

تغییر الگوی کشت برای مصرف بهینه آب حاصل از بارش شدید شبیه سازی شده با مدل RegCM4 در استان خراسان جنوبی

مطهره زرگری^{۱،*}، علیرضا انتظاری^۲، عباس مفیدی^۲، محمد باعقیده^۲

^۱ دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

^۲ دانشیار آب و هواشناسی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

^۲ استادیار آب و هواشناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۵/۱۹، تاریخ پذیرش: ۹۸/۸/۲۸

چکیده

مدل دینامیکی RegCM4، مطالعه بارش شدید را به عنوان یکی از پدیده های جوی به منظور تغییر الگوی کشت برای مصرف بهینه آب در نظر می گیرد. مطالعه حاضر با استفاده از داده های مختلفی شامل داده های بارندگی، TRMM، NCEP/NCAR، مدل RegCM4، آفرودیت، جو بالا (راديو سوند) و نهایتاً، داده های جهاد کشاورزی برای ارائه الگوی مناسب کشت انجام شده است. در این تحقیق، از روش آستانه بارش استفاده شد و نمودار درصد بارش فصلی، نقشه های بارش شدید و پهنه بندی برای منطقه مورد مطالعه تهیه شد. نتایج، بیانگر آن بود که درصد بارش فصلی در فصول بهار و زمستان به ترتیب دارای روند صعودی و نزولی می باشد و ایستگاه های بیرجند، نهبندان و قائن در فصل بهار دارای بالاترین درصد بارش می باشند. در نقشه های NCEP و TRMM شدت جریانات جوی منجر به وقوع بارش شدید شده که در شبیه سازی موفق مدل RegCM4 قابل مشاهده است و در نقشه مشاهداتی نیز دارای مقادیر قابل ملاحظه ای می باشد. افزایش مقادیر رطوبت بر روی نقشه های CAPE و ترمودینامیکی حاکی از ناپایداری های جوی در منطقه است. علاوه بر این، ضریب رگرسیون بین میانگین بارش با عملکرد، تولید و سطح زیر کشت محصولات رابطه مثبت را نشان می دهد و در شهرستان های بیرجند، قائن و نهبندان که مقدار بارش در آن بیشتر بوده است محصولات کشاورزی نیز عملکرد بهتری را نشان داده اند. بنابراین، شناسایی اوج نیاز آبی محصولات عنب آبی، زرشک و زعفران در زمانی که بارش شدید رخ می دهد به طور قابل ملاحظه ای می تواند نیاز آبی این گیاهان را تامین کند. به عبارت دیگر، همزمانی وقوع بارش های سنگین با اوج نیاز آبی این گیاهان منجر به استفاده صحیح از آب باران و بهبود سیستم کشاورزی استان می گردد. نتایج این تحقیق کشت جایگزین و تغییر الگوی کشت را برای محصولات ماندند عنب آبی، زرشک و زعفران که با شرایط اقلیمی و منطقه ای سازگارترند، پیشنهاد می نماید.

کلمات کلیدی: الگوی کشت، بارش شدید، خراسان جنوبی، محصولات کشاورزی، RegCM4

مدت توسعه یافته است و در مطالعات گسترده اقلیمی منطقه ای در حال گسترش است (هالنکا^۸ و همکاران، ۲۰۰۶؛ دیمری و گانجو^۹، ۲۰۰۷؛ لوپارت و روشا^{۱۰}، ۲۰۱۲؛ باتلا^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۶؛ نایاک^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۷؛ یانگ^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۸؛ خوپرسکوف^{۱۴} و همکاران، ۲۰۱۹). از جمله شبیه سازی های موفق بارش با استفاده از مدل RegCM4، می توان به تحقیقات صورت گرفته در ایتوبی (زلکه^{۱۵} و همکاران، ۲۰۱۳)، محدوده ایالت متحده امریکا (فوئنتوس فرانکو و همکاران، ۲۰۱۴؛ ریویتا^{۱۶} و همکاران، ۲۰۱۶)، منطقه مدیترانه (ولیکو و تولیکا^{۱۷}، ۲۰۱۷)، هند (نایاک و همکاران، ۲۰۱۸؛ رای^{۱۸} و همکاران، ۲۰۱۹)، آسیای جنوب شرقی (لوی^{۱۹} و همکاران، ۲۰۱۸) و شمال شرقی برزیل (آراجو^{۲۰} و همکاران، ۲۰۱۹) اشاره کرد.

در ایران نیز مدل RegCM4 توسط محققان مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا، زرگری و زرین (۱۳۹۴) در بررسی بارش سنگین در استان تهران نشان دادند که وجود ترفی بر جانب غربی تهران و رطوبت دریای مدیترانه باعث شکل گیری هوای ناپایدار و ایجاد بارش سنگین و به دنبال آن وقوع سیلاب می شود و به کارگیری مدل RegCM در کنار نقشه های سینوپتیکی می تواند تا حد زیادی به پیش بینی ها کمک نماید. همچنین، خروجی مدل، شبیه سازی نسبتاً خوبی را نشان می دهد و داده های مشاهداتی این قضیه را تصدیق می نماید. در تحقیقی دیگر، بارش های فصل زمستان در استان فارس توسط زرین و همکاران (۱۳۹۴) با مدل اقلیمی RegCM4 شبیه سازی شد. نتایج نشان داد که

مدل های آب و هوایی جهانی (GCM)^۱ و منطقه ای (RCM)^۲ به منظور شبیه سازی متغیرهای اقلیمی استفاده می شوند. برای استفاده از این مدل ها ابتدا لازم است عملکرد مدل مورد ارزیابی قرار گرفته شود (فوئنتوس فرانکو^۳ و همکاران، ۲۰۱۴). قدرت تفکیک فضایی این مدل ها دارای تفاوت قابل ملاحظه ای می باشد. قدرت تفکیک مدل آب و هوایی جهانی تا صدها کیلومتر است و قادر به آشکارسازی مشخصات توپوگرافی منطقه و همچنین مقیاس های کوچک نمی باشد. در حالی که مدل آب و هوایی منطقه ای با بهره گیری از تکنیک ریزمقیاس نمایی دینامیکی می تواند قدرت تفکیک فضایی افقی مرتبط با مدل آب و هوایی جهانی را با مشاهده فرایندهای فیزیکی و دینامیکی جوی بهبود بخشد (جیورجی و میرنزا^۴، ۱۹۹۹؛ مایر و مسکیتا^۵، ۲۰۱۵). مدل آب و هوایی منطقه ای برای شرایط اقلیمی محلی و منطقه ای شبیه سازی می شوند و به دلیل آشکارسازی قابل ملاحظه ای از ویژگی های سطح زمین و فرایندهای فیزیکی در مقیاس درونی دارای مهارت بهتری نسبت به مدل آب و هوایی جهانی می باشد (باسکران^۶ و همکاران، ۱۹۹۶؛ جیورجی، ۲۰۰۶؛ تیواری^۷ و همکاران، ۲۰۱۶). مدل آب و هوایی جهانی می تواند پاسخ گردش جهانی به واداشت های بزرگ مقیاس مانند گازهای گلخانه ای یا تغییرات تابش خورشید را توصیف کند اما مدل آب و هوایی منطقه ای به طور مکانی و زمانی می تواند این اطلاعات بزرگ مقیاس را با محاسبه اثرات فرآیندها و واداشت های شبکه ای مدل آب و هوایی جهانی که به علت توپوگرافی پیچیده، خطوط ساحلی و یا فرآیندهای دینامیکی به صورت میان مقیاس می باشند، اصلاح کند (جیورجی، ۲۰۱۹).

مدل RegCM اولین مدل منطقه ای محدود می باشد

که برای شبیه سازی اقلیمی منطقه ای برای دوره طولانی

- 1-Global Climate Model
- 2-Regional Climate Model
- 3-Fuentes-Franco
- 4-Giorgi and Mearns
- 5-Mayor and Mesquita
- 6-Bhaskaran
- 7-Tiwari

8-Halenka
9-Dimri and Ganju
10-Llopart and Rocha
11-Bhatla
12-Nayak
13-Yang
14-Khoperskov
15-Zeleke
16-Reboita
17-Velikou and Tolika
18-Rai
19-Lui
20-ARAÚJO

در مدل سازی بارش های بهاره در محدوده خاورمیانه و شمال غرب ایران را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آن ها بیانگر آن است که در ارزیابی عملکرد طرح واره ها در برآورد بارش بزرگ مقیاس و همرفتی، نشان از برتری نسبی طرح واره ی کو به طرح واره های امانوئل و گرل دارد. مدل RegCM4، اندازه ی بارش ماه های نزدیک به دوره ی سرد سال را بهتر از ماه های نزدیک به دوره ی گرم سال مدل سازی می کند. مقدار خطا و اریبی مقادیر بارش همرفتی نیز حاکی از آن است که هر سه طرح واره مدل در برآورد مقدار بارش همرفتی، هم در مقیاس بزرگ تر بر روی خاورمیانه و هم در مقیاس کوچک تر بر روی شمال غرب ایران از اریبی منفی برخوردار هستند. همچنین، تأثیر توپوگرافی اصلاح شده در بهبود نتایج مدل RegCM4 توسط حسینی و همکاران (۱۳۹۶) گویای آن است که داده توپوگرافی GMTED نسبت به داده توپوگرافی GTOPO در مناطقی از ساحل دریای خزر افزایش ارتفاع و در بعضی از مناطق رشته کوه های البرز کاهش ارتفاع داشته است. همچنین اصلاح توپوگرافی که منجر به کاهش ارتفاع در ناحیه کوهستانی شده است سبب کاهش سرعت باد و واقعی تر شدن آن شده است و در کل داده توپوگرافی اصلاح شده GMTED نتایج خروجی مدل را بهبود داده و بهتر است در پژوهش های آتی جایگزین داده قدیمی GTOPO گردد. علاوه بر این، طاهری تیزرو و همکاران (۱۳۹۶) در ارزیابی شبیه سازی مؤلفه های بیلان آب سطحی توسط مدل اقلیمی منطقه ای RegCM4 بیان کردند که با توجه به مساحت کوچک حوضه و دوره زمانی کوتاه چشم انداز که در آن آثار تغییر اقلیم قابل تشخیص نیست، حصول مقدار متوسط ۱،۳ میلیمتر اختلاف در معادله بیلان برای این دوره ۱۰ ساله می تواند بیانگر عملکرد مطلوب مدل در برقراری توازن آبی حوضه باشد. به طور کلی می توان نتیجه گرفت علی رغم بهبود توازن آب، عملکرد طرح واره سطح هنوز در پارامتره سازی بودجه آبی، به ویژه رواناب مطلوب نیست، در حالی که در برآورد بودجه انرژی، با توجه به برآورد خوب در شبیه سازی میانگین دما، عملکرد مناسبی دارد.

ریز مقیاس نمایی توسط مدل اقلیمی تا حد قابل قبولی می تواند بارش های فصل زمستان در استان فارس را شبیه سازی کند. در عین حال، مقایسه نتایج به دست آمده از عمل با نتایج حاصل از انجام پس پردازش آماری و داده های مشاهداتی نشان داد که استفاده از روش پس پردازش آماری موجب افزایش کارایی مدل نمی شود. در همین رابطه، محمدی و همکاران (۱۳۹۴) در شبیه سازی بارش به دو روش دینامیکی و آماری - دینامیکی در دوره ی سرد سال در استان فارس نشان دادند که در پاییز کارایی هر دو روش یکسان است و هیچ کدام از دو روش ارجحیتی بر یکدیگر ندارند در حالی که در زمستان کارایی روش دینامیکی بهتر از روش آماری - دینامیکی است و استفاده از پس پردازش آماری موجب افزایش کارایی مدل نمی شود. در صورتی که این مقایسه برای کل دوره ی سرد سال انجام گیرد، پس پردازش آماری، کارایی مدل را کاهش می دهد. همچنین، مشاری عشق آباد و همکاران، (۱۳۹۵) روش های مختلف پارامترسازی همرفت بارش در شمال شرق کشور را با مدل RegCM4 ارزیابی کردند. بر این اساس، طرح واره ی گرل آراکاو-شوبرت پس از بررسی طرح واره های مختلف گرل آراکاو-شوبرت (AS)، گرل فریچ-چپل (FC) و کو و امانوئل به عنوان بهترین طرح واره برای منطقه انتخاب گردید. در پژوهشی دیگر، نقش دریای خزر در وقوع بارش های سواحل جنوبی آن توسط کارخانه و همکاران (۱۳۹۵) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این شبیه سازی بیانگر آن است که با حذف دریای خزر بیشترین میزان تغییر بارش، در سواحل جنوبی این دریا به وقوع می پیوندد. همچنین، در صورت حذف دریای خزر، به واسطه افزایش کشال سطحی، از شدت باد با جهت شمالی بر روی منطقه کاسته خواهد شد و تبخیر از سطح دریا و شارگرمای نهان، به طور محسوسی کاسته می شود. به طور کلی، نتایج مدل RegCM4 در این تحقیق قابل قبول بوده و مدل توانسته است روند و مقدار بارش های ماهانه را به خوبی شبیه سازی نماید. در این میان، خورشید دوست و همکاران (۱۳۹۶) حساسیت مدل RegCM4 به طرح واره های بارش همرفتی

تأثیر زیادی در قدرت فعالیت سامانه های آوریل نداشته است. تاوایی و همگرایی سامانه های همرفتی در ماه آوریل قوی تر و شدیدتر از ماه های دسامبر- ژانویه بوده است. از جمله تحقیق های صورت گرفته دیگر نیز می توان به تأثیر ارتفاعات زاگرس بر بارش همرفتی تجمعی و سرعت قائم باد ترازهای مختلف جو توسط بساطی و همکاران (۱۳۹۷) اشاره کرد که بررسی ها نشان می دهد که ارتفاعات زاگرس در ماه آوریل باعث جابجایی رودباد ترازهای بالای جو از تراز ۲۰۰ به ۴۰۰ هکتوپاسکال و سبب افزایش سرعت و وسعت آن ها شده است؛ بنابراین الگوی جریانات سامانه های همرفتی میان مقیاس و بارش همرفتی حاصل از آن ها متأثر از الگوی ارتفاعات بوده است و با تغییر شرایط دمایی از شرایط سرد به شرایط گرم، میزان و نحوه تبعیت از توپوگرافی و شرایط محلی تغییر کرده است؛ به گونه ای که در ماه دسامبر، ارتفاعات باعث کاهش سرعت باد ترازهای پایین جو و در ماه ژانویه و آوریل سبب افزایش آن شده است. همچنین، کارایی مدل RegCM4 در شبیه سازی دما و بارش توسط تقی لو و همکاران (۱۳۹۸) نشان داد که بارش نسبت به دما دارای دقت پایین تری بوده است. مقادیر شبیه سازی شده بارش برای شهر های پر بارش مثل بندر انزلی ۱۵٪ و برای شهر های کم بارش مانند یزد و زاهدان به ترتیب ۵۷٪ و ۷۲٪ و برای زنجان این دو مقدار نزدیک به هم به دست آمد و به طور کلی، مدل توانایی تفکیک ماه های پر بارش و کم بارش را داشته است.

با توجه به اهمیت بارش های سنگین در مناطق مختلف کشور (زرگری، ۱۳۹۳، صالح آبادی و همکاران، ۱۳۹۳، فاروقی و همکاران، ۱۳۹۷) شبیه سازی بارش در بسیاری از برنامه های کاربردی از جمله کشاورزی یک مسئله مهم در نظر گرفته شده است. خراسان جنوبی یکی از استان های دارای آب و هوای خشک و بیابانی با متوسط بارندگی ۱۳۴ میلیمتر در سال در شرق کشور است (عابدزاده، ۱۳۹۶). بر اساس گزارشات سازمان هواشناسی استان، شهرستان های بشرویه و فردوس به ترتیب دارای رتبه های نخست و نهم از لحاظ کاهش بارندگی ها در

همچنین در تحقیقی، برون داد مدل دینامیکی RegCM4 در شبیه سازی بارش و دما در ناحیه شرق و شمال شرق ایران توسط کیخسروی (۱۳۹۶) مورد مطالعه قرار گرفت. یافته های ایشان نشان داد که طرح واره کو به نسبت دو طرح واره گول و امانوئل، خطای کمتری را در مدل سازی بارش و دمای سطح زمین داشت. همچنین، مقادیر متوسط آریبی بارش خطای محدوده در مقیاس فصلی در فصل زمستان و بهار نسبت به فصول دیگر بیشتر می باشد. در پژوهش دیگری بر روی پیش بینی بارش دوره سپتامبر تا دسامبر سال ۲۰۱۷، باباییان و همکاران (۱۳۹۷) نشان دادند که در پیش دیدهای ۱ و ۲ ماهه داده های مستقیم مدل CFSv.2 دارای بیشترین درستی در مقایسه با داده های دیدبانی و ERA-Interim می باشند، در حالی که در پیش دیدهای ۳ و ۴ ماهه، درستی داده های ریزمقیاس شده توسط RegCM4 بیشتر از داده های مستقیم CFSv.2 هستند. در بین چهار طرحواره کومولوس مورد آزمایش، طرحواره گول خشکی- امانوئل اقیانوس دارای بیشترین درستی در پیش بینی بارش ماه های سوم و چهارم آینده می باشد. آزر و مفیدی (۱۳۹۷) ساز و کارهای وقوع بارش های همرفتی بهاره در شمال غرب ایران را مورد بررسی قرار دادند. یافته های تحقیق آن ها بیانگر آن می باشد که برهم کنش فرآیندهای میان مقیاس (واداشت های گرمایی و مکانیکی حاصل از ناهمواری های شمال غرب ایران) و فرایندهای دینامیکی مقیاس همدید (استقرار ناوه کم ارتفاع تراز میانی) منجر به شکل گیری بارش همرفتی بر روی منطقه می باشد. همچنین، شرایط دینامیکی سامانه های همرفتی میان مقیاس در ماه های گرم و سرد سال و بارش همرفتی تجمعی آن ها توسط یار احمدی و همکاران (۱۳۹۷) نشان داد که الگوی جریانات سامانه های ماه های سرد سال تحت تأثیر توپوگرافی بوده است؛ به گونه ای که با برخورد آن ها به ارتفاعات، تاوایی مثبت در منطقه ایجاد شده است و با افزایش ارتفاع تاوایی قوی تر شده است. همچنین، هسته کمیت های دینامیکی ماه های دسامبر- ژانویه پس از عبور سامانه از ارتفاعات زاگرس تضعیف شده است. در مقابل، ارتفاعات زاگرس

کشور بوده است که در حال حاضر، کمبود آب یکی از مشکلات اساسی در زمینه کشاورزی در این استان می باشد. تقریباً ۹۱ درصد از آب استان در بخش کشاورزی مصرف می شود (رفیعی و همکاران، ۱۳۹۶). بنابراین، در مطالعه حاضر، بررسی تغییر الگوی کشت و پیشنهاد کشت جایگزین به منظور مصرف بهینه آب حاصل از بارش شدید شبیه سازی شده با مدل RegCM4 در استان خراسان جنوبی مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش ها

به منظور بررسی تغییر الگوی کشت برای مصرف بهینه آب حاصل از بارش شدید شبیه سازی شده با مدل RegCM4 در بخش کشاورزی برای ایستگاه های همدیدی استان خراسان جنوبی (بشرویه، بیرجند، فردوس، قائن و نهبندان) از داده های مختلفی شامل داده های روزانه بارندگی برای دوره آماری ۲۰۰۸ - ۲۰۰۰، داده های سالانه بارش و داده های عملکرد محصولات کشاورزی - باغی سازمان جهاد کشاورزی استفاده شده است. همچنین، از داده های رادیو سوند^{۲۱} جو بالا (شامل دمای هوا، دمای نقطه شبنم، جهت و شدت باد و شرایط پایداری و ناپایداری جو) به همراه داده های دوباره تحلیل شده شش ساعته و چهار بار در روز مرکز ملی پیش بینی محیطی (NCEP^{۲۲}) و مرکز ملی پژوهش های جوی (NCAR^{۲۳}) ایالات متحده آمریکا با قدرت تفکیک $۲,۵ \times ۲,۵$ درجه برای تهیه نقشه های بارش و انرژی پتانسیل همرفتی در دسترس (CAPE^{۲۴}) بهره گرفته شد. علاوه بر این، از داده های TRMM^{۲۵} نیز استفاده شد. این داده ها حاصل تلاش مشترک بین ناسا و آژانس توسعه ملی در ژاپن است که برای نظارت و مطالعه باران های گرمسیری طراحی شده است. ماهواره TRMM مجهز به نمایشگر میکروویو TRMM^{۲۶} (TMI) و رادار هواشناسی^{۲۷}

(PR) است و به طور گسترده ای برای تشخیص تنوع فضایی بارش در محدوده ی مقیاس زمانی روزانه و فصلی استفاده شده است (چن^{۲۸} و همکاران، ۲۰۰۹؛ ساحانی^{۲۹} و همکاران، ۲۰۱۰؛ پریبادی^{۳۰} و همکاران، ۲۰۱۲). در این تحقیق، داده های ۳ ساعته TRMM L3 (نسخه ۷) برای روز بارش سنگین مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. این داده ها دارای قدرت تفکیک فضایی $۰,۲۵ \times ۰,۲۵$ درجه و پوشش فضایی ۵۰ درجه شمالی - جنوبی می باشد (کامرو^{۳۱} و همکاران، ۱۹۹۸؛ آدلر^{۳۲} و همکاران، ۲۰۰۰؛ هافمن^{۳۳} و همکاران، ۲۰۰۷) که در مطالعات مختلفی نیز (احمدی و نارنگی فرد، ۱۳۹۱؛ عرفانیان و همکاران، ۱۳۹۵؛ میری و همکاران، ۱۳۹۵؛ عبداللهی و همکاران، ۱۳۹۶؛ نیازی و همکاران، ۱۳۹۷) مورد بررسی قرار گرفته است.

در ادامه، از داده های مدل اقلیمی منطقه ای RegCM4 برای شبیه سازی بارش های سنگین استفاده شد که توسط سیستم های فیزیک زمین (ESP^{۳۴}) گروه مرکز بین المللی فیزیک نظری عبدالسلام (ICTP)^{۳۵} گسترش یافت. هر مدل گردش عمومی برای اجرا به داده های شرایط اولیه نیاز دارد. داده های شرایط مرزی اولیه شامل داده های توپوگرافی، کاربری اراضی، بافت خاک و رطوبت با قدرت تفکیک ۳۰ ثانیه از سازمان زمین شناسی ایالات متحده آمریکا (USGS^{۳۶}) به عنوان داده های پوشش سطحی، داده دمای سطح آب (SST^{۳۷}) به صورت هفتگی با قدرت تفکیک ۱×۱ درجه از اداره ملی جو و اقیانوس آمریکا (NOAA^{۳۸}) و داده های ویژگی های سطح زمین (SURFACE) به همراه داده های شرایط مرزی ثانویه شامل داده های ارتفاع ژئوپتانسیل (hgt)، مولفه بادمداری (U)، باد نصف النهاری (V)، دمای هوا، سرعت

28-Chen

29-Sahany

30-Pribadi

31-Kummerowet

32-Adler

33-Huffman

34-Earth System Physics

35-International Centre for Theoretical Physics (ICTP)

36-United States Geological Survey

37-Sea Surface Temperature

38-National Oceanic and Atmospheric Administration

21-Sounding

22-National Centers for Environmental Prediction

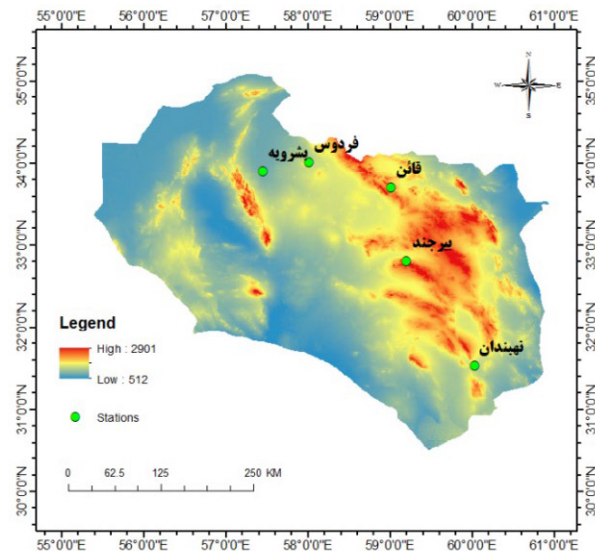
23-National Center for Atmospheric Research

24-Convective Available Potential Energy

25-The Tropical Rainfall Measuring Mission

26-TRMM Microwave Imager

27-Precipitation Radar



شکل ۱. ایستگاه های هواشناسی مورد مطالعه در استان خراسان جنوبی

جدول ۱. موقعیت ایستگاه های هواشناسی استان خراسان جنوبی (احمدی و همکاران، ۱۳۹۴)

ردیف	نوع ایستگاه	ایستگاه ها	عرض جغرافیایی (N)	طول جغرافیایی (E)	ارتفاع (متر)
۱	همیدی	بشرویه	۳۳°	۵۷°	۸۸۵
۲	همیدی	بیرجند	۳۲°	۵۹°	۱۴۹۱
۳	همیدی	فردوس	۳۴°	۵۸°	۱۲۹۳
۴	همیدی	قائن	۳۳°	۵۹°	۱۴۳۲
۵	همیدی	نهندان	۳۱°	۶۰°	۱۲۱۱

۱۳۹۵) می باشند، مورد بررسی قرار گرفت. استان خراسان جنوبی بر اساس شکل ۱ بیش از ۹ درصد مساحت کشور را به خود اختصاص داده است. مساحت این استان ۱۵۱.۱۵۳ کیلومتر مربع است که از این نظر سومین استان ایران با میانگین دمای سالانه ۱۷.۵ درجه سلسیوس می باشد. ۹۵ درصد وسعت این استان را عرصه های طبیعی در بر می گیرد که از این میزان، ۲۲.۷ درصد بیابانی، ۶۳.۳ درصد مراتع بیابانی، ۷.۲ درصد مراتع خوب و متوسط و ۶.۸ درصد جنگلی است و در حال حاضر، دومین استان بیابانی کشوری باشد (عابدزاده، ۱۳۹۶).

در تحقیق حاضر، برای بررسی بارش شدید در ایستگاه های همیدی استان خراسان جنوبی (شکل ۱، جدول ۱) از روش آستانه بارش ۵ درصدی استفاده گردید (مفیدی و

قائم برای ۱۸ تراز فشاری، فشارسطحی و رطوبت نسبی در مقیاس جهانی با قدرت تفکیک افقی یک درجه از سرور مرکز بین المللی فیزیک نظری عبدالسلام تهیه گردید و در فرایند اجرای مدل مورد استفاده قرار گرفت. داده های خروجی مدل شامل سه دسته خروجی می باشند. دسته اول؛ خروجی های مربوط به وضعیت هوا (خروجی های اتمسفری) با حرف اختصاری ATM، دسته دوم؛ خروجی های مربوط به متغیر تابش با حرف اختصاری RAD، دسته سوم؛ خروجی های مربوط به سطح زمین با حرف اختصاری SRF که در خروجی مدل نمایان می گردند. در نهایت، داده های پایگاه آفرودیت که پایگاه داده های بارندگی روزانه شبکه بندی شده با قدرت تفکیک مکانی ۰.۲۵ × ۰.۲۵ درجه قوسی (دارند، ۱۳۹۵؛ باباییان و همکاران، ۱۳۹۶) با روش درون یابی (عزیزی و همکاران،

جدول ۲. بررسی بارش شدید در طی دوره آماری ۲۰۰۸-۲۰۰۰ در ایستگاه های استان خراسان جنوبی

بشروه	بیرجند	فردوس	قائن	نهبندان
۴.۲	۳	۵	۳	۰
۱۲	۳۸	۱۸	۳۳	۸
۰	۰	۰	۰	۰

جدول ۳. برخی از ویژگی های Name List اجرا شده برای شبیه سازی بارش سنگین در مدل RegCM4

Boundary Condition interval (hours)	6	Vertical layers	18
Horizontal Resolution in KM	30	Map projection	Lambert conformal
Number of points in the E/W direction	77	Number of points in the N/S direction	65
Central latitude in degrees	35.50	Central longitude in degrees	51.50
Boundary data	NNRP1	Sea Surface	OI_WK
Cumulus convection scheme	Emanuel	Temperature Spin-Up	2003010100- 2003033100

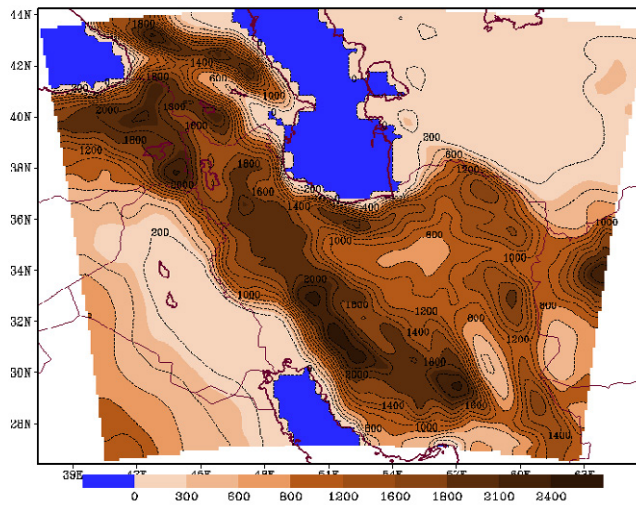
بر این اساس، شبیه سازی بارش شدید روز ۱۴ مارس ۲۰۰۳ با مدل RegCM4 با دوره پایدارسازی (spin-up) دو ماهه مورد آزمایش قرار گرفت و بدین ترتیب مدل از ابتدای ماه ژانویه به اجرا در آمد. با توجه به قدرت تفکیک داده های حاضر، محدوده مورد مطالعه با قدرت تفکیک افقی ۳۰ کیلومتر (شکل ۲) اجرا گردید و پس از اجرای مدل، از داده ی خروجی اتمسفری برای شبیه سازی بارش در محیط GrADS⁴⁰ بهره گرفته شد و بدین ترتیب، نقشه مشاهداتی بارش سنگین با بهره گیری از نرم افزار NCL⁴¹ ترسیم شد.

در این میان، استان خراسان جنوبی نقش قابل توجهی در تولید برخی از محصولات باغی کشور دارد؛ به طوری که استان خراسان جنوبی دارای رتبه اول در تولید زرشک و عناب می باشد و همچنین دارای ۹۸ درصد سطح کشت عناب و زرشک کشور است که از این سطح کشت ۹۸ درصد عناب و ۹۶ درصد زرشک کشور تولید می شود. از سوی دیگر با میانگین سالانه ۴۵ تن زعفران، این استان دومین تولید کننده زعفران ایران محسوب می شود و ۲۳ درصد اراضی کشت زعفران ایران در این استان واقع شده است (اشرفی و همکاران، ۱۳۹۲؛ الوانی و همکاران، ۱۳۹۵؛ عابدزاده، ۱۳۹۶). بنابراین، به منظور بررسی تغییر الگوی کشت برای مصرف بهینه آب حاصل از بارش شدید

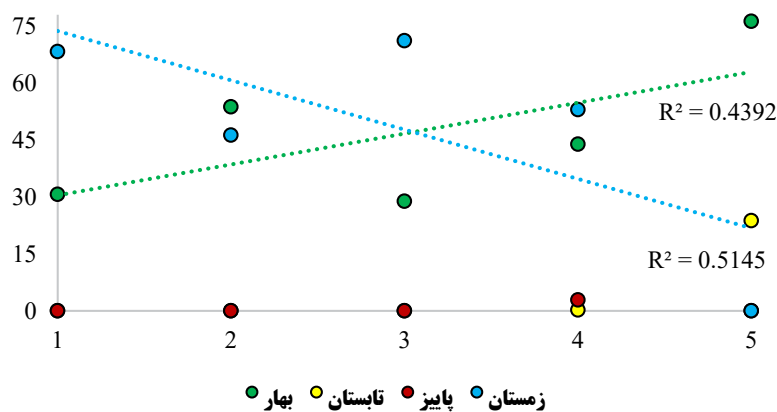
همکاران، ۱۳۸۶؛ ۱۳۹۱، جانباز قبادی و همکاران، ۱۳۹۰) و بیش ترین بارش در روز ۱۴ مارس ۲۰۰۳ (۲۳ اسفند ۱۳۸۱) در بازه زمانی مشخص (۲۰۰۰-۲۰۰۸) برای پنج ایستگاه مورد مطالعه که برابر یا بیشتر از ۷،۲۵ میلی متر بود به عنوان بارش شدید انتخاب گردید (جدول ۲).

در این راستا، نمودار بارش فصلی برای ایستگاه های مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفت و سپس، نقشه های بارش شدید به همراه نقشه های ماهواره TRMM و همچنین نقشه های انرژی پتانسیل همرفتی در دسترس و نقشه های ترمودینامیکی جو از مرکز دانشگاه ایومینگ برای روز اوج به همراه روز قبل تهیه و ترسیم شد و در فرآیند تحقیق برای تجزیه و تحلیل داده ها مورد استفاده قرار گرفت تا ساز و کارهای منجر به وقوع بارش سنگین بررسی گردد. در ادامه، از مدل اقلیمی مقیاس منطقه ای RegCM4 استفاده شد که دارای ویژگی هایی اعم از تراکم ناپذیری، تعادل غیرهیدرواستاتیک، مختصات قائم سیگمائی، شکل تفاضل متناهی معادلات است و دارای سه مرحله اصلی شامل مرحله پیش پردازش، در حال پردازش و پس پردازش می باشد که مهمترین گام در پیش پردازش شبیه سازی مدل RegCM4 بخش تنظیمات پیکربندی از جمله تعیین طول و عرض جغرافیایی، تعداد شبکه و تعیین پارامترهای فیزیکی طرح واره RegCM4 است (جدول ۳) (الگوئندی^{۳۹} و همکاران، ۲۰۱۱).

40-The Grid Analysis and Display System
41-NCAR Command Language



شکل ۲. Domain مورد مطالعه برای اجرای مدل RegCM4



شکل ۳. نمودار درصد بارش فصلی در ایستگاه های بشرویه (۱)، بیرجند (۲)، فردوس (۳)، قائن (۴) و نهبندان (۵)

نتایج و بحث

بر اساس روش آستانه بارش، روز ۱۴ مارس ۲۰۰۳ به عنوان نماینده ای از روزی که دارای بارش شدید می باشد در سطح استان خراسان جنوبی انتخاب گردید و به همین دلیل نمودار درصد بارش فصلی برای ایستگاه های مورد مطالعه در سال ۲۰۰۳ در شکل ۳ مورد بررسی قرار گرفت. بر این اساس، درصد بارش در ایستگاه بشرویه در زمستان دارای بیشترین درصد (۶۸,۳) می باشد که به تدریج کاهش یافته و این روند نزولی تا ایستگاه بیرجند ادامه دارد (۴۶,۲ درصد). اما در فصل بهار، درصد بارش در ایستگاه بیرجند روند افزایشی (۵۳,۷ درصد) و

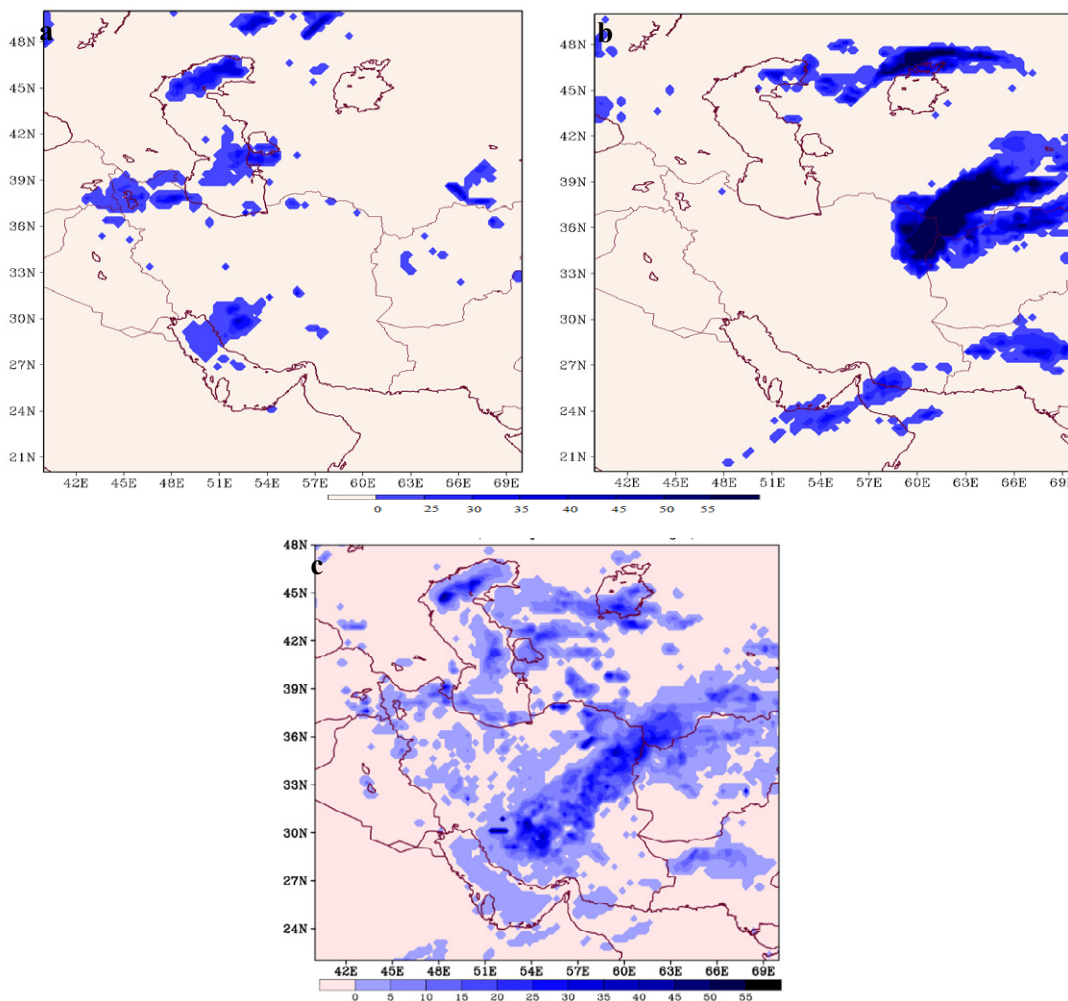
شبیه سازی شده با مدل RegCM4، عملکرد محصولات عنب آبی، زرشک و زعفران برای تحقیق حاضر انتخاب شدند. در نهایت، برای درک بهتر اثرات بارش شدید بر محصولات کشاورزی در استان خراسان جنوبی، نقشه پهنه بندی بارش با عملکرد محصولات کشاورزی (عنب آبی، زرشک و زعفران) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS⁴²) و همچنین ضریب رگرسیون بین میانگین سالانه بارش با عملکرد، تولید و سطح زیر کشت محصولات ترسیم گردیدند و در نهایت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

42-Geographic Information System

افزوده شده است. بارش پاییزی نیز با اختصاص پایین ترین درصد (صفر درصد) روند یکنواخت مشابهی را برای همه ایستگاه ها به جز ایستگاه قائن (۲,۸ درصد) طی می کند. بنابراین، درصد بارش فصلی در فصول بهار و زمستان به ترتیب دارای روند صعودی و نزولی می باشد.

نقشه های بارش TRMM در شکل ۴ در روز ۱۳ مارس بارش های پراکنده ای بر روی ایران نشان می دهد که شدت جریانات بر روی مناطق شمالی و شمال غربی ایران و دریای خزر بیشتر می شود و منجر به ناپایداری در این بخش می گردد (۴-a) اما در نقشه روز اوج بارش از شدت این بارندگی ها در کرانه های شمالی

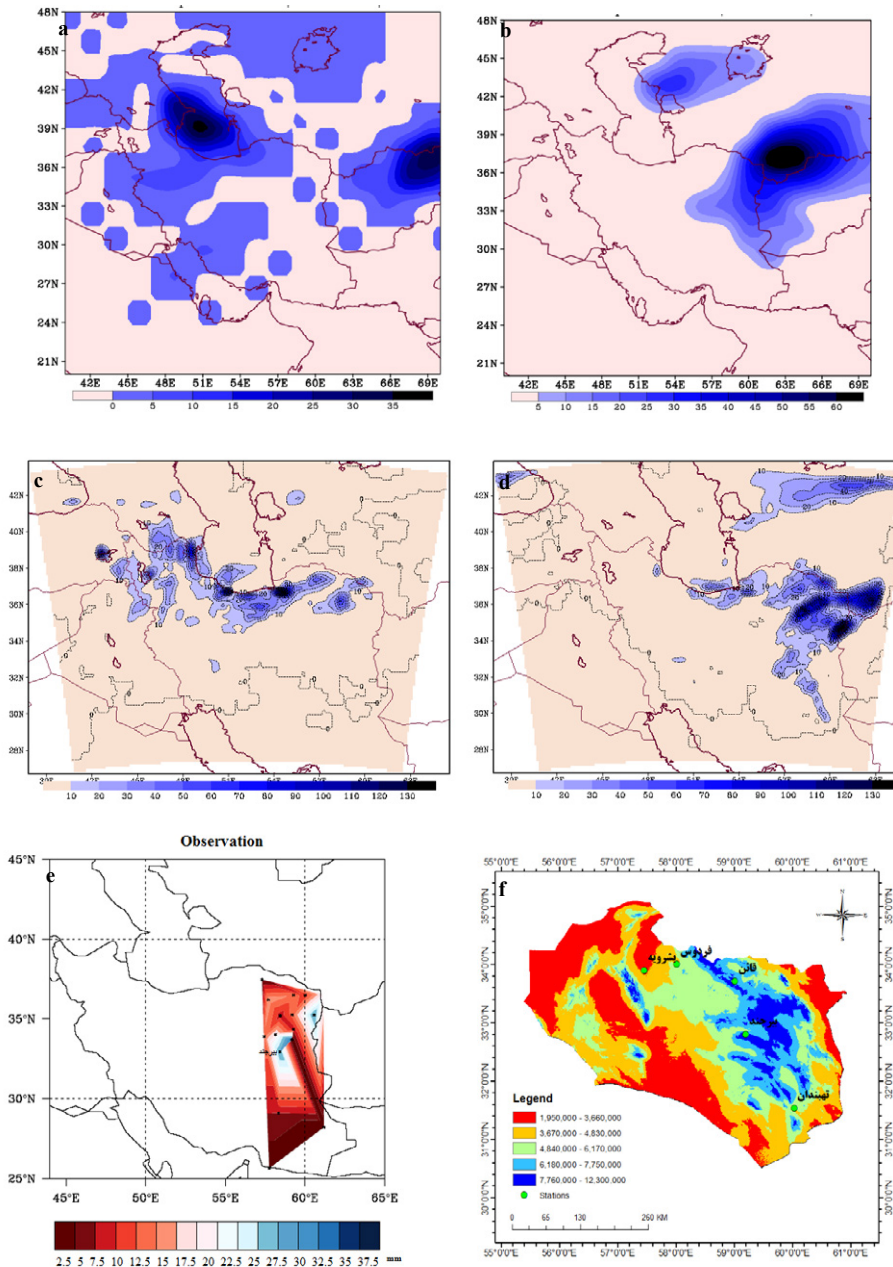
در ایستگاه بشرویه روند کاهشی (۳۰,۷ درصد) داشته است. اگرچه که افزایش بارش زمستان (۷۱,۱ درصد) در ایستگاه بعدی (فردوس) با کاهش در فصل بهار (۲۸,۸ درصد) همراه است اما این شرایط دوباره تغییر پیدا می کند و بارش زمستان در ایستگاه قائن (۵۲,۹ درصد) و نهبندان (صفر درصد) سیر کاهشی و در فصل بهار در همین ایستگاه ها به ترتیب با ۴۳,۹ و ۷۶,۲ درصد روند افزایشی داشته است و به بالاترین مقدار می رسد. بارش تابستانی نیز روند ثابتی در ایستگاه های بشرویه، بیرجند و فردوس داشته (صفر درصد) که به تدریج در ایستگاه های قائن (۰,۲ درصد) و نهبندان (۲۳,۷ درصد) بر مقدار آن



شکل ۴. نقشه های بارش شدید TRMM برای روزهای ۱۳ (a) و ۱۴ (b) مارس و نقشه میانگین میزان بارش برای روزهای مورد مطالعه (c) بر اساس داده های NASA بر حسب mm/day

شمال شرقی به جنوب غرب کشیده شده است (c-۴). در بررسی نقشه های NCEP/NCAR در شکل ۵، میزان بارش بر روی دریای خزر به بالاترین مقدار ($35 \text{ kg/m}^2/\text{s}$) می رسد و سراسر ایران به استثنای جنوب شرق دارای بارش های پراکنده می باشد (a-۵). در روز اوج بارش

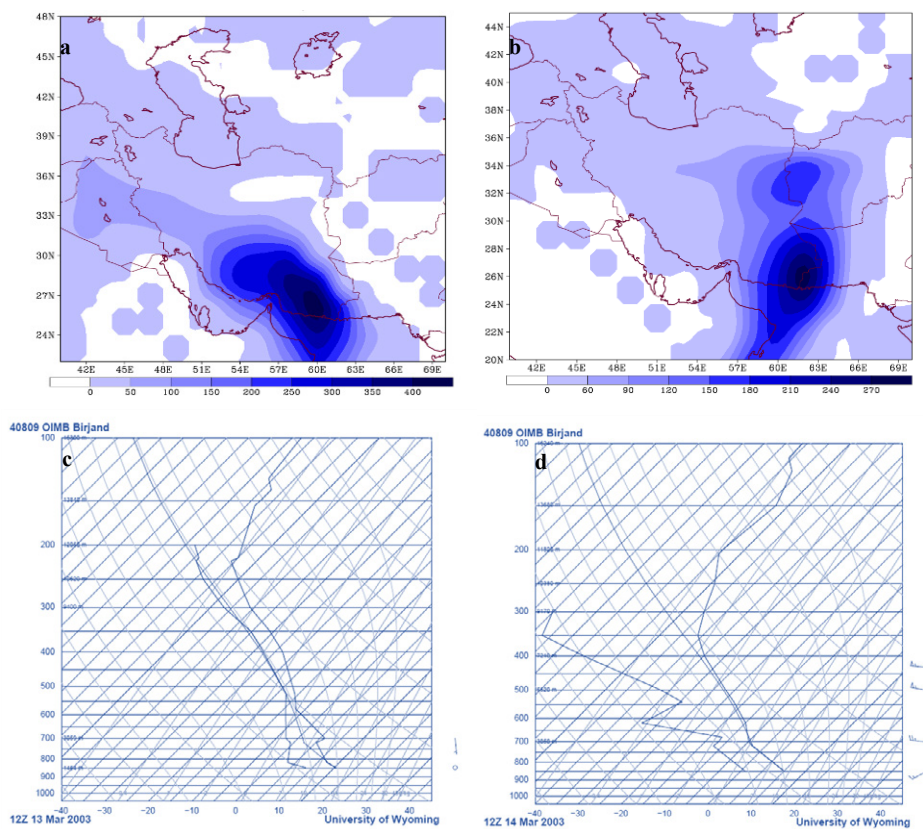
کاسته شده است و به تدریج در نواحی شمال شرقی به ویژه خراسان جنوبی بر شدت جریان های جوی افزوده شده که منجر به وقوع ناپایداری و استیلای بارش سنگین در روز ۱۴ مارس در این منطقه شده است (b-۴). در نقشه میانگین میزان بارش شدید، بارش به صورت نواری از



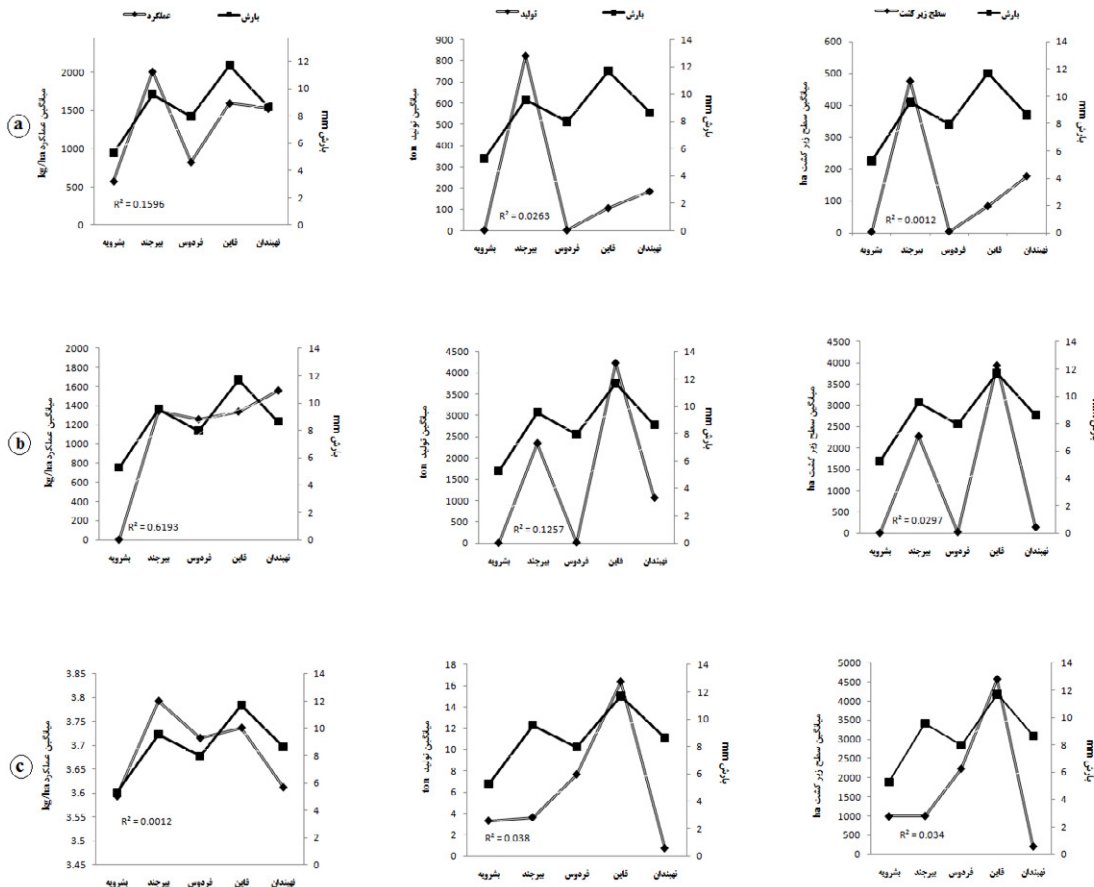
شکل ۵. نقشه های میزان بارش بر اساس داده های NCEP/NCAR بر حسب $\text{kg/m}^2/\text{s}$ در محیط GrADS به همراه نقشه های مدل RegCM4 برای روزهای ۱۳ (a) و ۱۴ (b) مارس، نقشه مشاهداتی با بهره گیری از داده های آفرودیت برای ۱۴ مارس (c) در محیط NCL و نقشه پهنه بندی بارش با عملکرد محصولات عناب آبی، زرشک و زعفران در محیط GIS (d) در سطح استان خراسان جنوبی

نفوذ این جریانات به سوی خراسان جنوبی منجر به وقوع شرایط ناپایداری و صعود هوا می شود (d-۵). همچنین، بررسی نقشه مشاهداتی حاصل از داده های آفرودیت برای چندین ایستگاه در محدوده مورد مطالعه بیشترین بارش سنگین را که به ۳۷٫۵ میلی متر می رسد بر روی ایستگاه بیرجند نشان می دهد (e-۵). علاوه بر این، بر اساس نقشه عملکرد محصولات کشاورزی با بارش در سطح استان خراسان جنوبی، از آنجایی که بارش با عملکرد محصولات زراعی رابطه مستقیم دارد، بالاترین مقادیر در بخش شرق و سپس شمال و جنوب استان مشاهده می شود که به ترتیب شهرستان های بیرجند، قائن و نهبندان که بالاترین مقادیر بارش را داشته اند بیشترین عملکرد را نشان داده اند و شهرستان های بشرویه و فردوس که پایین ترین مقادیر بارش را دارا هستند دارای کمترین عملکرد می باشند (f-۵). از طرفی شهرستان های بشرویه

شدید به تدریج از میزان بارش ها در سراسر کشور کاسته شده است و بارش تنها بر روی شمال شرق و شرق ایران مشاهده می شود که بر روی خراسان جنوبی از ۵ تا ۲۵ $kg/m^2/s$ متغیر می باشد که بیشینه آن بر روی جنوب ترکمنستان واقع شده است (b-۵). برای ارزیابی عملکرد مدل اقلیمی منطقه ای RegCM4 در شبیه سازی اثرات بارش سنگین در بخش محصولات کشاورزی نقشه شبیه سازی شده بارش سنگین برای روز قبل به همراه روز ۱۴ مارس در مدل اجرا شد تا توانایی مدل در آشکارسازی بارش سنگین در بخش کشاورزی مورد بررسی قرار گرفته شود. براین اساس، بارش هایی در شمال کشور قابل مشاهده می باشد (c-۵) که در روز ۱۴ مارس مدل بارش هایی را که از جانب عرض های جغرافیایی بالا، شمال شرق و شرق به سوی ایران و خراسان جنوبی در حرکت می باشد را به طور قابل ملاحظه ای نشان می دهد که



شکل ۶. انرژی پتانسیل همرفتی در دسترس به همراه نمودار اسکیتوی ایستگاه بیرجند برای ساعت ۱۲ گرینویچ از دانشگاه ویومینگ برای روزهای ۱۳ (a) و ۱۴ (b) و (c) و (d) مارس



شکل ۷. میانگین سالانه بارش با تولید، عملکرد و سطح زیرکشت محصولات عنباب آبی (a)، زرشک (b)، زعفران (c) در سطح استان خراسان جنوبی

ناچیز و در حدود ۵۰ ژول بر کیلوگرم است (۶-a). در روز اوج بارش به تدریج هسته ناپایداری به سوی عرض های جغرافیایی بالاتر (۲۴ تا ۳۴ درجه شمالی) جابجا شده و همانطور که بیشینه CAPE بر روی جنوب شرق و سواحل جنوب شرقی زیاد می باشد، بر روی خراسان جنوبی بین ۹۰ تا ۱۵۰ ژول بر کیلوگرم می رسد که منجر به افزایش رطوبت و بارش های شدید می گردد (۶-b). همچنین، از آنجایی که ایستگاه بیرجند دارای بیشترین مقدار بارش بود به همین دلیل نمودارهای اسکیوتی (Skew-T) آن مورد بررسی قرار گرفت. شرایط ترمودینامیکی جو نشان داد که فاصله بین دمای نقطه شبنم و دمای خشک در ترازهای مختلف جوی کاهش یافته است که افزایش رطوبت در جو را به دنبال دارد. در حقیقت، در روز ۱۳ مارس (۶-c) میزان بارش ها در ترازهای ۸۵۰ تا ۲۰۰

و فردوس به ترتیب دارای رتبه های نخست و نهم از لحاظ کاهش بارندگی ها در کشور بوده اند (رفیعی و همکاران، ۱۳۹۶) که از این لحاظ این میزان بارش برای شهرستان هایی که در استانی خشک و کم برخوردار از منابع آب واقع شده اند بسیار حائز اهمیت می باشد و بایستی از هدر رفت آن جلوگیری شود و با بهره گیری مناسب در بخش کشاورزی به عنوان پرمصرف ترین بخش در مصرف آب با تغییر الگوی کشت تا میزان زیادی روند کمبود آب را در استان بهبود بخشید.

بر روی نقشه ۱۳ مارس در شکل ۶ مقدار انرژی پتانسیل همرفتی در دسترس بر روی نواحی جنوبی و سواحل جنوب ایران بسیار زیاد می باشد که بیانگر افزایش ناپایداری جوی و رطوبت است که به ۴۰۰ ژول بر کیلوگرم می رسد و بر روی استان خراسان جنوبی بسیار

هکتوپاسکال و در روز اوج در ترازهای ۸۵۰ تا ۴۰۰ هکتوپاسکال ادامه داشته است که منجر به صعود و بارش شدید در روز ۱۴ مارس شده است (d-۶).

ضریب رگرسیون توسط همبستگی بین میانگین بارش با محصولات محاسبه شد. در این راستا، ضرایب رگرسیون بین میانگین بارش با میانگین سالیانه عملکرد محصولات برای شهرستان های استان خراسان جنوبی تعیین شد. به عبارت دیگر، میانگین عملکرد، تولید و سطح زیر کشت از ۰,۰۰۰ تا ۰,۶۱۹ متغیر است که بیانگر رابطه مثبت می باشد (شکل ۷).

جمع بندی

بر اساس هدف تحقیق که بررسی تغییر الگوی کشت برای مصرف بهینه آب حاصل از بارش شدید شبیه سازی شده با مدل RegCM4 در استان خراسان جنوبی برای روز ۱۴ ماه مارس ۲۰۰۳ به عنوان روزی که به عنوان نمونه برای بارش شدید انتخاب شده است نشانگر آن است که درصد بارش فصلی در ایستگاه های مورد مطالعه در فصل بهار دارای روند صعودی و در فصل زمستان دارای روند نزولی است. در نقشه های بارش TRMM و NCEP/NCAR شدت جریانات جوی به تدریج در نواحی شمال شرقی به ویژه خراسان جنوبی منجر به وقوع بارش سنگین در روز ۱۴ مارس در این منطقه شده است که مدل RegCM4 به عنوان روشی مناسب در شبیه سازی بارش (تقی لو و همکاران، ۱۳۹۸) به خوبی توانسته است بارش هایی را که از جانب عرض های جغرافیایی بالا، شمال شرق و شرق به سوی خراسان جنوبی در حرکت می باشد را شبیه سازی نماید که در خروجی نقشه مشاهداتی حاصل از داده های آفرودیت تا میزان زیادی بارش سنگین را بر روی ایستگاه بیرجند نشان می دهد. علاوه بر این، بر روی نقشه های CAPE و Skew-T مقادیر رطوبت افزایش یافته است که حاکی از ناپایداری های جوی است. همچنین، همبستگی مثبتی بین میانگین عملکرد، تولید و سطح زیر کشت محصولات (عناوب آبی، زرشک و زعفران) با بارش برقرار می باشد که بر این اساس، در شهرستان هایی که

مقدار بارش بیشتر بوده است محصولات کشاورزی نیز دارای عملکرد بهتری می باشند. در بررسی نقشه پهنه بندی، شهرستان های بیرجند، قائن و نهبندان که دارای بیشترین بارش هستند، عملکرد خوبی را برای محصولات عناب آبی، زرشک و زعفران نشان می دهند و در مقابل شهرستان های بشرویه و فردوس کمترین عملکرد را با توجه به حداقل بارش دارند.

در حقیقت، از آنجایی که استان خراسان جنوبی در اقلیمی خشک و کم باران واقع شده است، استفاده بهینه از آب حاصل از بارش شدید به ویژه در زمانی که سطح خاک خشک و رطوبت کمتر از حد نرمال باشد ضروری است. شناسایی اوج نیاز آبی محصولات عناب آبی، زرشک و زعفران در زمانی که بارش شدید رخ می دهد به طور قابل ملاحظه ای می تواند نیاز آبی این گیاهان را تامین کند. به عبارت دیگر، همزمانی وقوع بارش های سنگین با اوج نیاز های آبی این گیاهان منجر به استفاده صحیح از آب باران و بهبود سیستم کشاورزی استان می گردد. بنابراین، ابتدا بهتر است گیاهان منطقه از لحاظ نیاز آبی بررسی شوند و بدیهی است که وقوع بارش های سنگین در چنین منطقه ای خشک به میزان قابل توجهی می تواند به رونق بخش کشاورزی کمک نماید. در نهایت، مسئله کم آبی از عوامل مهم در تغییر الگوی کشت در این منطقه می باشد. کمبود آب منجر به آسیب در بخش کشاورزی می گردد که این مسئله لزوم استفاده بهینه از آب باران را ضروری می سازد. از آنجایی که میانگین بارش سالانه در این استان کم می باشد باید از بارش استفاده بهینه شود. یکی از راه های مقابله با کم آبی تغییر سیستم کشت محصولات در این منطقه است که پیشنهاد می شود با تغییر الگوی کشت در استان از محصولاتی مانند عناب آبی، زرشک و زعفران استفاده شود که نسبت به محصولات دیگر نیاز کمتری به آب در بخش کشاورزی دارند و سازگارتر با شرایط اقلیمی و منطقه ای می باشند. تغییر الگوی کشت راهی است که انتظار می رود سودآوری اقتصادی را با توجه به نوع محصولات و آب باران را برای کشاورزان این منطقه به همراه داشته

باشد. به عبارت دیگر، نوع محصولاتی که کشت می شوند باید با میزان بارش های این استان تطابق داشته باشند تا بر این اساس الگوی کشت مناسب صورت گیرد. الگوی کشت طرحی است که با توجه به میزان بارش های شدید استان مشخص می کند که محصولات در چه بازه زمانی و مکانی تولید شوند. بنابراین، برنامه الگوی کشت در استان خراسان جنوبی با توجه به نوع محصولات استان و مدیریت آب باران در زمان وقوع بارش شدید به میزان چشمگیری می تواند منجر به پایداری تولیدات کشاورزی، امنیت غذایی، استفاده صحیح از پتانسیل های منطقه و بالتبع افزایش بهره وری گردد.

منابع

- آزرم، ک.، مفیدی، ع.، ۱۳۹۷، بررسی سازوکار وقوع بارش های همرفتی بهاره در شمال غرب ایران، مطالعه موردی ۵ ژوئن ۲۰۰۳، دومین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران.
- احمدی، ز.، دوستان، ر.، مفیدی، ع.، ۱۳۹۴، تحلیل همیدی گرد و غبار نیمه گرم سال در استان خراسان جنوبی، فصلنامه جغرافیای طبیعی، ۸(۲۹): ۴۱-۶۲.
- احمدی، م.، نارنگی فرد، م.، ۱۳۹۱، ارزیابی پهنه های بارشی با استفاده از داده های ماهواره TRMM در استان فارس، پژوهش های دانش زمین، ۳(۱۱): ۲۸-۴۴.
- اشرفی، ع.، میکائیلی، ج.، دهقانی، م.، ۱۳۹۲، ارزیابی توانهای اکولوژیکی و پهنه بندی کشت عنب در استان خراسان جنوبی، مجله آمایش جغرافیایی فضا، ۳(۷): ۸۶-۶۷.
- الوانی، س.، مهندهی خانی مقدم، ع.، روحانی، ج.، محمدی، ع.، ۱۳۹۵، گونه هایی از بالاخانواده (Nematoda: Rhabditida) Aphelenchoidea مرتبط با گیاهان زرشک، زعفران و عنب در استان خراسان جنوبی، نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی)، ۳۰(۲): ۲۶۱-۲۶۹.
- بابائیان، ا.، اقبالی، آ.، آزادی، م.، مدیریان، ر.، کریمیان، م.، حبیبی نوخندان، م.، زرین، آ.، ۱۳۹۷، کارایی سامانه دینامیکی پیش بینی فصلی CFSv2-RegCM4 در پیش بینی ماهانه بارش کشور، مطالعه موردی: ماههای سپتامبر تا دسامبر سال ۲۰۱۷، اولین کنفرانس بین المللی پیش بینی عددی وضع هوا و اقلیم، سازمان هواشناسی کشور، تهران، ایران.
- بابائیان، ا.، کریمیان، م.، عاشوری، ح.، مدیریان، ر.، خزانه داری، ل.، ملبوسی، ش.، فتاحی، ا.، کوهی، م.، ۱۳۹۶، تهیه داده های تلفیقی بارش ماهانه برای حوضه های آبریز جنوب غرب کشور با بکارگیری داده های شبکه ای و مشاهداتی APHRODITE، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۳۱(۳): ۹۸۴-۹۶۹.
- بساطی، س.، یاراحمدی، د.، نصیری، ب.، رفعتی، س.، ۱۳۹۷، اندرکنش تأثیر ارتفاعات زاگرس بر بارش تجمعی و سرعت قائم باد سامانه های غرب ایران، مخاطرات محیط طبیعی، ۷(۱۸): ۸۸-۶۹.
- تقی لو، م.، علیچانی، ب.، عساکره، ح.، ۱۳۹۸، مطالعه کارایی مدل اقلیم منطقه ای (RegCM) در شبیه سازی داده های دما و بارش برخی شهرهای منتخب ایران مطالعه موردی: دوره ۲۰۱۵-۲۰۱۰، فضای جغرافیایی، ۱۹(۶۸): ۹۵-۱۱۰.
- جانباز قبادی، غ.، مفیدی، ع.، زرین، آ.، ۱۳۹۰، شناسایی الگوهای
- همدید بارش های شدید زمستانه در سواحل جنوبی دریای خزر، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۲۲(۲): ۴۰-۲۳.
- حسینی، ف.، فرید حسینی، ع.، هاشمی نیا، م.، زرین، آ.، ۱۳۹۶، تأثیر توپوگرافی اصلاح شده در بهبود نتایج مدل اقلیمی RegCM4 (مطالعه موردی: شمال ایران)، نشریه هواشناسی کشاورزی، ۵(۲): ۳۴-۲۴.
- خورشیددوست، ع.، مفیدی، ع.، رسولی، ع.، آزرم، ک.، ۱۳۹۶، ارزیابی میزان حساسیت مدل RegCM4 به طرحواره های پارامترسازی همرفت در مدل سازی بارش های بهاره شمال غرب ایران: (مطالعه موردی سال ۲۰۰۴)، فیزیک زمین و فضا، ۳(۳): ۶۷۱-۶۵۱.
- دارند، م.، ۱۳۹۵، شناخت نواحی همگن بارشی ایران بر پایه پایگاه داده آفرودیت (۲۵، درجه قوسی)، نشریه پژوهش های حفاظت آب و خاک، ۲۳(۲): ۹۹-۱۱۴.
- رفیعی، ن.، فتاحی، س.، چغازردی، ج.، امجدی، م.، دکامین، م.، درودی، م.، ۱۳۹۶، مسئله شناسی راهبردی توسعه در استان خراسان جنوبی، مرکز بررسی های استراتژیک ریاست جمهوری، ۳۵-۱.
- زرگری، م.، ۱۳۹۳، بررسی سینوپتیکی بارش سنگین به منظور پیش بینی سیلاب های شهری محدوده مورد مطالعه: شهر تهران، دومین کنفرانس ملی مدیریت بحران و HSE در شریان های حیاتی، صنایع و مدیریت شهری.
- زرگری، م.، زرین، آ.، ۱۳۹۴، بررسی بارش سنگین به منظور پیش بینی سیلاب های شهری در استان تهران، نخستین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- زرین، آ.، محمدی، ف.، بابائیان، ا.، ۱۳۹۴، شبیه سازی بارش زمستان در استان فارس با استفاده از مدل اقلیمی RegCM4، دومین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران.
- صالح آبادی، ر.، صانعی، م.، زرگری، م.، ۱۳۹۳، روش های استحصال آب باران خراسان جنوبی برای بهبود شرایط زیستی و امنیتی موجود، اولین همایش علوم جغرافیایی ایران.
- طاهری تیزرو، ع.، خدامرادپور، م.، مشهدیان، م.، ۱۳۹۶، ارزیابی شبیه سازی مؤلفه های بیلان آب سطحی توسط مدل اقلیمی منطقه ای RegCM4 (مطالعه موردی: حوضه توپوسکان، استان همدان)، نشریه علمی پژوهش های حفاظت آب و خاک، ۲۴(۵): ۱-۲۴.
- عابدزاده، م.، ۱۳۹۶، گزارش خلاصه مدیریتی تحلیل دینامیک استان خراسان جنوبی، معاونت توسعه اشتغال و کارآفرینی دبیرخانه طرح تکاپو - وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی، ۱-۲۸.
- عبداللهی، ب.، حسینی موعاری، م.، ابراهیمی، ک.، ۱۳۹۶، ارزیابی داده های ماهواره ای CMORPH و TRMM 3B42RT V7 به منظور تخمین بارش در حوضه گرگانود، علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۱۱(۳۶): ۱-۱۵.
- عرفانیان، م.، کاظم پور، س.، حیدری، ح.، ۱۳۹۵، واسنجی داد های باران سری ۳B42 و ۳B43 ماهواره TRMM در زون های اقلیمی ایران، پژوهش های جغرافیای طبیعی، ۴۸(۲): ۳۰۳-۲۸۷.
- عزیزی، ق.، صفرراد، ط.، محمدی، ح.، فرجی سبکبار، ح.، ۱۳۹۵، ارزیابی و مقایسه داده های بازگویی شده بارش جهت استفاده در ایران، پژوهش های جغرافیای طبیعی، ۴۸(۱): ۴۹-۳۳.
- فاروقی، آ.، زرین، آ.، مفیدی، ع.، ۱۳۹۷، بررسی بارش حاصل از سامانه های کم فشار عبوری از جنوب غرب آسیا (فصل زمستان ۲۰۱۴-۲۰۱۰) دومین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران.
- کارخانه، م.، مفیدی، ع.، زرین، آ.، ۱۳۹۵، شبیه سازی نقش دریای خزر بر وقوع بارش های منطقه ای در سواحل جنوبی دریای خزر، جغرافیا و آمایش شهری - منطقه ای، ۶(۱۸): ۱۶۸-۱۵۳.
- کیخسروی، ق.، ۱۳۹۶، برونداد مدل دینامیکی RegCM4 در شبیه سازی داده های فصلی و سالانه بارش - دما، در ناحیه شرق

- 1746.
40. Elguindi, N., Bi, X., Giorgi, F., Nagarajan, B., Pal, J., Solmon, F., Rauscher, S., Zakey, A., Giuliani, G., 2011, Regional Climatic Model RegCM User Manual Version 4.1, The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics Strada Costiera, 11 I - 34151 Trieste, Italy Earth System Physics Section – ESP.
41. Fuentes-Franco R., Coppola, E., Giorgi, F., Graef, F., Pavia, G. E., 2014, Assessment of RegCM4 simulated inter-annual variability and daily-scale statistics of temperature and precipitation over Mexico. *Climate Dynamics*, 42: 629-47.
42. Giorgi, F., 2006, Regional climate modeling: status and perspectives. *J Phys IV* 139:101-118.
43. Giorgi, F., 2019, Thirty years of regional climate modeling: Where are we and where are we going next?, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124: 5696-5723.
44. Giorgi, F., Mearns, LO., 1999, Introduction to special section :regional climate modeling revisited, *J Geophys Res*, 104: 6335-6352.
45. Halenka, T., Kalvová, J., Chládková, Z., Demeterová, A., Zemánková, K., Belda, M., 2006, On the capability of RegCM to capture extremes in long term regional climate simulation – comparison with the observations for Czech Republic. *Theoretical and Applied Climatology*, 86(1-4), 125-145.
46. Huffman, G., Bolvin, D., Nelkin, E., Wolff, D., Adler, R., Gu, G. et al., 2007, The TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA): Quasi-Global, Multiyear, Combined-Sensor Precipitation Estimates at Fine Scales. *Journal of Hydrometeorology*, 8(1), 38-55.
47. Khoperskov, A., Firsov, K., Titov, A., Razmolov, A., 2019, Deployment of the Regional Climate Model for the South of Russia Based on RegCM 4.5. *Mathematical Physics and Computer Simulation*, (3), 67-94.
48. Kummerow, C., Barnes, W., Kozu, T., Shiue, J., Simpson, J., 1998, The tropical rainfall measuring mission (TRMM) sensor package. *J Atmos. Ocean, Technol.*, 15, 809-817.
49. Llopart, M. Rocha, R. P., 2012, CLM Coupled in the RegCM4.1 Model: Sensitivity to the Cumulus Convective Schemes over the Amazon Rainforest, *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 14, EGU2012-6386, EGU General Assembly 2012.
50. Lui, Y., Tam, C., Au-Yeung, Y. and Lau, N., 2018, Role of cumulus parameterization on the seasonal and diurnal precipitation over Southeast Asia in RegCM4. *Climate Dynamics*, 52(11), 6357-6375.
51. Mayor, Y. G., Mesquita, M. D. S., 2015, Numerical simulations of the 1 May 2012 deep convection event over Cuba: sensitivity to cumulus and microphysical schemes in a high-resolution model,” *Advances in Meteorology*, vol. 2015, 1-16.
52. Nayak, S, Mandal and Maity, S., 2017, Customization و شمال شرق ایران، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۷(۴۷): ۲۱۰-۱۹۱.
۲۷. محمدی، ف.، زرین، آ.، باباییان، ا.، ۱۳۹۴، کارایی مدل اقلیمی RegCM4 در شبیه‌سازی بارش دوره سرد استان فارس مطالعه موردی: دوره ۲۰۱۰-۱۹۹۰، ۴۱(۳): ۵۲۴-۵۱۱.
۲۸. مشاری عشق آباد، س.، باباییان، ا.، نوحه گر، ا.، ارشادی، س.، ۱۳۹۵، ارزیابی کارایی روش‌های مختلف پارامترسازی همرفت در برآورد بارش فصلی و سالانه شمال شرق کشور در مدل اقلیمی RegCM4، *مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان*، ۱۲(۵): ۹۵-۱۰۸.
۲۹. مفیدی، ع.، زرین، آ.، جانناز قبادی، غ.، ۱۳۸۶، تعیین الگوی همدیدی بارش‌های شدید و حدی پاییزه در سواحل جنوبی دریای خزر، *فیزیک زمین و فضا*، دوره ۳۳(۳): ۱۵۴-۱۳۳.
۳۰. مفیدی، ع.، زرین، آ.، جانناز قبادی، غ.، ۱۳۹۱، تبیین علل کاهش یافتن مقدار و شدت بارش‌های زمستانه در قیاس با بارش‌های پاییزه در سواحل جنوبی دریای خزر، *فیزیک زمین و فضا*، دوره ۳۸(۱): ۲۰۳-۱۷۷.
۳۱. میری، م.، رضیعی، ط.، رحیمی، م.، ۱۳۹۵، ارزیابی و مقایسه آماری داده‌های بارش TRMM و GPCC با داده‌های مشاهده‌ای در ایران، *فیزیک زمین و فضا*، ۴۲(۳): ۶۷۲-۶۵۷.
۳۲. نیازی، ی.، طالبی، ع.، مختاری، م.، وظیفه دوست، م.، ۱۳۹۷، آنالیز مکانی-زمانی دقت داده‌های ماهواره ای TRMM برای برآورد شدت خشکسالی مبتنی بر بارش در محدوده ایران مرکزی، *پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی*، ۱۵(۱): ۸۵-۶۹.
۳۳. یاراحمدی، د.، بساطی، س.، نصیری، ب.، رفعتی، س.، ۱۳۹۷، بررسی رفتار دینامیکی و بارش تجمعی سامانه‌های همرفتی میان‌مقیاس غرب ایران در دوره گذار سال، *نشریه جغرافیا و برنامه ریزی شهری*، ۲۲(۶۵): ۳۲۱-۳۰۱.
34. Adler, R., Huffman, G., Bolvin, D., Curtis, S., Nelkin, E., 2000, Tropical Rainfall Distributions Determined Using TRMM Combined with Other Satellite and Rain Gauge Information. *Journal of Applied Meteorology*, 39(12): 2007-2023.
35. ARAÚJO, G., SILVA, C., SILVA, A., 2019, Evaluation of Cumulus Parametrizations Emanuel and Grell of Regional Climate Model RegCM4: Simulating Precipitation and Surface Temperature over Northeastern of Brazil during the Southern Autumn. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, 42(1): 231-240.
36. Bhaskaran, B., Jones, RG., Murphy, JM., Noguera, M., 1996, Simulations of the Indian summer monsoon using a nested climate model. Domain size experiments. *Climate Dynamics*, 12:573-587.
37. Bhatla, R., Ghosh, S., Mandal, B., Mall, R. K., Sharma, K., 2016, Simulation of Indian summer monsoon onset with different parameterization convection schemes of RegCM-4.3. *Atmospheric Research*, 176:10-18.
38. Chen, G., Sha, W., Iwasaki, T., 2009, Diurnal variation of precipitation over southeastern China: spatial distribution and its seasonality, *Journal of Geophysical Research*, 114, 1-9.
39. Dimri, A. P., Ganju, A., 2007, Wintertime Seasonal Scale Simulation over Western Himalaya Using RegCM3, *Pure and applied Geophysics*, 164, 1733-

- the Indian region from TRMM satellite observations, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 115 (D2): 1- 14.
58. Tiwari, PR., Kar, SC., Mohanty, UC., Dey, S., Sinha, P., Raju, PVS., Shekhar, MS., 2016, On the dynamical downscaling and bias correction of seasonal-scale winter precipitation predictions over North India, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 142(699):2398-2410.
59. Velikou, Kondylia; Tolika, Konstantia. 2017, Evaluation of the Sensitivity of the Updated RegCM4 Model to Physics Parameterizations over the Mediterranean Region: Precipitation and Temperature Simulations, *Proceedings* 1(5): 112.
60. Yang, M., Zuo, R., Wang, L. Chen, X., 2018, Simulation of Land Surface Climate over China with RegCM4.5: Verification and Analysis. *Advances in Meteorology*, 1-14.
- Zelege, T., Giorgi, F., Mengistu Tsidu, G., Diro, G. T., 2013, Spatial and temporal variability of summer rainfall over Ethiopia from observations and a regional climate model experiment, *Theor. Appl. Climatol.*, 111:665-681.
- of regional climate model (RegCM4) over Indian region, *Theoretical and Applied Climatology*, 127(1), 153-168.
53. Nayak, S., Mandal, M. and Maity, S., 2018, Performance evaluation of RegCM4 in simulating temperature and precipitation climatology over India. *Theoretical and Applied Climatology*, 137(1-2), 1059-1075.
54. Pribadi, A., Wongwises, P., Humphries, U., Limsakul, A., Wang-wongchai, A., 2012, Diurnal rainfall variation over three rainfall regions within Indonesia based on ten years of TRMM data, *J. Sustain. Energy Environ.* 3, 81-86.
55. Rai, P., Singh, G. and Dash, S., 2019, Projected changes in extreme precipitation events over various subdivisions of India using RegCM4, *Climate Dynamics*, 54(1-2), 247-272.
56. Reboita, M., Dutra, L. and Dias, C., 2016, Diurnal cycle of precipitation simulated by RegCM4 over South America: present and future scenarios. *Climate Research*, 70(1), 39-55.
57. Sahany, S., Venugopal, V., Nanjundiah, R.S., 2010, Diurnal-scale signatures of monsoon rainfall over

Modification of Crop Pattern for Optimal Use of Water Derived from Heavy Precipitation Simulated by RegCM4 Model in South Khorasan Province

Motahhareh Zargari^{1,*}, Alireza Entezari², Abbas Mofidi³, Mohammad Baaghideh²

¹ PhD student of Climatology, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

² Associate Professor of Climatology, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

³ Assistant Professor of Climatology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

*Corresponding Author Email: motahharehzargari@yahoo.com

Received: 10 August 2019, accepted: 19 November 2019

ABSTRACT

Study of mesoscale and regional scale atmospheric phenomena in different regions could be carried out using RegCM4 dynamic model. Heavy precipitation which is one of the essential atmospheric phenomena is critical for agriculture in arid regions. Optimal use of rainwater could increase water resources in the arid region. One of the solutions for optimal use of water in arid climate is to utilize crop pattern. The crop pattern which shares the cropping and selection of crops in an area, employing the optimal cropping pattern as one of the important solutions to access higher water efficiency in agriculture. In this research, various data including rainfall data, NCEP/NCAR, TRMM satellite model, RegCM4 regional climate model, Aphrodite, and finally, agricultural data were used to change the cropping pattern for optimum use of water. Then, 5% precipitation threshold method was used to investigate heavy rainfall and selected as a representative of heavy rainfall in the study area on 14th March. The seasonal rainfall percentile chart, heavy rainfall maps and rainfall zones and performance of crops were prepared and analyzed. The results indicate that the percentage of seasonal precipitation is in ascending and descending order in spring and winter, respectively. According to the regression model, Birjand, Nehbandan, and Ghayen stations are suitable in spring, and Ferdows and Boshrouyeh stations in winter. Moreover, the intensity of atmospheric streams in NCEP/NCAR and TRMM model maps gradually has led to heavy rainfall in northeast and east especially South Khorasan that RegCM4 model has been able to simulate it significantly and this rainfall has considerable values. The enhancement of humidity values on the CAPE and thermodynamic graphs shows the atmospheric instability in the region. Furthermore, the regression coefficient shows a positive relationship between the average rainfall and yield, yield and area under crop. In Birjand, Ghaen and Nehbandan counties, where the amount of rainfall was higher, agricultural products have also shown better performance while Boshrouyeh and Ferdows counties have the lowest performance. Therefore, identifying the peak water requirement of jujube, barberry and saffron crops when heavy rainfall occurs can significantly meet the water requirement of these plants. In other words, the simultaneous occurrence of heavy rainfall with the peak water needs of these plants leads to the correct use of rainwater and improve the agricultural system of the province. The results of this research and cultivation are suggested by changing the cultivation pattern for products such as jujube, barberry and saffron that are more compatible with climatic conditions and regions. As a result, proper use of rainwater during heavy rainfall in low-lying areas, will greatly improve the performance of agricultural products in South Khorasan province.

Keywords: *Cultivation Pattern, Heavy Rainfall, South Khorasan, Agricultural Products, RegCM4*

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Zargari, M.; Entezari, A; Mofidi, A; Baaghideh, M. (2020). Modification of Crop Pattern for Optimal Use of Water Derived from Heavy Precipitation Simulated by RegCM4 Model in South Khorasan Province. *J. Meteorol. Atmos. Sci.*, 2(4): 319-334.

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the JMAS Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

