پذیری و تنوع آب و هواست که دماهای حدی متفاوت از جایی به جای دیگر و از زمانی به زمان دیگر را تعیین می کند و فهم درک ما را نسبت به امواج گرمایی پیچیده می سازد. (اسمعیل نژاد و همکاران ۱۳۹۰). در ایران دمای هوا به شدت تابع ارتفاع و عرض جغرافیایی و محتوای رطوبتی جو است که اثر ارتفاع صدها برابر عرض جغرافیایی است. حاکمیت پرفشار جنب حاره ای در دوره ی گرم سال اثر چشمگیری بر دمای ایران دارد. در مجموع ایران دارای اقلیمی گرم با رژیم دمایی قاره ای عرض میانه می باشد. با این حال بررسی ها نشان می دهد که دمای شبانه روزی ایران با آهنگ ۲ درجه در هر صد سال در حال افزایش است و این بدان

¹ Extreme Events

معناست که ایران نه تنها در منطقه گرمسیر جهان قرار گرفته است و میانگین دمای شبانه روزی آن ۱۸ درجه سلسیوس است بلکه رو به گرم‌تر شدن هم می‌رود و نسبت به ۵۰ سال گذشته ۱ درجه‌ی سلسیوس گرم‌تر شده است. این در حالی است که افزایش دمای جهانی حدود ۰.۵ درجه‌ی سلسیوس در هر صد سال برآورد می‌شود. در این صورت آهنگ گرم شدن ایران ۴ برابر سرعت جهانی است (مسعودیان، ۱۳۹۰). پژوهش حاضر به منظور پیش‌بینی روند دمای حداکثر در شهرستان زنجان انجام گرفته است که این امر با استفاده از بررسی موج گرمایی میسر گردیده است. موج گرمایی از مهمترین بلاهای آب و هوایی بوده که هر سال پیامدهای زیست محیطی مخربی را در طبیعت بجای می‌گذارند. اندازه‌گیری این گرما در رابطه با هوای معمول و دمای نرمال منطقه برای آن فصل انجام می‌شود امواج گرمای شدید می‌تواند سبب از دست رفتن محصول کشاورزی، مرگ و میر قابل توجه در اثر گرمادگی دیگر مشکلات زیست محیطی و اجتماعی - اقتصادی را به بار آورد. امواج گرمایی می‌تواند در مقیاس محلی روی دهد.

موج گرمایی خسارات اقتصادی بالایی به جنگل‌ها به دلیل آتش سوزی و مرگ و میر انسان‌ها به وجود می‌آورد. برآورد ابتدایی خسارت بیش از ۱۳ میلیارد دلار است که در تابستان ۲۰۰۳ بیش از دیگر بلایای طبیعی است را برآورد کرده است. بنابراین موج گرمایی یکی از بدترین فجایع آب و هوایی است که پیش‌بینی مناسب و به موقع آن می‌تواند به عنوان یک سیستم هشدار دهنده کارآمد بسیار مطلوب باشد (بالدی، ۲۰۰۴). به دلیل رویداد گرمایش جهانی در دهه‌های اخیر در ایران و جهان مطالعات زیادی انجام گرفته که در ادامه به آنها اشاره شده است. مجرد و همکاران (۱۳۹۴)، به تحلیل آماری-همدیدی امواج گرمایی بالای ۴۰ درجه‌ی سلسیوس در غرب ایران پرداختند و دو الگوی کلی برای ایجاد امواج گرمایی در منطقه تشخیص دادند. اسدی و مسعودیان (۱۳۹۳) به پهنه بندی بر پایه دماهای فرین بالا در دوره زمانی ۱۳۴۰ تا ۱۳۸۳ پرداختند. و نشان دادند که ایران را می‌توان به ۵ ناحیه از نظر گرمای فرین تقسیم کرد. دارند (۱۳۹۳)، به شناسایی و تحلیل زمانی- مکانی امواج گرمایی ایران پرداخت که برای انجام این پژوهش از داده‌های حداقل و حداکثر دمای روزانه از سال ۱۹۶۲ تا ۲۰۰۴ پرداختند. یافته‌ها نشان دهنده‌ی که بسامد رخداد امواج گرمایی در ایران رو به افزایش است و ماندگاری و شدت امواج گرمایی نیز افزایش داشته است. اسمعیل نژاد و همکاران (۱۳۹۰)، با استفاده از آمار روزانه‌ی حداکثر دما در ۶۶۳ ایستگاه همدید و اقلیمی طی دوره آماری ۱۳۴۰ تا ۱۳۸۲ به شناسایی امواج گرمایی ایران پرداختند و نتایج تا پژوهش نشان داد که موج‌های گرمایی کوتاه رخداد بیشتری داشته است و تعداد امواج گرمایی پرتداوم کمتر بوده است. یزدان پناه و عزیززاده (۱۳۹۰)، به برآورد احتمال و وقوع امواج گرمایی با دوره‌های تداوم مختلف در استان کرمان به کمک زنجیره مارکف پرداختند. شیر غلامی و قهرمان (۱۳۸۶) به بررسی روند تغییرات دمای متوسط سالانه در ایران پرداختند. تقوی و محمدی (۱۳۸۵)، به بررسی دوره بازگشت رویدادهای حدی به منظور شناخت پیامدهای زیست محیطی پرداختند و با استفاده از نرم افزار شاخص‌های اقلیمی حدی ECIS دوره بازگشت پدیده‌های حدی را در دوره آماری (۱۹۹۰-۱۹۶۱) و دهه آخر قرن بیستم (۲۰۰۰-۱۹۹۰) تعیین کرده نتایج نشان داده است که فراوانی وقوع شاخص‌های حدی گرم و بارش بیشتر شده است. جهانیش و ترابی (۱۳۸۳)، به بررسی و پیش‌بینی تغییرات دما و بارش در ایران پرداختند و با استفاده از آمار ۴۱ ایستگاه سینوپتیک به روش تحلیل خوشه ای ۵ منطقه اقلیمی همگون را مشخص کرده و تغییرات حداقل و حداکثر دمای ماهانه با استفاده از مدل SARIMA مورد بررسی قرار داده‌اند. بومباکو^۲ و همکاران (۲۰۱۳)، به بررسی تاریخچه امواج گرمایی در شمال غربی اقیانوس آرام با استفاده از تحلیل روند و سینوپتیکی پرداختند و معلوم گردید که فراوانی امواج گرمایی در بیشتر قسمت‌های ایالات متحده در حال افزایش است. تواردوژ و کوزوفسکا^۳ (۲۰۱۳)، به بررسی تابستان‌های بسیار داغ در مرکز و شرق اروپا از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰ پرداختند و دریافتند که فراوانی

^۲. Bumbaco

^۳. Twardosz & Kossowska



انجمن علمی سیستم‌های
سطوح آبگیر باران ایران



دانشگاه هرمزگان

دوازدهمین همایش ملی سامانه‌های سطح آبگیر باران

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

**استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آبخیزهای ساحلی**

تابستان گرم رو به افزایش است. گنجالی^۴ و همکاران (۲۰۰۹)، به بررسی روند و عدم قطعیت زیاد دما و امواج گرمایی در قرن ۲۱ پرداختند که مدل سیستم جهانی زمین نشان می‌دهد که گرما و امواج گرمایی شدید به همراه عدم قطعیت بالا و تغییرپذیری شدید در حال افزایش در قرن ۲۱ است و روند (گرم شدن کره زمین از نظر آماری در همه بررسی‌ها در مقیاس منطقه‌ای است. شدت موج گرمایی مشاهده شده در دهه اخیر بزرگتر از بدترین حالت پیش‌بینی می‌باشد. تامرانزین^۵ و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی موج گرمایی در جنوب کالیفرنیا در رابطه با تکرار و مدت زمان این پدیده فرین پرداختند و نشان دادند که لس آنجلس در حال گرم شدن است که با بررسی دمای حداقل و حداکثر روزانه در سالهای ۱۹۰۶ تا ۲۰۰۶ متوسط حداکثر دما در ایستگاه مورد مطالعه ۲.۸ درجه سانتیگراد افزایش داشته است در حالی که متوسط حداقل دما ۳.۲ درجه بالاتر رفته است و بیشترین میزان تغییر در طول فصل تابستان رخ داده است و اواخر پاییز و زمستان حداقل تغییرات را نشان می‌دهد. هرلینگ^۶ و همکاران (۲۰۰۷)، به بررسی گرمای ثبت شده در سال ۲۰۰۶ پرداختند. کوزلوسکی^۷ و همکاران (۲۰۰۷)، به تجزیه و تحلیل شکست موج گرما در جولای ۲۰۰۶ در سراسر ایالت کالیفرنیا پرداختند. مکسول^۸ (۲۰۰۷) به تجزیه و تحلیل گرمای شدید ۲۲ تا ۲۳ جولای در شهر سن دیگو پرداختند. بالدی^۹ و همکاران (۲۰۰۴) به مطالعه موج گرمایی بر فراز مدیترانه پرداختند و با استفاده از داده‌های NCAR/NCEP و داده‌های حداقل و حداکثر دما در سالهای ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۳ دریافتند که موج گرمایی کوتاه مدت در ماه ژولای و موج گرمایی بلند مدت در ماه آگوست اتفاق می‌افتد. کیسلی (۲۰۰۲)، به بررسی امواج گرما در پراگ و روابط آنها با گردش اتمسفر پرداخت.

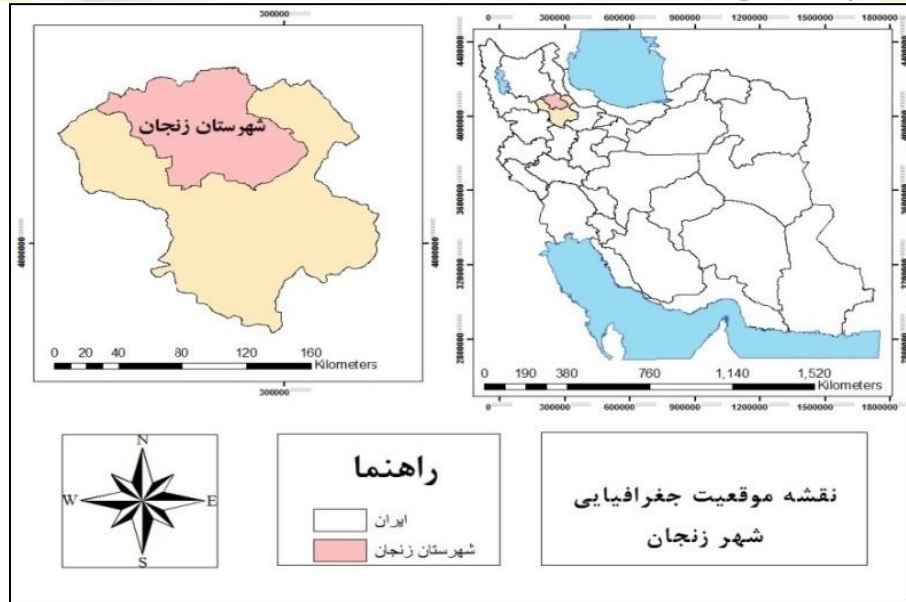
۲- داده‌ها و روش پژوهش

در این پژوهش از داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک شهرستان زنجان برای ارزیابی موج گرمایی در دهه‌های اخیر استفاده گردیده است که به دلیل اینکه تنها ایستگاه سینوپتیک زنجان حاوی داده‌های مورد نیاز است و معرف شهر زنجان می‌باشد از آن استفاده شده است. جدول ۱، مشخصات ایستگاه مورد مطالعه را نمایش می‌دهد. شکل ۱ نیز موقعیت جغرافیایی شهرستان زنجان را نشان می‌دهد.

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی و ارتفاع ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	طول	عرض	ارتفاع
	جغرافیایی	جغرافیایی	(متر)
زنجان	۴۸ ۲۹	۳۶ ۴۱	۱۶۶۳

۴. Ganguly
۵. Tamranzian
۶. Hoerling
۷. Kozlowski
۸. Maxwell
۹. Baldi



شکل ۱. نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

در پژوهش پیش رو پس از آماده سازی و کنترل کیفی داده‌ها به صورت روزانه وارد مدل LARS-WG شدند. مدل LARS-WG مدلی است که خروجی مدل‌های (GCM) را ریز مقیاس می‌کند. در این مقاله توانائی مدل LARS-WG در شبیه‌سازی داده‌های مشاهده شده در ایستگاه زنگنه مورد ارزیابی قرار گرفت. به منظور تولید شرایط واقعی ناپایدار و فصلی لازم است که ۲۰ یا ۳۰ سال از داده‌های روزانه را استخراج نمود. این فرایند به سه مرحله تقسیم می‌شود که شامل تجزیه و تحلیل مکانی، اعتبار سنجی مدل و تولید داده‌های مصنوعی آب و هوا را شامل می‌شود. مدل مورد استفاده در این پژوهش مدل HadCM3 و BCM2 تحت سناریو A1B است که موج گرمایی در بازه زمانی ۲۰۴۶-۲۰۶۵ (۱۴۴۶-۱۴۲۵) و به عنوان یک پدیده حدی مورد ارزیابی قرار گرفته است. داده‌های ورودی مدل‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل متغیرهای بارش، حداقل دما، حداکثر دما و ساعات آفتابی در مقیاس روزانه طی دوره زمانی ۲۰۱۲-۱۹۹۲ می‌باشند که با توجه به موضوع پژوهش، از داده‌های خروجی حداکثر دمای ایستگاه مورد مطالعه استفاده گردیده است. پدیده‌های حدی را می‌بایست به عنوان شاخصه‌های اصلی تغییرات اقلیمی دانست که مطالعه بر روی آن‌ها می‌تواند نتایج ملموس‌تری از تغییرات را نشان دهد. پدیده‌های حدی به اتفاق‌های نادری اطلاق می‌شوند که از دیدگاه آماری در ناحیه بالا و پایین توزیع آماری قرار می‌گیرند به طوری که احتمال وقوع آن کم باشد (اسماعیلی و کوهی، ۱۳۹۱: ۸۴).

مدل گردش عمومی HadCM3 یکی از مدل‌های جفت شده اقیانوسی - جوی است و توسط مرکز تحقیقات و پیش‌بینی اقلیمی هادلی در بریتانیا طراحی شده است. قدرت تفکیک مدل شبکه ای با ابعاد $2/75^\circ$ درجه عرض جغرافیایی و $3/75^\circ$ طول جغرافیایی و قدرت تفکیک اقیانوسی آن $1/25^\circ$ درجه عرض جغرافیایی و $2/75^\circ$ درجه طول جغرافیایی می‌باشد (معافی مدنی و همکاران). همچنین در این مطالعه از مدل گردش عمومی جو - اقیانوس BCM2 که دارای قدرت تفکیک افقی $1/5^\circ$ درجه عرض جغرافیایی در $1/5^\circ$ درجه طول جغرافیایی می‌باشد و توسط مرکز تحقیقات اقلیمی دانشگاه برگن نروژ ارائه گردیده نیز استفاده گردیده است.

مدل‌های مذکور، تحت سناریوی A1B که زیر مجموعه سناریوی A1 می‌باشند، برای مدلسازی تغییرات اقلیمی در آینده مورد استفاده قرار گرفته‌اند. سناریوی A1B از نظر تخمین شرایط اقلیم آینده، در حد فاصل بین سناریوهای خانواده A1 و B1 قرار دارد که به



انجمن علمی سیستم‌های
سطوح آبگیر باران ایران

دوازدهمین همایش ملی سامانه‌های سطح آبگیر باران

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

**استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آبخیزهای ساحلی**

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

ترتیب، جهانی با رشد بسیار سریع اقتصادی و جمعیتی تا نیمه‌های قرن حاضر و جهانی همگون با افزایش مداوم جمعیت تا نیمه قرن ۲۱ را برای آینده پیش‌بینی می‌کنند. در پژوهش حاضر پس از بازتولید و آنالیز داده‌های تولید شده توسط مدل‌های ذکر شده، جهت ارزیابی توانایی مدل در شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک زنجان در دوره مشاهداتی از آزمون اسمیرنوف و آماره P -value و هم‌چنین رسم نمودار استفاده شده است. و پس از آن به مدلسازی رفتار آینده حداکثر دما و موج گرمایی در دو بازه پرداخته شده است. داده‌های حداکثر دما پس از استخراج با استفاده از شاخص بالدی در شش ماه گرم سال به امواج گرمایی کوتاه مدت و بلند مدت تقسیم شده اند. بر اساس شاخص بالدی ابتدا میانگین و انحراف معیار حداکثر دما محاسبه می‌شود. در این پژوهش از شاخص بالدی با توجه به رابطه زیر استفاده شده است.

$$\text{Heat wave} = m + 1.5 * \sigma \quad \text{رابطه ۱}$$

در رابطه فوق m میانگین و σ انحراف معیار است که برای هر ایستگاه به طور جداگانه محاسبه شده است و روزهایی که آمار حداکثر دما از شاخص مورد نظر بیشتر بوده به دو دسته موج گرمایی کوتاه مدت و بلند مدت تقسیم شده است که دسته اول امواجی هستند که بین ۱ تا ۳ روز تداوم داشتند و دسته دوم امواجی هستند که ۶ روز یا بیشتر تداوم داشته اند (بالدی: ۲۰۰۴)

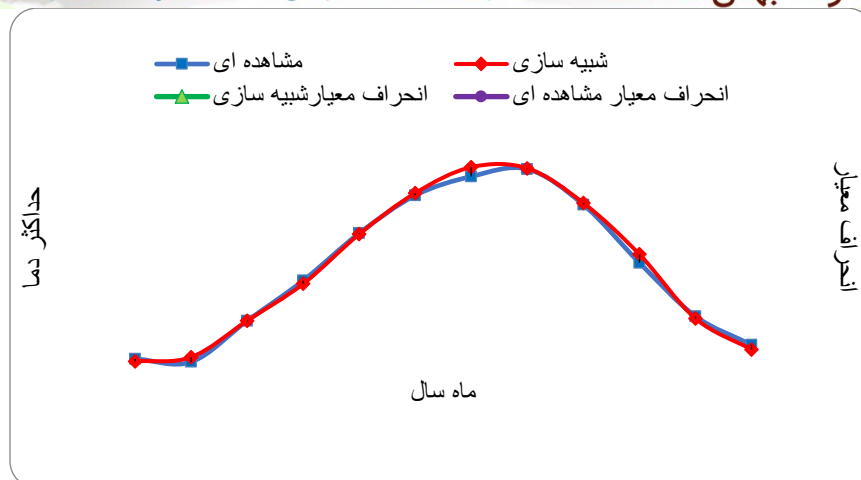
۳- یافته‌های پژوهش

۳-۱ ارزیابی توانایی مدل

جهت ارزیابی توانایی کلی مدل در شبیه‌سازی داده‌های مشاهداتی در دوره تحت بررسی خطای مطلق (MEA) و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) (بهترین مقدار آنها برابر صفر است) و هم‌چنین ضریب تعیین (R^2) (بهترین مقدار آن برابر یک می‌باشد) بین داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در دوره تحت بررسی محاسبه شده است. برای این کار از روابط زیر استفاده شده است. با توجه به نتایج حاصل شده و مقادیر R^2 ، RMSE، MAE و آزمون کولموگروف اسمیرنوف، شبیه‌سازی‌های صورت گرفته در هر سه ایستگاه از دقت قابل قبولی برخوردارند.

جدول شماره ۲. مقادیر آزمون کولموگروف اسمیرنوف و P-value آن برای ایستگاه سینوپتیک زنجان در ۶ ماه گرم سال

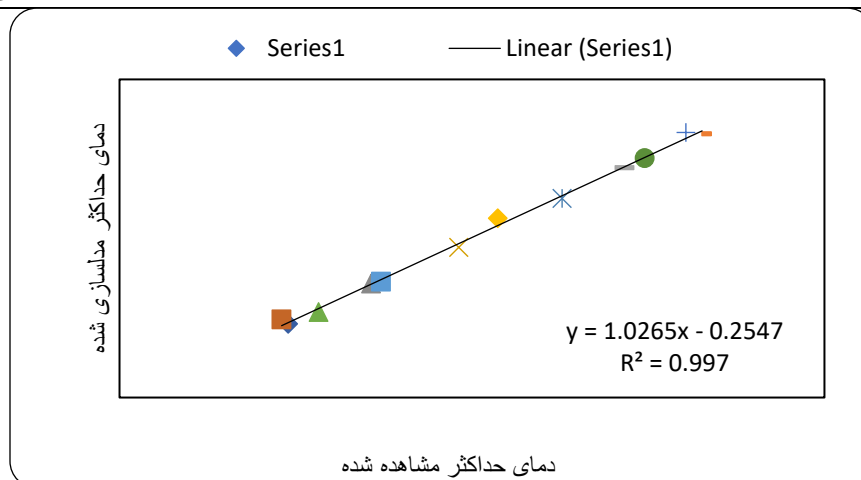
ایستگاه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
KS statistic	۰.۰۵۳	۰.۰۵۳	۰.۱۰۶	۰.۱۵۸	۰.۱۰۵	۰.۱۰۶
P-value	۱	۱	۱	۰.۹۹	۰.۹۱	۰.۹۹



شکل شماره ۲. نمودار داده‌های مشاهداتی و شبیه سازی شده

جدول شماره ۳. مقادیر R^2 , MAE, RMSE

ایستگاه	RMSE	MAE	R^2
زنجان	۰.۰۲۵	۰.۲۲	۰.۹۸



شکل شماره ۳. رابطه دمای حداقل مشاهده شده و شبیه سازی شده



انجمن علمی سیستم‌های
سطوح آبگیر باران ایران

دوازدهمین همایش ملی سامانه‌های سطح آبگیر باران

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آبخیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

با توجه به شکل (۲)، در ایستگاه سینوپتیک زنجان بین داده‌های مشاهداتی و داده‌های مدلسازی شده مطابقت وجود دارد اما مقادیر انحراف معیار مطابقت چندانی ندارد و در ماه‌های دوره گرم اندکی اختلاف میان داده‌های مدلسازی شده و مشاهده شده وجود دارد. بنابراین یکی از ضعف‌های مدل لارس در تولید داده‌های هواشناسی این می‌باشد که در اکثر موارد انحراف معیار مقادیر مدلسازی شده خصوصا در مورد دما نسبت به انحراف معیار مشاهداتی متفاوت است که این موضوع باید در مطالعات مربوط به تغییر اقلیم با استفاده از تولید داده توسط این مدل، مدنظر قرار گیرد و انحراف معیار داده‌های مدلسازی با روش‌های آماری اصلاح گردد (مشکواتی و همکاران ۱۳۸۹:۸۸). شکل (۳)، نیز همبستگی بالایی بین حداکثر دمای مشاهده شده و مدلسازی شده را تایید می‌کند و مقدار R^2 به عدد یک نزدیک است و بنابراین مقدار ضریب تعیین نیز همبستگی بالا را تایید می‌کند. بر اساس جدول (۳)، نیز مقادیر مقادیر RMSE و MEA نیز حداقل خطای ممکن را نشان می‌دهد که قابل چشم پوشی است.

• پیش‌بینی بر اساس مدل BCM2

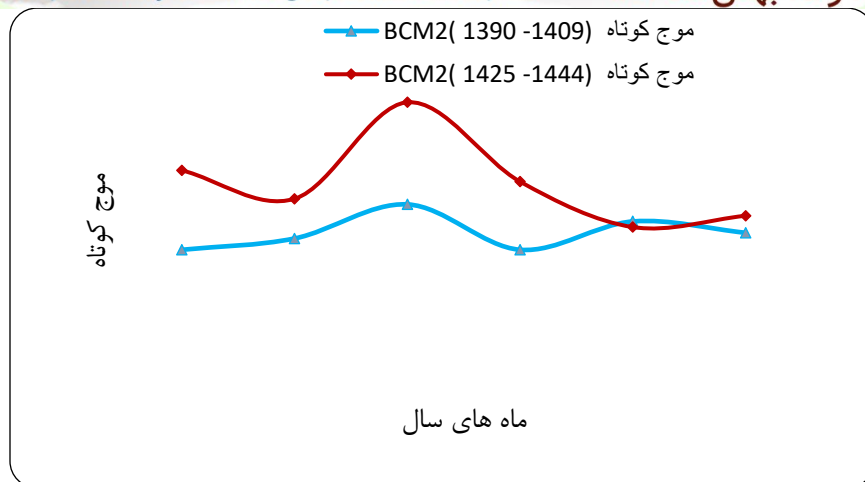
با استفاده از شاخص بالدی روزهای موج گرمایی کوتاه مدت و بلند مدت شناسایی شد. بر اساس تعریف بالدی (۲۰۰۴)، موج گرمایی عبارتست از روزهایی که دمای حداکثر آنها بین ۱ تا ۶ روز است موج گرمایی کوتاه مدت است و روزهای بالاتر از ۶ روز موج گرمایی بلند مدت نام گرفته است. نتایج حاصل از پیش‌بینی موج گرمایی بر اساس مدل BCM2 در سالهای ۲۰۶۵ تا ۲۰۴۶ در جداول (۴) و (۶) آمده است.

جدول ۴: تعداد موج‌های کوتاه مدت مدل BCM2 بین سالهای ۲۰۶۵ تا ۲۰۴۶

موج کوتاه	موج بیش از یک روز
فروردین	۵۹
اردیبهشت	۵۴
خرداد	۷۱
تیر	۵۷
مرداد	۴۹
شهریور	۵۱

جدول ۵: تعداد روزهای موج گرمایی کوتاه بر اساس شاخص بالدی به تفکیک سال آماری مورد پیش‌بینی بر اساس مدل BCM2

سال آماری	موج گرمایی	سال آماری	موج گرمایی	سال آماری	موج گرمایی	سال آماری	موج گرمایی
۱۳۹۰	۸	۱۴۰۰	۸	۱۴۲۵	۸	۱۴۳۵	۸
۱۳۹۱	۷	۱۴۰۱	۹	۱۴۲۶	۷	۱۴۳۶	۱۰
۱۳۹۲	۷	۱۴۰۲	۷	۱۴۲۷	۱۰	۱۴۳۷	۷
۱۳۹۳	۷	۱۴۰۳	۱۱	۱۴۲۸	۸	۱۴۳۸	۸
۱۳۹۴	۶	۱۴۰۴	۷	۱۴۲۹	۵	۱۴۳۹	۸
۱۳۹۵	۱۰	۱۴۰۵	۷	۱۴۳۰	۷	۱۴۴۰	۸
۱۳۹۶	۱۰	۱۴۰۶	۶	۱۴۳۱	۸	۱۴۴۱	۱۰
۱۳۹۷	۶	۱۴۰۷	۷	۱۴۳۲	۹	۱۴۴۲	۹
۱۳۹۸	۶	۱۴۰۸	۸	۱۴۳۳	۷	۱۴۴۳	۷
۱۳۹۹	۹	۱۴۰۹	۷	۱۴۳۴	۷	۱۴۴۴	۱۰



شکل شماره ۴: نمودار موج کوتاه در ماه‌های آماری مدل bcm2

بر اساس جدول (۶)، موج گرمایی کوتاه بر اساس پیش‌بینی مدل BCM2 نرم‌افزار لارس، بیشترین فراوانی مربوط به سالهای ۱۳۹۵، ۱۳۹۶، ۱۴۰۳، ۱۴۲۷ و ۱۴۳۶ است و در تمام سال‌های پیش‌بینی فراوانی امواج کوتاه بیش از ۶ موج کوتاه در سال بوده است و بر اساس جداول (۴ و ۵) در سالهای بین ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۹ در ماه‌های خرداد تا شهریور فراوانی امواج کوتاه بیشتر است و در سالهای بین ۱۴۲۵ تا ۱۴۴۴ سیر روند به سمت ماه‌های اول دوره گرم سال بوده است و بنابراین طول دوره گرم در حال افزایش بوده و فصول خنک‌تر در ماه‌های بهار به تدریج به سمت گرم‌تر شدن می‌رود. با توجه به پردازش مدل مذکور، روند حرکت زمین به سمت گرمایش را به نوعی تایید می‌کند با این تحلیل در سال‌های آتی دمای این ایستگاه روند مثبت گرفته و در نتیجه گرمایش را به همراه خواهد داشت و احتمال جابه‌جایی فصول در این ایستگاه‌ها در سال‌های آینده وجود دارد که رفته رفته فصل بهار به لحاظ ویژگی‌های اقلیمی به فصل تابستان شباهت زیادی پیدا خواهد کرد این امر می‌تواند تبعات نامناسبی به لحاظ زیست محیطی، اجتماعی، اقتصادی و بسیاری از مسائل دیگر برای این منطقه به دنبال داشته باشد. با توجه به شکل (۴)، بر مبنای پیش‌بینی مدل BCM2، بیشترین تعداد موج‌های کوتاه در ماه‌های خرداد و تیر است و ماه‌هایی که در دوره گرم دمای بالاتری دارند با توجه به روند نمودار به سوی گرمای بیشتر پیش می‌روند. موج کوتاه در بازه زمانی (۱۴۲۵-۱۴۴۴) فراوانی در تمام ماه‌ها شدت گرفته است و نسبت به بازه زمانی اول تغییر کرده است و همچنان بیشترین فراوانی در ماه خرداد و تیر قرار دارد.

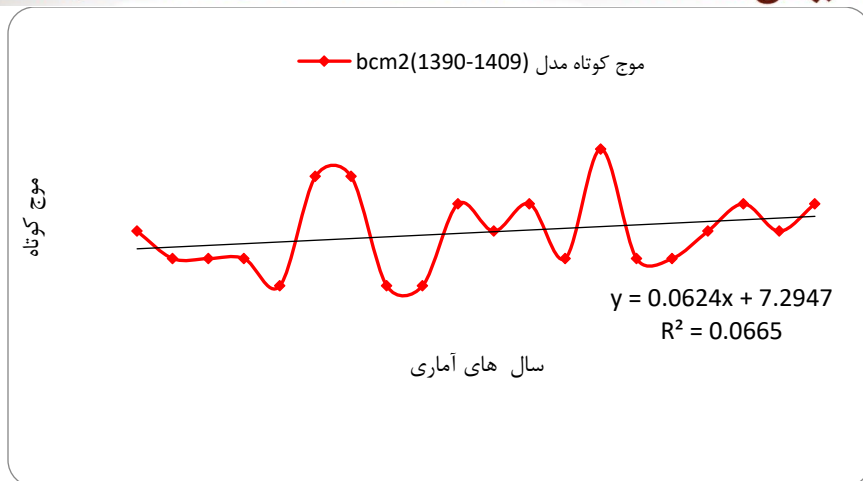
12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

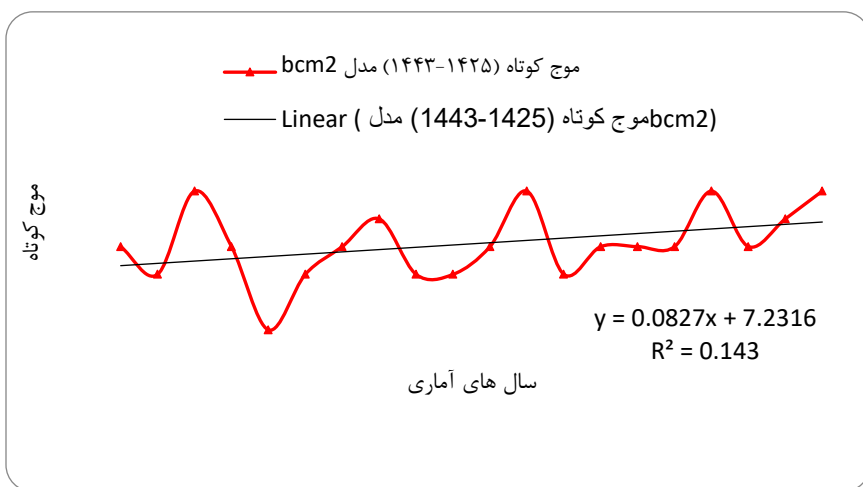
Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آب‌خیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲



شکل شماره ۵: نمودار پیش‌بینی مدل BCM2 در سال ۱۳۹۰-۱۴۰۹



شکل شماره ۶: نمودار پیش‌بینی مدل BCM2 در سال ۱۴۲۵-۱۴۴۴

با توجه به شکل (۵ و ۶)، شیب خط رگرسیون این مدل تغییرات را نشان می‌دهد و سیر صعودی را در طی روند مدلسازی تایید می‌کند. بر اساس BCM2 سیر صعودی شیب ملایمی دارد و روند نشان می‌دهد که موج کوتاه در سال‌های آتی افزایش می‌یابد و در نتیجه دوره گرم بر اساس پیش‌بینی مدل در آینده گرمتر خواهد بود. بر اساس مطالعات مسعودیان (۱۳۹۰:۹۶)، افزایش دما در همه‌ی ماه‌ها یکسان نبوده است. در نیمه گرم سال آهنگ افزایش دما بزرگ‌تر بوده است و در نیمه سرد سال آهنگ افزایش دما آرام‌تر و گاهی روند کاهش دما دیده می‌شود. بنابراین تفاوت دمای نیمه گرم و سرد سال در کشور رو به افزایش است و رژیم گرمایی کشور الگوی قاره‌ای قوی‌تری پیدا کرده است. بر اساس پیش‌بینی مدل BCM2 نیز روند گرما در آینده افزایشی است.

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش از داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک شهرستان زنجان برای ارزیابی موج گرمایی در دهه های اخیر استفاده گردیده است. در پژوهش پیش رو پس از آماده سازی و کنترل کیفی داده‌ها به صورت روزانه وارد مدل LARS-WG شدند. مدلی است که خروجی مدل‌های (GCM) را ریز مقیاس می‌کند. با توجه به نتایج حاصل شده و مقادیر MAE , $RMSE$, R^2 و آزمون کولموگروف اسمیرنوف، شبیه‌سازی‌های صورت گرفته در هر سه ایستگاه از دقت قابل قبولی برخوردارند. در ایستگاه سینوپتیک زنجان بین داده‌های مشاهداتی و داده‌های مدلسازی شده مطابقت وجود دارد اما مقادیر انحراف معیار مطابقت چندانی ندارد و در بین ماه‌های دوره گرم اندکی اختلاف بین داده‌های مدلسازی شده و مشاهده شده وجود دارد. بر اساس شاخص بالدی ابتدا میانگین و انحراف معیار حداکثر دما محاسبه شده و سپس از شاخص بالدی با توجه به رابطه شاخص بالدی محاسبه می‌شود. بر اساس پیش‌بینی مدل BCM2 طول دوره گرم در حال افزایش است و فصول خنک‌تر در ماه‌های بهار به تدریج به سمت گرم‌تر شدن می‌رود. با توجه به پیش‌بینی مدل BCM2 احتمال جابه‌جایی فصول در این ایستگاه‌ها در سال‌های آینده وجود دارد و رفته رفته فصل بهار به لحاظ ویژگی‌های اقلیمی به فصل تابستان شباهت زیادی پیدا خواهد کرد. با توجه به پیش‌بینی مدل HadCM3 موج کوتاه در بازه زمانی اول یک روند افزایشی تندتر نسبت به بازه‌ی زمانی دوم دارد. در بازه‌ی زمانی دوم تغییرات فراوانی امواج کوتاه بیشتر است در کل روند افزایشی دمای ایستگاه سینوپتیک زنجان را تایید می‌کند. با توجه به پردازش مدل‌های مذکور، روند حرکت زمین به سمت گرمایش را به نوعی تایید می‌کند با این تحلیل در سال‌های آتی دمای این ایستگاه روند مثبت گرفته و در نتیجه گرمایش را به همراه خواهد داشت. این پژوهش با مطالب کتاب مسعودیان (۱۳۹۰) و پژوهش‌های یزدان پناه و علیزاده (۱۳۹۰)، شیر غلامی و قهرمان (۱۳۸۴) و اسمغیل نژاد و همکاران (۱۳۹۲) همخوانی نسبی دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که از پیش‌بینی مدل، جهت بازسازی داده دمای حداکثر در دوره گذشته و چگونگی ادامه یافتن این روند در آینده می‌توان بهره جست. هم‌چنین می‌توان اقلیم آینده شهر شامل تغییرات فصول را پیش‌بینی کرد. از جمله کاربردهای این گونه مطالعات می‌توان به آگاهی از تغییرات اقلیمی در آینده و پیش‌بینی بحران‌های کشاورزی و زیست محیطی و حتی اقتصادی که به تغییرات اقلیمی وابسته اند. خصوصاً در زمینه مدیریت ریسک بلایای جوی - اقلیمی و تغییر اقلیم اینگونه تحقیقات می‌تواند راه‌گشا باشد. آگاهی یافتن از شدت، مدت و ابعاد مکانی اثرات تغییر اقلیم از چالش‌های مهم برای سیاستگذاران به حساب می‌آید. با وجود اینکه هنوز روش اصولی برای شناخت آسیب‌پذیری عواملی که باعث تشدید اثرات تغییر اقلیم می‌شوند وجود ندارد اینگونه تحقیقات خصوصاً در زمینه مدیریت ریسک بلایای جوی - اقلیمی و تغییر اقلیم می‌تواند راه‌گشا باشد. ایران مانند بسیاری از کشورها در معرض پدیده‌های ح دی قرار دارد که این امر به نوبه خود باعث مشکلات جدی مانند بحران‌های آبی خواهد شد.

۵- منابع و مأخذ

[۱] اسدی، ا.، مسعودیان، ا. ۱۳۹۳. پهنه بندی ایران بر مبنای دماهای فرین بالا. مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۴۰ (۴): ۱۵۵-۱۶۸.

[۲] اسماعیلی، ر.، کوهی، م. ۱۳۹۱. پهنه‌بندی وقوع آخرین یخبندان‌های دیررس خراسان رضوی با استفاده از خروجی مدل اقلیمی. فصلنامه جغرافیای طبیعی، ۹۳: ۸۳-۱۷.

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آب‌خیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

[۳] اسمعیل نژاد، م.، خسروی، م.، علیجانی، ب.، مسعودیان، ا. ۱۳۹۲. شناسایی امواج گرمایی ایران. جغرافیا و توسعه، ۳۳: ۳۹-۵۴.

[۴] تقوی، ف.، محمدی، ح. ۱۳۶۸. بررسی دوره‌ی بازگشت رویدادهای اقلیمی حدی به منظور شناخت پیامدهای زیست محیطی. محیط شناسی، ۴۳: ۱۱-۲۰.

[۵] جهانبخش، س.، ترابی، س. ۱۳۸۳. بررسی و پیش بینی تغییرات دما و بارش در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۷۴: ۲۲-۱.

[۶] دارند، م. ۱۳۹۳. شناسایی و تحلیل زمانی - مکانی امواج گرمایی ایران زمین. جغرافیا و توسعه، ۳۵: ۱۶۷-۱۸۰.

[۷] مجرد، ف.، معصوم پور، ج.، رستمی، ط. ۱۳۹۴. تحلیل آماری - همدیدی امواج گرمایی بالای ۴۰ درجه سلسیوس در غرب ایران. جغرافیا و مخاطرات طبیعی، ۴(۱۳): ۴۱-۵۷.

[۸] مسعودیان، ا. ۱۳۹۰. آب و هوای ایران. ناشر شریعه توس، چاپ اول، ۱-۲۸۸.

[۹] مشکواتی، ا.، کردجری، م.، باباییان، ا. ۱۳۸۹. بررسی و ارزیابی مدل لارس در شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی استان گلستان در دوره ۲۰۰۷-۱۹۹۳ میلادی. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۹: ۹۶-۸۱.

[۱۰] معافی مدنی، س. ف. موسوی بایگی، م.، انصاری، ح. ۱۳۹۱. پیش‌بینی خشکسالی استان خراسان رضوی طی دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ با استفاده از ریز مقیاس نمایی آماری خروجی مدل LARS-WG. جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۳: ۳۷-۲۱.

[11] Baldi, M., Pasqui, M., Cesarone, F., De Chiara, G. 2004. Heat wave in the Mediterranean Region Analysis and Model Results. Institute of biometeorology, CNR.ROM.ITALY 10(5):1-12.

[12] Bumbaco, K. A., Dello, K. D., Bond, N. A. 2013. History of Pacific Northwest Heat Waves: Synoptic Pattern and Trends. J. Appl. Meteor. Climatol, 52: 1618-1631.

[13] Ganguly, R.A., Karsten, S., Erickson, D.J., Branstetter, M., Parish, E. S., Singha, N., Drake, J. B., Buja, L. 2009. Higher trends but larger uncertainty and geographic variability in 21st century temperature and heat waves. PNAS, 106(37): 15555-15559.

[14] Hoerling, M.P., Eischeid, J., Quan, X., Xu, T. 2007. Explaining the record U.S. warmth of 2006. Geophys Res Lett, 34(17): 10.1029/2007GL030643.

[15] Kozlowski, D.R., Edwards, L.M. 2007. An analysis and summary of the July 2006 record-breaking heat wave across the state of California, NOAA Western Regional Tech Attach, 07-05.

[16] Maxwell, B. 2007. Analysis of the 22-23 July 2006 extreme heat in San Diego County. NOAA Western Region Tech Attach, Salt Technical Attachment 07(04): 2-5.

[17] Tamranzian, A., LaDochy, S., Willis, J., Patzert, W. 2008. Heat Waves in Southern California: Are They Becoming More Frequent and Longer Lasting? APCG YEARBOOK, 70: 59-69.

[18] Twardosz, R., Kossowska-Cezak, U. 2013. Exceptionally Hot Summers in Central and Eastern Europe (1951–2010). Theor. Appl. Climatol, 112: 617–628.

Forecasting heat waves in the city of Zanjan by using LARS-WG Model

Massoud Goodarzi

Corresponding Author, Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research
Institute SCWMRI, AREEO, Tehran, Iran.

massoudgoodarzi@yahoo.com

Brumand Salahi

Professor in Climatology, University of Mohaghegh Ardabili,

Zeynab Ghodraty

PhD in Climatology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Abstract

Heat waves are one of the most important climatic disasters that are environmental impacts. The main objective of this research is based on forecasts of heat waves city of Zanjan in the period 2046-2065 using Lars-WG in two scenarios A1B is HadCM3 and BCM2. In this study, the data entered in the software LARS-WG on daily basis and the output of the model was validated by statistical methods and the continued use of the BALDI index for Heat wave analysis. The results show that the short heat wave in Zanjan on BCM2 and HadCM3 models has increased in both periods. And most short heat wave in the first period. Most short-heat wave frequency is in the first period in the months of June and July and the second period is short-wave frequency in the months of April and May. Therefore the models predict increases the number of hot days. It should be noted that in both models there is no long heat wave. Therefore, these results can be used in the reconstruction of data for minimum temperature in the last period, and the manner of continuing this trend in the future. The future climate of the city also can be forecasted. It includes changes in the seasons. This research has been done using LARS-WS model in order to Forecasting heat waves in the city of Zanjan. Lars model has the capability to produce climatic data based on the observed climate of one year. But extracting 20- or 30-years' data is necessary to produce unstable and seasonal real condition. Input data of the model used in this study consists of rainfall variables, minimum temperature, maximum temperature, and sundials in daily scale during 1992-2012; that output data of maximum temperature of Zanjan station has been used with respect to research topic. In this research, after reproducing and analysis of the produced data using Lars model, Smirnov test and p value statistics and also chart drawing have been used in order to assess the capability of model to simulate meteorology data of synoptic station of Zanjan during observational period of climatology. After has been studied modeling the future behavior of the maximum temperature and the heat wave in two periods and The maximum temperature data using Baldy index in six months (spring & summer) divided into short-term and long-term heat waves Baldy index is calculated in the mean and standard deviation maximum temperature. Thus, this study confirms the increasing duration of heat And the change of seasons in the coming years in Zanjan synoptic stations. Days that exceed the maximum temperature of the index Baldy is divided into two categories: short-term and long-term heat wave. The first waves were continuing between 1 to 3 days and the second waves that have



انجمن علمی سیستم‌های
سطوح آبگیر باران ایران

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

دوازدهمین همایش ملی
سامانه‌های سطوح آبگیر باران

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آبخیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

continued 6 days or more. Using output of Global Climate Models and Regional Climate Models it is possible to researchers to examine climate changes in different long-term measures on different sections. It follows ease future planning and thereby reduces future damage caused by this climatic risk.

Keywords: BALDI index, City of Zanjan, Forecasting, Heat waves, LARS-WG model.