



Comparing the Spring Precipitation Derived from Four Gridded Datasets and Simulated by RegCM and Evaluating them Against Observations in Ghazvin Plain

M. Eghtedari¹, P. Irannejad^{2*}, M. Vazifedoust³,
J. Bazrafshan⁴ and N. Ghahreman⁵

Abstract

Precipitation is a major component of the hydrological cycle and is a crucial forcing data for hydrological and agricultural models. Great efforts have been made to generate gridded precipitation products, thereby leading to the increased availability of precipitation datasets at different spatial and temporal resolutions over the globe. This study provides an intercomparison of daily precipitation of four high spatial resolution gridded precipitation products (PERSIANN-CCS, CHIRPS, CFSR and AgMERRA) with that simulated by RegCM4 model and evaluates them against observational data over eight springs (2003-2010) in the Qazvin Plain. Statistical evaluation of three convective precipitation schemes (Ku, Emanuel, and Grell) coupled in RegCM4 showed that Ku is the best scheme for spring precipitation modeling in the region. Based on continuous statistical indices, AgMERRA showed relative superiority to other products and RegCM. Categorical statistical indices indicated that CFSR performed better in detecting rainy days while AgMERRA were better in detecting the non-rainy days and distinguishing rainy and non-rainy days. Results showed that compared to other precipitation products, AgMERRA, in general, is closer to the observed daily precipitation during the spring over the Ghazvin Plain.

Keywords: Daily Precipitation, Ghazvin Plain, Regional Climate Model, Global Precipitation Dataset.

Received: October 31, 2017

Accepted: May 13, 2017

مقایسه بارش بهاری حاصل از چهار محصول شبکه‌بندی شده و شبیه‌سازی شده توسط RegCM و ارزیابی آنها با مشاهدات در دشت قزوین

مهرنوش اقتداری^۱، پرویز ایران‌نژاد^{۲*}، مجید وظیفه‌دوست^۳،
جواد بذرافشان^۴ و نوذر قهرمان^۵

چکیده

بارش مؤلفه اصلی چرخه هیدرولوژیکی و داده‌آداستی مهمی برای مدل‌های هیدرولوژی و کشاورزی است. تلاش‌های بسیاری در تولید محصولات شبکه‌بندی شده بارش با هدف افزایش دسترسی به پایگاه‌های بارش در تفکیک‌های مکانی و زمانی مختلف در مقیاس جهانی صورت گرفته است. در این مطالعه عملکرد چهار محصول مختلف با تفکیک مکانی بالا، شامل پرونداد AgMERRA، CHIRPS، CFSR، PERSIANN-CCS و هم‌چنین شبیه‌سازی‌های بارش روزانه توسط مدل اقلیمی RegCM در فصل بهار با استفاده از داده‌های مشاهداتی در دشت قزوین در سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰ و با استفاده از شاخص‌های آماری پیوسته و طبقه‌بندی مورد ارزیابی قرار گرفته است. بررسی آماری نتایج مدل اقلیمی منطقه‌ای با استفاده از سه طرحواره بارش هم‌رفتی (کو، امانوئل و گرل) نشان داد که طرحواره کو مناسب‌ترین طرحواره در مدل‌سازی بارش بهاره در منطقه می‌باشد. نتایج بررسی شاخص‌های آماری پیوسته حاکی از برتری نسبی پایگاه AgMERRA نسبت به سایر محصولات و مدل RegCM بود. شاخص‌های آماری طبقه‌بندی نشان دادند که پایگاه بارش CFSR عملکرد بهتری در آشکارسازی روزهای بارانی داشته، اما پایگاه AgMERRA در شناسایی روزهای غیربارانی و تفکیک روزهای بارانی و غیربارانی موفق‌تر بوده است. به‌طور کلی نتایج نشان داد که در منطقه مورد مطالعه پایگاه AgMERRA در مقیاس روزانه در مقطع زمانی مورد نظر، از اعتبار بیشتری برخوردار است.

کلمات کلیدی: بارش روزانه، دشت قزوین، مدل اقلیمی، پایگاه جهانی.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۸/۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۲/۲۳

1- Ph.D. Student in Agrometeorology, Agriculture & Natural Resources College, Irrigation & Reclamation Department, University of Tehran, Karaj, Iran.

2- Associate Professor, Space Physics Faculty, Institute of Geophysics, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: Piran@ut.ac.ir

3- Assistant Professor, Water Engineering Faculty, Guilan University, Rasht, Iran.

4- Associate Professor, Agriculture & Natural Resources College, Irrigation & Reclamation Department, University of Tehran, Karaj, Iran.

5- Associate Professor, Agriculture & Natural Resources College, Irrigation & Reclamation Department, University of Tehran, Karaj, Iran.

*- Corresponding Author

۱- دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۲- دانشیار، گروه فیزیک فضا، مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۳- استادیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

۴- دانشیار، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۵- دانشیار، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان بهار ۱۳۹۸ امکانپذیر است.

به محصولات منفرد هستند (Rozante et al., 2010)، محصولات بارش ترکیبی به صورت فزاینده‌ای در حال توسعه هستند.

در حال حاضر محصولات شبکه‌بندی شده بارش در مقیاس جهانی و شبه‌جهانی وجود دارند که عملکرد آن‌ها از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت است. ارزیابی این محصولات بارش برای توسعه‌دهندگان و کاربران این محصولات دارای اهمیت است. مطالعات بسیاری به منظور ارزیابی یک محصول یا محصولات مختلف بارش در مقیاس‌های مختلف در سطح جهان (Yong et al., 2015)، قاره (Awange et al., 2016; Negron et al., 2009) (Tan et al., 2015; Prakash et al., 2015;) (Raziei & Sotoudeh, 2017) منطقه (Khandu et al., 2016) و موضوعه (Duan et al., 2012; Yong et al., 2010;) (Liu et al., 2015; Salehnia et al., 2017; Eini et al., 2018) انجام شده است.

مدل‌های جهانی بزرگ مقیاس نیز بارش را به صورت شبکه‌بندی شده شبیه‌سازی می‌کنند. یکی از مهم‌ترین معایب مدل‌های بزرگ مقیاس هزینه بالای محاسباتی آن‌ها است. از این رو، معمولاً تفکیک افقی مدل‌های جهانی کم است، که در این تفکیک اثرات پهنه‌های مختلط و ویژگی‌های مقیاس زیرشبکه‌ای اقلیم محلی نادیده گرفته می‌شوند. با توجه به تفکیک مکانی بالاتر و داشتن طرحواره‌های مربوط به فرآیندهای فیزیکی با جزئیات بیشتر، مدل‌های اقلیمی منطقه‌ای قادر به شبیه‌سازی توزیع بارش و سایر متغیرهای اقلیمی با تفکیک ریزتر نسبت به مدل‌های بزرگ مقیاس هستند (Hu et al., 2016). این موضوع سبب برتری این مدل‌ها نسبت به مدل‌های گردش کلی در منظور کردن پدیده‌های کوچک مقیاس، مانند هم‌رفت، می‌شود (Phan Van et al., 2014).

یکی از مدل‌های اقلیمی منطقه‌ای که به منظور مقیاس‌کاهی^{۱۳} برونداد مدل‌های بزرگ مقیاس مورد استفاده بسیاری از محققان قرار گرفته، RegCM است. تحقیقات بسیاری در راستای سنجش توانمندی این مدل در شبیه‌سازی متغیرهای مختلف جوی از جمله بارش در ایران (Modirian et al., 2009; Karimian et al., 2010;) (Mohammadi et al., 2015) و جهان (Pal et al., 2007;) (Davis et al., 2007; Fuentes-Franco et al., 2014;) (Hu et al., 2016) انجام شده است.

هدف نهایی نویسندگان پیش‌بینی عملکرد محصول در دشت قزوین است که برای آن به پیش‌بینی متغیرهای هواشناسی، از جمله بارش،

بارش مؤلفه اصلی چرخه هیدرولوژیکی و متغیر مهمی در بسیاری زمینه‌ها مانند هیدرولوژی و کشاورزی به شمار می‌آید (Ebert et al., 2007). به دلیل تغییرپذیری زمانی و مکانی قابل توجه بارش، دسترسی به داده دقیق بارش با تفکیک مکانی و زمانی بالا بسیار مطلوب است (Duan and Bastiansen, 2013). معمولاً مشاهدات حاصل از ایستگاه‌های باران‌سنجی دقیق‌ترین داده‌ها در محل باران‌سنج محسوب می‌شوند، اما اغلب توزیع نسبتاً پراکنده باران‌سنج‌ها منجر به ارائه مکانی ضعیف از الگوهای بارش می‌شود. مشکل دیگر، وجود خلأ و ناهمگنی در سری‌های زمانی بارش حاصل از باران‌سنج‌ها است (Javanmard et al., 2010).

طی دهه‌های گذشته، تلاش‌های بسیاری برای تولید محصولات شبکه‌بندی شده بارش با هدف افزایش دسترسی به داده‌های بارش با تفکیک‌های مکانی و زمانی بالا در مقیاس جهانی صورت گرفته است. این محصولات را می‌توان به چهار گروه تقسیم کرد: ۱) محصولات حاصل از داده‌های ایستگاه‌های باران‌سنجی که با استفاده از روش‌های مختلف درون‌یابی بدست آمده است. از جمله این محصولات می‌توان به بارش ماهانه مرکز اقلیم‌شناسی بارش جهانی^۱ (GPCC)، بارش ماهانه واحد پژوهش اقلیمی^۲ (CRU) و بارش روزانه مرکز پیش‌بینی اقلیم^۳ (CPC) اشاره کرد. این محصولات اغلب با تفکیک مکانی درشت‌تر از ۰/۵ درجه در دسترس هستند. ۲) محصولات بارش حاصل از پیش‌بینی‌های عددی اقلیمی یا مدل‌های جوی که در آن‌ها از گوارد داده‌های ماهواره‌ای و ایستگاهی استفاده می‌شود. این محصولات برای مثال شامل محصولات بازتحلیل مراکز ملی پیش‌بینی محیطی^۴ و مرکز ملی پژوهش جوی^۵ (NCEP-NCAR)، مرکز اروپایی پیش‌بینی‌های میان‌برد وضع هوا^۶ (ECMWF) و سامانه جهانی داده‌گذاری سطح خشکی^۷ (GLDAS) است. ۳) محصولات حاصل از ماهواره که با استفاده از اطلاعات بدست آمده از طیف‌های فرورسرخ یا میکروویو و یا ترکیب هر دو تولید می‌شوند. ۴) محصولات حاصل از ماهواره و مشاهدات ایستگاهی که از ترکیب دو محصول مجزا (فقط ایستگاه و فقط ماهواره) از طریق روش‌های مختلف ترکیب یا تصحیح اریبی^۸ بدست آمده‌اند. محصولات متعلق به دو دسته آخر شامل تحلیل بارش TRMM^۹، CMORPH^{۱۰} و PERSIANN^{۱۱} می‌باشند که اغلب با تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه یا ریزتر موجود هستند. در سال ۲۰۱۵ نیز محصولی با نام CHIRPS^{۱۲} مبتنی بر داده‌های بارش ماهواره و ایستگاه با بالاترین تفکیک مکانی یعنی ۰/۰۵ درجه تولید شده است (Katsanos et al., 2016). از آنجا که محصولات ترکیبی بارش، به‌ویژه در مناطق با ایستگاه‌های پراکنده، دارای کیفیت بهتری نسبت

۲-۲- داده‌های بارش مشاهداتی

برای مقایسه و ارزیابی محصولات شبکه‌ای و مدل RegCM از مقادیر بارش ایستگاه‌های همدیدی، اقلیم‌شناسی و باران‌سنجی منطقه در دوره ۲۰۱۰-۲۰۰۳ استفاده شد. به دلیل کم بودن تعداد ایستگاه‌ها با آمار پیوسته و بدون خلأ در دشت قزوین، ایستگاه‌های مجاور منطقه نیز مورد استفاده قرار گرفت. مشخصات این ایستگاه‌ها شامل مختصات جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و نوع ایستگاه در جدول ۱ آمده است.

۲-۳- محصولات بارش شبکه‌ای

در این مطالعه چهار محصول بارش شبکه‌بندی شده با تفکیک مکانی بالا PERSIANN-CCS, CHIRPS, CFSR و AgMERRA در دشت قزوین ارزیابی شده است. در ادامه به اختصار به معرفی این محصولات پرداخته خواهد شد.

۲-۳-۱- PERSIANN-CCS

از میان پایگاه‌ها و الگوریتم‌های بارش مبتنی بر تصاویر ماهواره الگوریتم PERSIANN-CCS (Hong et al., 2004) به دلیل تفکیک مکانی ریزتر (حدود ۴ کیلومتر) انتخاب شد. مدل PERSIANN-CCS نسخه جدید مدل PERSIANN و یک فرآیند برآورد مبتنی بر تصاویر طیف فرسرخ است که در مرکز سنجش‌ازدور و هیدرومتئورولوژی (CHRS) در دانشگاه کالیفرنیا در ایرواین توسعه یافته است. در مدل PERSIANN که توسط Hsu et al. (1997) توسعه یافت، بارش با استفاده از سنجش‌ازدور و شبکه عصبی مصنوعی برآورد می‌شود.

نیاز است. به همین دلیل در مقاله حاضر بارش روزانه مدل پیش‌بینی اقلیمی (RegCM) در فصل بهار، که اهمیت ویژه‌ای در عملکرد محصول دارد، با داده‌های حاصل از تحلیل (PERSIANN-CCS, CHIRPS و AgMERRA) و بازتحلیل (CFSR) مقایسه و همراه آنها ارزیابی می‌شود. در واقع به دلیل تعداد اندک و پراکندگی ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش در منطقه، ارزیابی محصولات حاصل از تحلیل و بازتحلیل در مقاله حاضر به منظور یافتن بهترین محصول برای استفاده در ساخت توابع تصحیح (پس‌پردازش) پیش‌بینی بارش مدل RegCM در نقاط مختلف شبکه مدل انجام می‌گیرد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه دشت قزوین (شکل ۱) با وسعت حدود ۴۴۰ هزار هکتار بخشی از حوزه آبریز رودخانه شور می‌باشد که محدوده آن از شمال به دامنه کوه‌های البرز، از شرق به رودخانه زیاران، از غرب به دامنه رشته کوه‌های زاگرس و در نهایت از جنوب به شوره‌زارهای جنوب کشیده شده است. این منطقه در بخشی از فلات مرکزی ایران قرار دارد که دارای اقلیمی نیمه‌خشک با تابستان‌های نسبتاً گرم و زمستان‌های نسبتاً سرد است. بارش این منطقه به طور معمول از آبان‌ماه آغاز می‌شود و ممکن است تا اواخر خرداد ماه ادامه داشته باشد. بیشینه بارش در ماه‌های دی و فروردین و کمینه آن در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور رخ می‌دهد. میانگین سالانه بارش و تبخیر بالقوه در این منطقه به ترتیب ۳۱۲ و ۱۳۴۵ میلی‌متر و میانگین سالانه دما ۱۳/۲ درجه سلسیوس است.

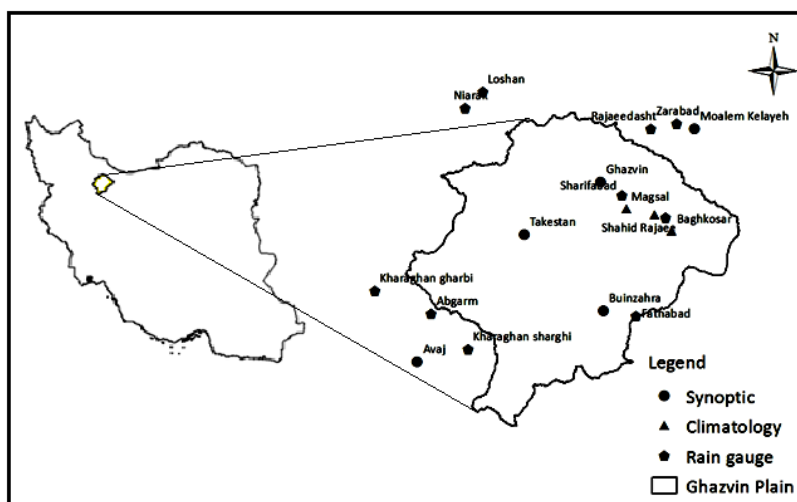


Fig. 1- Location of Ghazvin plain and study stations

شکل ۱- موقعیت مکانی دشت قزوین و ایستگاه‌های مورد مطالعه

Table 1- Characteristics of selected stations in Ghazvin plain

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های منتخب در دشت قزوین

Station	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Kind of station
Ghazvin	36° 15′	50° 3′	1279.2	Synoptic
Avaj	35° 34′	49° 13′	2034.9	Synoptic
Moalem	36° 27′	50° 29′	1629.2	Synoptic
Takestan	36° 3′	49° 42′	1283.4	Synoptic
Buin Zahra	35° 46′	50° 4′	1225	Synoptic
Magsal	36° 9′	50° 10′	1260	Climatology
Shahid Rajaei	36° 8′	50° 18′	1318	Climatology
Bagh Kosar	36° 4′	50° 23′	1245	Climatology
Abgarm	35° 45′	49° 17′	1591	Rain gauge
Niarak	36° 31′	49° 25′	1197	Rain gauge
Fath Abad	35° 45′	50° 13′	1200	Rain gauge
Kharaghan Gharbi	35° 50′	49° 1′	1696	Rain gauge
Kharaghan Sharghi	35° 37′	49° 27′	1844	Rain gauge
Naser Abad	36° 7′	50° 21′	1313	Rain gauge
Loshan	36° 37′	49° 30′	364	Rain gauge
Sharif Abad	36° 12′	50° 9′	1308	Rain gauge
Zar Abad	36° 28′	50° 24′	1452	Rain gauge
Rajaei Dasht	36° 27′	50° 17′	915	Rain gauge

شبکه‌های ایستگاهی مرکز ملی داده‌های اقلیمی^{۱۵} (NCDC) با تفکیک مکانی افقی ۸ کیلومتر، داده‌های نسخه هفتم TRMM 3B42، نسخه دوم مدل جوی بارش از سامانه پیش‌بینی اقلیم^{۱۶} NOAA (CFS)، و داده‌های ایستگاه‌های باران‌سنجی از منابع متعدد شامل مراکز هواشناسی ملی یا منطقه‌ای تولید شده است (Katsanos et al., 2016). در این تحقیق از داده‌های بارش با تفکیک مکانی ۰/۰۵ درجه استفاده شد.

۲-۳-۳-۱۷ CFSR

CFSR پایگاه داده‌های بازتحلیل شده سامانه پیش‌بینی اقلیم مراکز ملی پیش‌بینی محیطی است. این پایگاه شامل پیش‌بینی‌های آب و هوایی تولید شده توسط این مرکز بوده و مدل‌های پیش‌بینی هر ۶ ساعت یکبار با استفاده از اطلاعات شبکه ایستگاه‌های هواشناسی جهانی و محصولات حاصل از ماهواره مجدداً مقداردهی می‌شوند. تفکیک مکانی افقی این داده‌ها ۳۸ کیلومتر (حدود ۰/۳۱۳ درجه) است (Saha et al., 2010). داده‌های CFSR از درگاه اینترنتی <http://nomads.ncdc.noaa.gov/data/cfsr> قابل دریافت است.

ورودی‌های پایه مدل دمای بالای ابر حاصل از تصاویر طیف فروسرخ ابر توسط ماهواره‌های زمین‌مدار شامل GoEs 8&9 و GMS است. در مدل PERSIANN-CCS از پردازش تصویر و روش‌های تشخیص الگو به منظور توسعه سامانه طبقه‌بندی ابر^{۱۴} (CCS) استفاده شده است. در این مدل در ترکیب با شبکه عصبی مصنوعی، شدت بارش ساعتی هر سلول در کل جهان با دقت ۰/۰۴ درجه در ۰/۰۴ درجه و به صورت روزانه برآورد می‌شود. داده‌های بارش روزانه این محصول از درگاه اینترنتی به آدرس <http://chrsdata.eng.uci.edu/> قابل دریافت است.

۲-۳-۳-۱۸ CHIRPS

محصول CHIRPS تأمین کننده بارش روزانه به صورت شبکه‌ای با تفکیک مکانی افقی ۰/۰۵ و ۰/۲۵ درجه بین عرض ۵۰ درجه شمالی تا ۵۰ درجه جنوبی از سال ۱۹۸۱ تا حال حاضر است، که در سال ۲۰۱۵ با هدف پیش‌آگاهی از وضعیت خشکسالی انتشار یافت. داده‌های بارش این محصول از وبگاه به آدرس <http://chg.geog.ucsb.edu/data/chirps/> قابل دسترسی می‌باشد. محصول CHIRPS از ترکیب داده‌های بارش حاصل از سنجنده‌های فروسرخ از مرکز ملی پیش‌بینی اقلیمی (CPC) با تفکیک مکانی افقی ۴ کیلومتر، داده‌های

روی شبکه از نوع آراکوا B اجرا می‌شود. شرایط آغازین و مرزی مورد نیاز برای اجرای مدل RegCM، از داده‌های بازتحلیل جوی (NNRP1) پایگاه مراکز ملی پیش‌بینی محیطی آمریکا در مقیاس روزانه (شش ساعته) با تفکیک مکانی افقی ۲/۵ در ۲/۵ درجه استخراج شد. برای دمای سطح دریا از داده‌های OISST^{۲۲} در مقیاس هفتگی و با دقت ۱ درجه از سازمان ملی اقیانوس و جو آمریکا^{۲۳} و داده‌های سطح خشکی‌ها، شامل داده توپوگرافی (GTOPO)^{۲۴}، داده‌های پوشش گیاهی یا کاربری اراضی (GLCC)^{۲۵} و داده‌های نوع خاک (GLZB)^{۲۶}، با دقت سی ثانیه طول و عرض جغرافیایی از سازمان زمین‌شناسی آمریکا^{۲۷} استفاده شد.

۲-۴-۱- تعیین حوزه و تفکیک مکانی شبیه‌سازی

قبل از اجرای مدل RegCM و در بخش پیش‌پردازش، لازم است که حوزه شبیه‌سازی مشخص شود. در این تحقیق از روش شبکه لانه‌ای یک‌سویه^{۲۸}، یعنی به‌کاربردن شبکه‌ای با تفکیک ریزتر در داخل شبکه درشت‌تر، برای تعیین محدوده اجرای مدل استفاده می‌شود. در این روش، فرایند پس‌خور از شبکه کوچک به شبکه بزرگ در نظر گرفته نمی‌شود. شرایط مرزی شبکه با تفکیک بالاتر، از درون‌یابی مقادیر شبکه بزرگ‌تر روی مرزهای شبکه کوچک‌تر به‌دست می‌آید. تفکیک حوزه بزرگ (لانه اول) ۹۰ در ۹۰ کیلومتر و حوزه‌های کوچک‌تر ۳۰ در ۳۰ کیلومتر (لانه دوم) و ۱۰ در ۱۰ کیلومتر (لانه سوم) انتخاب شد. مشخصات مرکز، تعداد نقاط شبکه و گام‌های زمانی و مکانی مختلف برای لانه‌های مورد نظر در جدول ۲ آمده است.

در مدل RegCM از طرحواره‌های مختلفی برای پرمایش^{۲۹} فرآیندهای فیزیکی استفاده می‌شود. (Khorshiddoust et al. (2017 نشان دادند که مدل RegCM به انتخاب نوع طرحواره همرفت در برآورد بارش بزرگ‌مقیاس و بارش همرفتی حساس است و انتخاب طرحواره بارشی مناسب می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر نتایج حاصل از مدل‌سازی داشته باشد. از این‌رو در این مطالعه، طرحواره‌های پرمایش همرفت مختلف به‌منظور انتخاب مناسب‌ترین طرحواره برای منطقه مورد مطالعه مورد آزمون قرار گرفت. سه طرحواره پرمایش بارش همرفتی که در مدل مورد آزمون قرار گرفتند عبارتند از: طرحواره کو^{۳۰}، امانوئل^{۳۱} و گرل^{۳۲} (بستار آراکوا-شوبرت^{۳۳} و بستار فریتس-چپل^{۳۴}). برای تعیین اثر طرحواره‌های همرفت در شبیه‌سازی بارش، مدل با یکسان‌نگه‌داشتن همه شرایط (منطقه، شرایط مرزی و آغازین و همه اجزای مدل) و فقط با تغییر طرحواره همرفت، اجرا شد. مدل برای سال‌های ۲۰۰۸ (سال خشک)، ۲۰۰۹ (سال نرمال) و ۲۰۱۱ (سال تر) در فصل بهار از تاریخ ۲۰ مارس تا ۲۰ ژوئن به مدت ۳ ماه (فصل بهار) به‌روشنی لانه‌گزینی

در سال ۲۰۱۴ سازمان هوانوردی و فضایی ملی ایالات متحده آمریکا^{۳۸} و دانشگاه کلمبیا مجموعه داده‌ای را با هدف ایجاد شبکه‌ای جهانی و همگون برای استفاده در پژوهش‌های کشاورزی، امنیت غذایی و مدل‌های رشد گیاهی توسعه داده است. این پایگاه داده AgMERRA نام دارد که توسط جامعه مدل‌سازی هیدرولوژیکی، البته با در نظر گرفتن ملاحظات دقیق برای مناطق کشاورزی و عوامل اقلیمی مهم در رشد و نمو محصولات زراعی ایجاد شده و از ترکیب داده‌های پایگاه باز تحلیل MERRA^{۱۹} با پایگاه‌های مشاهداتی حاصل از شبکه مشاهداتی محلی و ماهواره تولید شده است. به‌عنوان مثال در تولید داده‌های بارش پایگاه AgMERRA از دو پایگاه GPCC و CRU و همچنین مدل‌های مبتنی بر سنسجس از دور از جمله PERSIANN، CMORPH و TRMM در ترکیب با داده‌های بازتحلیل MERRA استفاده شده است (Ruane et al., 2015). این مجموعه شامل داده‌های آب‌وهوایی روزانه (دمای بیشینه و کمینه، بارش، تابش، سرعت باد و فشار بخار آب) با تفکیک بالا برای دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۸۰ میلادی به‌عنوان بخشی از پروژه AgMIP^{۲۰} است و برای بررسی تأثیر تغییرات و نوسانات اقلیمی بر بخش کشاورزی تولید شده است. تفکیک مکانی برای داده‌های بارش در این پایگاه ۰/۲۵ در ۰/۲۵ درجه می‌باشد.

داده‌های بارش روزانه هر چهار محصول برای کل ایران دریافت و برای منطقه مورد نظر برش داده شد. سپس مقادیر بارش برای فصل بهار طی سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۳ برای ایستگاه‌های منتخب (جدول ۱) استخراج گردید. به‌منظور ارزیابی صحیح بارش محصولات مختلف و مقایسه آن‌ها با یکدیگر، با توجه به متفاوت بودن تفکیک مکانی محصولات مختلف بارش، لازم است تفکیک مکانی یکسانی برای همه محصولات در نظر گرفته شود. بر این اساس تفکیک مکانی ۰/۱ درجه (حدود ۱۰ کیلومتر) به‌عنوان مبنا برای همه محصولات در نظر گرفته شد.

۲-۴-۲- مدل اقلیمی منطقه‌ای RegCM

مدل مورد استفاده در این پژوهش نسخه چهارم مدل اقلیمی منطقه‌ای RegCM از مرکز بین‌المللی فیزیک نظری^{۲۱} است. اولین نسخه این مدل (RegCM1) در دهه ۸۰ میلادی توسعه یافت و نسخه‌های بعدی در اوایل دهه ۹۰ میلادی و پس از آن با ایجاد تغییراتی در نسخه قبلی تکمیل شدند. نسخه چهارم مدل، نسخه تکامل یافته مدل RegCM3 (شرح کامل در مقاله (Pal et al. (2007) است. RegCM4 یک مدل هیدرواستاتیک، تراکم‌پذیر با سیستم مختصات قائم سیگما است که بر

بررسی مقادیر MBE در جدول ۳ نشان می‌دهد که مقادیر بارش شبیه‌سازی شده در همه ایستگاه‌ها توسط همه طرحواره‌ها به غیر از طرحواره کو دارای اریبی منفی است. بارش شبیه‌سازی شده مدل با طرحواره کو در ایستگاه‌های قزوین، تاکستان و مگسال دارای اریبی مثبت و در سایر ایستگاه‌ها دارای اریبی منفی است. در مجموع به نظر می‌رسد مدل RegCM مقادیر بارش را نسبت به مقادیر مشاهداتی کمتر برآورد می‌کند. نتایج حاصل از جدول ۳ نشان می‌دهد طرحواره کو نسبت به سایر طرحواره‌ها در ۵ ایستگاه قزوین، آوج، مگسال، شهید رجایی و باغ کوثر دارای کمترین مقدار میانگین خطای اریبی و بالاترین ضریب همبستگی است. در ۳ ایستگاه معلم کلاویه، تاکستان و بوئین زهرا نیز از نظر بهتر بودن مقادیر دو آماره ذکر شده، طرحواره کو در میان سایر طرحواره‌ها در جایگاه دوم قرار دارد. میانگین آماره‌ها برای ۸ ایستگاه نیز نشان‌دهنده برتری نسبی طرحواره کو نسبت به دو طرحواره امانوئل و گرل در شبیه‌سازی مقادیر بارش بهاره در منطقه مورد مطالعه است.

یک طرفه (لانه‌های ۹۰، ۳۰ و ۱۰ کیلومتر) با زمان پایدارسازی^{۳۵} ۲۰ روز، اجرا شد. سپس، برای انجام ارزیابی برونداد مدل از مقادیر بارش هشت ایستگاه همدیدی و اقلیم‌شناسی (قزوین، آوج، معلم کلاویه، تاکستان، بوئین زهرا، مگسال، باغ کوثر و شهید رجایی) که در سه سال مورد نظر آمار پیوسته و بدون خلأ دارند، استفاده شد.

خلاصه نتایج ارزیابی با استفاده از دو آماره خطای اریبی متوسط^{۳۶} (MBE) (معادله ۱) و ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن^{۳۷} (r_s) (معادله ۲) برای سه سال مورد نظر در جدول ۳ آمده است.

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^N (P_{si} - P_{oi})}{N} \quad (1)$$

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N d_i^2}{N(N^2 - 1)}, \quad d_i = R_{xi} - R_{yi} \quad (2)$$

که در معادلات بالا، P_{si} مقدار بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل در روز i ام، P_{oi} مقدار بارش مشاهداتی در ایستگاه در روز i ام، N تعداد روزها، R_{xi} رتبه x_i و R_{yi} رتبه y_i است.

Table 2- Spatial and temporal resolution and characteristics of center and number of grid points to run the RegCM in different nests

جدول ۲- گام مکانی، زمانی و مشخصات مرکز و تعداد نقاط شبکه برای اجرای مدل RegCM در لانه‌های مختلف				
Spatial resolution (km)	Temporal resolution (s)	Geographical center	Number of points in northern-southern direction	Number of points in eastern-western direction
90	225	39°N-44°E	26	34
30	100	37°N-47°E	30	54
10	30	36°N-49.9°E	48	84

Table 3- Comparison of simulated precipitation by the model with observational data for different stations and schemes based on different statistical indices

جدول ۳- مقایسه بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل و داده‌های مشاهداتی برای ایستگاه‌ها و طرحواره‌های مختلف برمبنای شاخص‌های مختلف آماری

Station	Convective precipitation scheme							
	Ku		Emanuel		Grell- Arakawa Shubert		Grell- Fritsch Chappell	
	MBE (mm)	r_s	MBE (mm)	r_s	MBE (mm)	r_s	MBE (mm)	r_s
Ghazvin	0.12	0.37	-0.45	0.03	-0.26	0.31	-0.26	0.35
Avaj	-0.52	0.39	-0.92	0.19	-0.96	0.36	-0.93	0.31
Moalem	-0.42	0.35	-0.25	0.34	-0.86	0.31	-0.86	0.40
Takestan	0.1	0.38	-0.39	0.29	-0.07	0.43	0.21	0.43
Buin Zahra	-0.15	0.45	-0.16	0.38	-0.17	0.50	-0.04	0.50
Magsal	0.005	0.53	-0.45	0.42	-0.43	0.39	-0.41	0.39
Shahid Rajae	-0.07	0.52	-0.53	0.49	-0.52	0.46	-0.56	0.50
Bagh Kosar	-0.002	0.40	-0.39	0.31	-0.24	0.36	-0.45	0.34
Average	-0.12	0.42	-0.44	0.31	-0.44	0.39	-0.41	0.40

۳- نتایج و بحث

پس از استخراج مقادیر بارش محصولات مورد بررسی در این پژوهش (AgMERRA, CFSR, CHIRPS, PERSIANN-CCS) در دوره زمانی مورد نظر، مقایسه‌ای بین مقادیر بارش روزانه برآورد شده توسط محصولات پیش‌گفته و مدل RegCM با بارش‌های مشاهده‌ای در ایستگاه‌ها در دشت قزوین انجام شد. این مقایسه‌ها بر اساس دو گروه شاخص‌های آماری پیوسته و طبقه‌بندی صورت پذیرفت.

۳-۱- ارزیابی بر اساس شاخص‌های آماری پیوسته

معیارهای آماری پیوسته مورد استفاده در این مطالعه جهت بررسی دقت محصولات برآورد بارش و مدل RegCM شامل MBE، RMSE و ضریب همبستگی ناپارامتریک اسپیرمن می‌باشد. نتایج حاصل از محاسبه شاخص‌های آماری و مقایسه مقادیر بارش برآورد شده برای فصل بهار طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰ در جدول ۴ آمده است.

بررسی مقادیر MBE (اریبی) در جدول ۴ نشان می‌دهد که محصولات مختلف و همچنین مدل RegCM در برآورد مقادیر بارش رفتار نسبتاً متفاوتی را نشان می‌دهند. PERSIANN-CCS در همه ایستگاه‌های مورد بررسی تمایل به فراربرآورد بارش دارد. در دو محصول CHIRPS و AgMERRA اریبی تنها در دو ایستگاه آوج و آبگرم منفی است و در سایر ایستگاه‌ها (حدود ۸۷ درصد) اریبی مثبت است که نشان می‌دهد که دو محصول CHIRPS و AgMERRA نیز تمایل به فراربرآورد بارش دارند. به‌جز ایستگاه ناصرآباد که مقدار اریبی در آن صفر است، بررسی مقادیر اریبی بارش با تحلیل CFSR نشان می‌دهد که در این محصول در ۶ ایستگاه (قزوین، آوج، آبگرم، نیارک، فتح‌آباد و شریف‌آباد) بارش فروربرآورد شده (اریبی منفی)، در حالی که در ۷ ایستگاه (معلم‌کلاویه، شهیدرجایی، خرقان غربی، خرقان شرقی، لوشان، زرباد و رجایی‌دشت) بارش نسبت به مقادیر مشاهده‌ای فراربرآورد شده است (اریبی مثبت). این نتایج به‌طور کلی با نتایج Behrangi et al. (2011) که نشان دادند که محصولات بارش به‌ویژه محصولات مبتنی بر تصاویر ماهواره در ماه‌های گرم سال (بهار و تابستان) همراه با فراربرآورد هستند، همخوانی دارد.

مدل اقلیمی RegCM در برآورد مقادیر بارش در حدود ۵۴ درصد ایستگاه‌ها تمایل به فروربرآورد و در ۴۶ درصد ایستگاه‌ها تمایل به فراربرآورد دارد. میانگین بارش RegCM برای ۱۴ ایستگاه برابر میانگین بارش اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌ها است. در مجموع به‌نظر می‌رسد که در منطقه مورد مطالعه همه محصولات، بارش را نسبت به

پس از انتخاب طرحواره بارش همرفتی مناسب برای منطقه مورد مطالعه، مدل به‌مدت ۸ سال (سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۰۳ میلادی) برای سه ماه فصل بهار اجرا شد و بارش شبیه‌سازی شده و بارش محصولات مختلف (AgMERRA, CFSR, CHIRPS, PERSIANN-CCS) با بارش اندازه‌گیری شده در ۱۴ ایستگاه (جدول ۱) مقایسه و ارزیابی شد.

۲-۵- ارزیابی بارش محصولات مختلف

برای مقایسه و ارزیابی داده‌های بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل RegCM و محصولات مختلف با استفاده از داده‌های ایستگاهی و بررسی توانایی آنها در آشکارسازی وقوع بارش، از چهار شاخص آماری پیوسته^{۳۸} (Moazami et al., 2013; Seong et al., 2015) و سه شاخص آماری طبقه‌بندی^{۳۹} (Ebert et al., 2013) استفاده شد. شاخص‌های آماری پیوسته شامل میانگین اریبی خطا (MBE)، ریشه میانگین مربعات خطا^{۴۰} (RMSE)، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال شده با انحراف معیار^{۴۱} (RSR) و ضریب همبستگی رتبه‌ای اسپیرمن^{۴۲} (r_s) و شاخص‌های آماری طبقه‌بندی شامل احتمال آشکارسازی^{۴۳} (POD)، نرخ هشدار اشتباه^{۴۴} (FAR) و شاخص بحرانی موفقیت^{۴۴} (CSI) می‌باشند. این شاخص‌ها با استفاده از معادله‌های زیر محاسبه می‌شوند:

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_{si} - P_{oi})^2}{N} \right]^{0.5} \quad (3)$$

$$RSR = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (P_{si} - P_{oi})^2 \right]^{0.5}}{\left[\sum_{i=1}^N (P_{oi} - \bar{P}_o)^2 \right]^{0.5}} \quad (4)$$

$$POD = \frac{h}{h+m}, FAR = \frac{f}{h+f}, CSI = \frac{h}{h+m+f} \quad (5)$$

در این معادله‌ها h تعداد روزهایی است که بارش مشاهده شده در ایستگاه به‌درستی توسط مدل آشکار شده است، m تعداد روزهایی است که در ایستگاه بارش رخ داده و مدل وقوع بارش را نشان نمی‌دهد و f تعداد روزهایی است که مدل وقوع بارش را نشان می‌دهد در حالی که در ایستگاه بارشی رخ نداده است. در بهترین حالت ممکن POD، FAR و CSI به‌ترتیب مقادیری برابر با ۱، ۰ و ۱ خواهند داشت. لازم به ذکر است در این مطالعه در محاسبه سه شاخص طبقه‌بندی، آستانه بارش ۰/۱ میلی‌متر بر روز برای تفکیک روزهای همراه با بارش و بدون آن در نظر گرفته شد.

بارش مشاهداتی بیشتر برآورد می‌کنند. هرچند که برای بیان نظری قاطع در رابطه با فراب‌آورد و یا فرورآورد محصولات شبکه‌ای بارش و مدل RegCM نیاز به بررسی اریبی در ایستگاه‌های بیشتری است.

مقایسه مقادیر اریبی محصولات مختلف بارش و مدل اقلیمی RegCM نشان داد که، به‌جز ایستگاه‌های آوج و معلم کلاویه، در همه ایستگاه‌ها بیشترین مقدار اریبی متعلق به محصول PERSIANN-CCS و کمترین مقدار اریبی در همه ایستگاه‌ها، به‌جز آوج، آبگرم و ناصرآباد، متعلق به محصول AgMERRA است. البته لازم به ذکر است در ایستگاه‌های یاد شده نیز محصول AgMERRA در جایگاه دوم و سوم از نظر کمترین مقدار اریبی در بین سایر محصولات قرار دارد.

با توجه به جدول ۴ و بررسی مقادیر RMSE و RSR در کلیه ایستگاه‌ها، بیشترین مقدار این دو آماره مربوط به بارش شبکه‌ای PERSIANN-CCS و کمترین مقدار آن در همه ایستگاه‌ها به‌جز ایستگاه‌های شهیدرجایی و ناصرآباد مربوط به محصول بارش شبکه‌ای AgMERRA است. در ایستگاه‌های یاد شده نیز این محصول از نظر کم بودن مقدار RMSE در جایگاه دوم قرار دارد. نتایج حاصل از برآورد همبستگی داده‌های روزانه بارش نشان می‌دهد محصول بارش AgMERRA در کلیه ایستگاه‌های متناظر دارای بزرگ‌ترین ضریب همبستگی در مقایسه با سایر محصولات و هم‌چنین مدل RegCM CHIRPS است و کمترین میزان همبستگی نیز متعلق به دو محصول PERSIANN-CCS و AgMERRA می‌باشد.

علی‌رغم بالاتر بودن ضرایب همبستگی داده‌های بارش روزانه پایگاه AgMERRA و داده‌های مشاهداتی، مقدار این ضریب چندان رضایت‌بخش نیست. این امر را می‌توان به تغییرپذیری مکانی و زمانی زیاد بارش در مناطق خشک و نیمه خشک نسبت داد (Pilgrim et al., 1998). تحقیقات در مناطق مختلف ایران و جهان نشان داده است که میزان همبستگی بین داده‌های بارش حاصل از داده‌های سنجش از دور و داده‌های مشاهداتی و هم‌چنین بین داده‌های بارش پایگاه‌های بازتحلیل و داده‌های مشاهداتی با کاهش مقیاس زمانی (از ماهانه به روزانه) کاهش می‌یابد و از این‌رو در مقیاس روزانه به دلیل تغییرپذیری زیاد بارش مقدار همبستگی پایین گزارش شده است (Moazami et al., 2013; Mianabadi et al., 2013; Duan et al., 2016; Dembele and Zwart, 2016; Lashkari et al., 2016; Zambrano-Bigiarini, 2017). البته باید در نظر داشت که بخشی از این اختلاف به دلیل تفاوت در مقیاس مکانی مقایسه (در سطح ایستگاه و پیکسل) است.

بررسی مقادیر شاخص RSR نیز نشان می‌دهد که از میان پایگاه‌های بارش و مدل RegCM، محصول PERSIANN و AgMERRA به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار هستند. هرچند مقادیر این شاخص برای محصول AgMERRA نیز چندان رضایت‌بخش نیست، با این حال، محصول AgMERRA به تنهایی و در مقایسه با سایرین عملکرد بهتری دارد.

در مجموع و با در نظر گرفتن چهار شاخص آماری RMSE، MBE، RSR و σ_e از میان چهار محصول بارش شبکه‌ای و مدل اقلیمی RegCM، در بین ۱۴ ایستگاه مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه، بیشترین مقادیر MBE، RMSE و RSR و کمترین مقادیر همبستگی به محصول بارش شبکه‌ای PERSIANN-CCS در مقیاس زمانی روزانه، علی‌رغم تفکیک مکانی بالای آن (۰/۰۴ درجه)، اختصاص یافته است. این در حالی است که محصول بارش شبکه‌ای AgMERRA با کمترین مقادیر MBE، RMSE، RSR و بیشترین مقادیر همبستگی عملکرد بهتری را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. جدول ۴ نشان می‌دهد که هنگامی که آماره‌ها روی ۱۴ ایستگاه منطقه میانگین‌گیری می‌شود، مدل RegCM نسبت به PERSIANN-CCS و CHIRPS همخوانی بیشتری با بارش اندازه‌گیری شده در منطقه دارد.

در شکل ۲ نمودار پراکنش بارش حاصل از دو پایگاه PERSIANN-CCS و پایگاه AgMERRA در مقابل بارش مشاهداتی سه ایستگاه منتخب منطقه، یعنی ایستگاه‌های آوج، شهیدرجایی و خرقان شرقی، به‌عنوان نمونه نشان داده شده است. این نمودارها نشان می‌دهند که در هر سه ایستگاه، خروجی‌های حاصل از مدل PERSIANN-CCS پراکندگی بیشتری نسبت به خط ۱:۱ دارند، که این مسأله می‌تواند بر ضریب همبستگی، ریشه میانگین مربعات خطا و میانگین خطای اریبی تأثیر داشته باشد.

۲-۳- ارزیابی بر اساس شاخص‌های آماری طبقه‌بندی

در این بخش برای بررسی توانمندی محصولات مختلف شبکه‌ای بارش و مدل اقلیمی RegCM در آشکارسازی رخداد بارش، از سه شاخص طبقه‌بندی POD، FAR و CSI استفاده شد. این شاخص‌ها براساس مجموعه داده‌های روزانه طی مدت ۸ سال (۲۰۱۰-۲۰۰۳) ارزیابی شدند. نتایج حاصل از محاسبه این شاخص‌ها در جدول ۵ خلاصه شده است. شکل ۳ نیز نشان‌دهنده مقادیر میانگین POD، FAR و CSI برای ۱۴ ایستگاه منتخب منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

Table 4- Calculated continuous statistical indices for various gridded precipitation datasets and RegCM in selected stations
 جدول ۴ - شاخص‌های آماری پیوسته محاسبه شده برای محصولات مختلف شبکه‌ای بارش و مدل RegCM در ایستگاه‌های منتخب

Station	PERSIANN					CHIRPS					CFRSR					AgMERRA					RegCM				
	MBE	RMSE	RSR	r _s	MBE	RMSE	RSR	r _s	MBE	RMSE	RSR	r _s	MBE	RMSE	RSR	r _s	MBE	RMSE	RSR	r _s	MBE	RMSE	RSR	r _s	
Ghazvin	1.98	7.69	1.85	0.51	0.85	4.69	1.13	0.49	-0.58	3.39	0.82	0.56	0.12	2.85	0.69	0.60	-0.37	4.51	1.09	0.38					
Avaj	0.16	5.9	1.26	0.35	-0.17	5.00	1.07	0.29	-0.37	4.38	0.94	0.58	-0.31	3.6	0.77	0.60	-0.52	4.32	0.92	0.48					
Moalem Kelayeh	1.14	7.66	1.6	0.37	1.93	4.81	1.00	0.27	0.88	5.33	1.13	0.56	0.19	4.2	0.89	0.59	-0.34	4.56	0.97	0.58					
Shahid Rajaee	2.28	6.86	2.67	0.29	1.13	4.52	1.76	0.30	0.46	2.97	1.16	0.39	0.43	3.35	1.3	0.52	0.87	3.40	1.32	0.44					
Abgarm	0.98	5.6	1.38	0.34	-0.07	4.30	1.06	0.28	-0.31	4.02	0.99	0.48	-0.13	3.92	0.94	0.51	-0.39	4.16	1.02	0.42					
Niarak	1.80	7.2	1.73	0.31	0.43	4.71	1.13	0.29	-0.22	4.06	0.97	0.41	0.12	3.51	0.84	0.50	0.55	5.36	1.28	0.38					
Fath Abad	2.22	8.34	2.53	0.20	0.38	4.08	1.24	0.24	-0.60	3.40	1.03	0.41	0.12	3.3	1.00	0.41	0.33	3.81	1.16	0.36					
Kharaghan Gharbi	1.24	6.29	1.6	0.31	0.16	4.59	1.17	0.25	0.05	4.30	1.09	0.46	0.01	3.85	0.98	0.51	-0.25	4.07	1.03	0.40					
Kharaghan Sharghi	1.33	6.06	1.83	0.27	0.38	4.34	1.31	0.15	0.37	4.12	1.25	0.39	0.19	3.7	1.11	0.50	0.40	4.31	1.30	0.34					
Naser Abad	2.35	7.49	2.05	0.28	0.85	5.14	1.41	0.23	0.00	3.95	1.09	0.39	0.13	3.76	1.03	0.50	-0.37	3.39	0.93	0.42					
Loshan	2.35	7.92	2.32	0.26	0.90	4.75	1.39	0.24	0.19	3.54	1.04	0.34	0.12	3.66	1.07	0.45	0.77	4.08	1.19	0.31					
Sharif Abad	2.08	6.73	2.87	0.31	0.94	5.16	2.20	0.31	-0.38	2.63	1.12	0.40	0.16	2.5	1.09	0.45	0.50	3.59	1.53	0.37					
Zar Abad	1.68	7.52	1.79	0.37	1.22	6.3	1.5	0.28	0.80	5.34	1.27	0.48	0.12	3.57	0.85	0.51	-0.53	3.80	0.9	0.51					
Rajaee Dasht	1.68	8.04	1.71	0.31	1.55	7.9	1.68	0.26	0.98	5.70	1.21	0.39	0.12	4.47	0.95	0.50	-0.58	4.61	0.98	0.39					
Average	1.66	7.09	1.94	0.32	0.75	5.02	1.36	0.28	0.09	4.08	1.08	0.45	0.10	3.58	0.96	0.51	0.00	4.14	1.12	0.41					

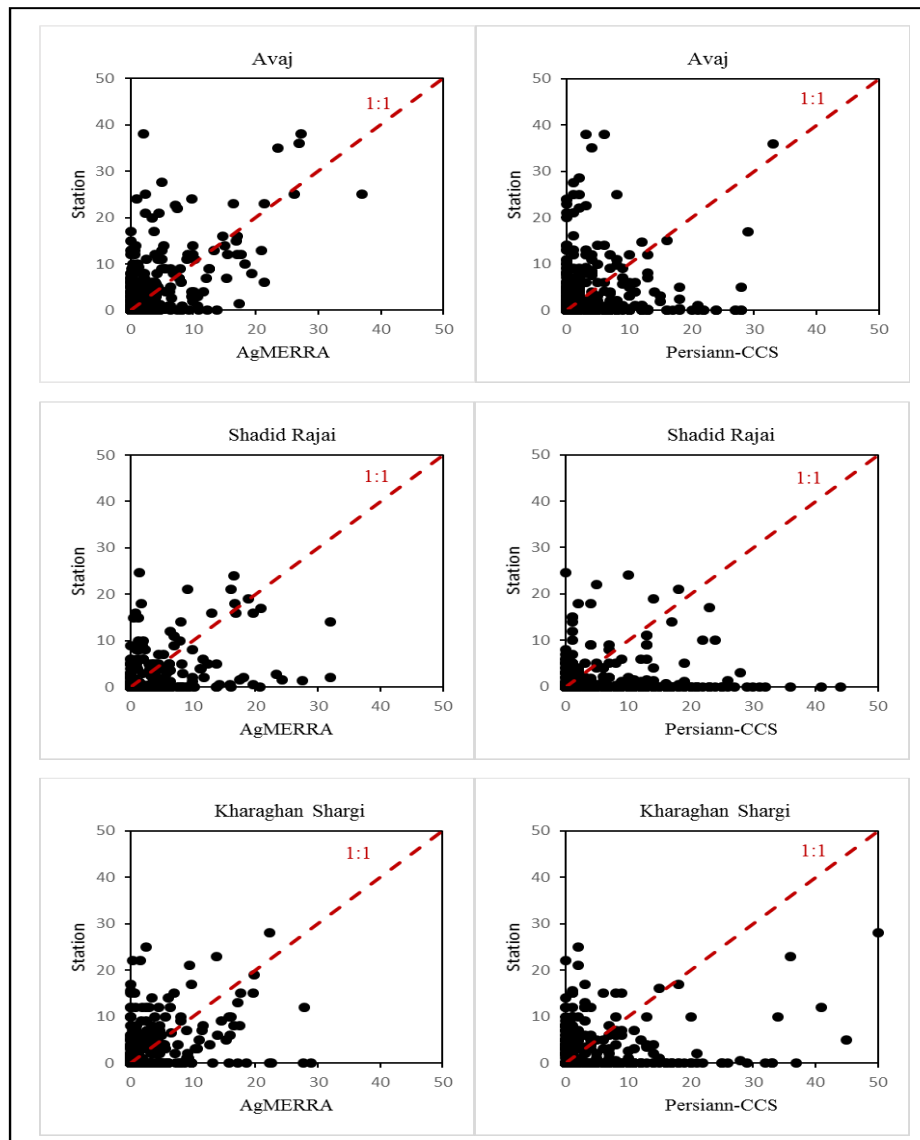


Fig. 2- Comparison of daily precipitation values of AgMERRA and PERSIANN-CCS products with the corresponding values of Avaj, Shahid Rajaie and Khargaghan stations

شکل ۲- مقایسه مقادیر بارش روزانه محصولات AgMERRA و PERSIANN-CCS با مقادیر متناظر ایستگاه‌های آوج، شهیدرجایی و خرقان شرقی

محصول یا مدل با ایستگاه متناظر دارد. با توجه به این موضوع کمتر بودن مقدار این شاخص در محصول AgMERRA نشان از عملکرد بهتر این محصول در آشکارسازی روزهای غیربارانی دارد. بررسی شاخص CSI یا شاخص بحرانی موفقیت نیز در شکل ۳ نشان می‌دهد، بیشترین و کمترین مقادیر این شاخص به ترتیب متعلق به دو محصول AgMERRA و CHIRPS است. با این حال مقدار پایین شاخص CSI (بین ۰/۲۶ تا ۰/۳۹) حاکی از عملکرد ضعیف محصولات شبکه‌ای بارش و مدل RegCM در تفکیک روزهای بارانی و غیربارانی است.

با توجه به شکل ۳ مقایسه بین چهار محصول بارش شبکه‌ای و مدل اقلیمی RegCM نشان می‌دهد که CFSR دارای بالاترین مقدار میانگین POD برای ایستگاه‌های مورد مطالعه است. AgMERRA، PERSIANN-CCS و RegCM به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. مقدار بالای POD در محصول CFSR به این معنا است که این محصول توانسته در آشکارسازی روزهای بارانی بهتر عمل کند. بالاترین شاخص FAR متعلق به دو محصول PERSIANN و CHIRPS و کمترین مقدار آن متعلق به AgMERRA است. همان‌طور که پیش‌تر نیز ذکر شد هرچه مقدار شاخص FAR به صفر نزدیک‌تر باشد، نشان از تطابق بهتر تعداد روزهای غیربارانی در

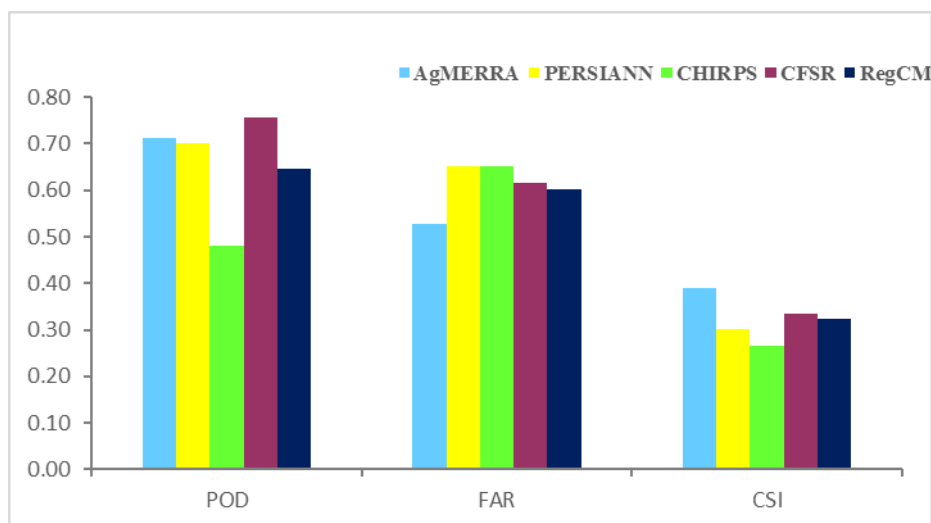


Fig. 3- Values of POD, FAR and CSI averaged over 14 stations

شکل ۳- مقادیر سه شاخص طبقه‌بندی POD، FAR و CSI میانگین‌گیری شده روی ۱۴ ایستگاه

Table 5- Statistical categorical indices for different precipitation products and RegCM model for selected stations

جدول ۵- شاخص‌های آماری طبقه‌بندی محاسبه شده برای محصولات مختلف شبکه‌ای بارش و مدل RegCM در ایستگاه‌های منتخب

Station	AgMERRA			PERSIANN			CHIRPS			CFSR			RegCM		
	POD	FAR	CSI	POD	FAR	CSI	POD	FAR	CSI	POD	FAR	CSI	POD	FAR	CSI
Ghazvin	0.72	0.38	0.5	0.78	0.56	0.39	0.6	0.5	0.38	0.72	0.53	0.4	0.57	0.57	0.32
Avaj	0.71	0.35	0.52	0.6	0.54	0.35	0.36	0.53	0.26	0.7	0.4	0.48	0.62	0.46	0.41
Moalem Kelayeh	0.75	0.4	0.5	0.67	0.52	0.39	0.51	0.67	0.4	0.91	0.55	0.43	0.72	0.42	0.48
Shahid Rajaei	0.79	0.62	0.34	0.79	0.77	0.22	0.57	0.72	0.23	0.88	0.76	0.24	0.73	0.68	0.29
Abgarm	0.63	0.44	0.42	0.65	0.6	0.33	0.44	0.54	0.29	0.72	0.48	0.43	0.62	0.54	0.36
Niarak	0.81	0.63	0.34	0.73	0.69	0.28	0.51	0.64	0.25	0.72	0.68	0.28	0.7	0.7	0.27
Fath Abad	0.69	0.62	0.32	0.66	0.78	0.2	0.51	0.72	0.21	0.48	0.57	0.29	0.6	0.69	0.26
Kharaghan Gharbi	0.73	0.48	0.43	0.62	0.64	0.3	0.42	0.66	0.26	0.76	0.54	0.4	0.61	0.58	0.33
Kharaghan Sharghi	0.77	0.62	0.34	0.7	0.72	0.25	0.36	0.75	0.18	0.75	0.68	0.29	0.67	0.69	0.27
Naser Abad	0.7	0.59	0.35	0.77	0.74	0.24	0.5	0.74	0.2	0.79	0.77	0.22	0.66	0.65	0.3
Loshan	0.77	0.65	0.31	0.72	0.73	0.24	0.49	0.73	0.21	0.75	0.74	0.24	0.7	0.74	0.23
Sharif Abad	0.55	0.48	0.37	0.68	0.59	0.34	0.48	0.6	0.31	0.63	0.54	0.36	0.5	0.56	0.31
Zar Abad	0.7	0.43	0.45	0.72	0.52	0.41	0.46	0.53	0.3	0.9	0.58	0.4	0.68	0.45	0.44
Rajaei Dasht	0.72	0.64	0.32	0.71	0.71	0.26	0.5	0.68	0.24	0.9	0.74	0.25	0.65	0.64	0.3

۴- جمع‌بندی

منطقه‌ای RegCM با استفاده از داده‌های مشاهداتی حاصل از ۱۴ ایستگاه منتخب در دشت قزوین در فصل بهار طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰ میلادی مورد ارزیابی قرار گرفت. ابتدا برای اجرای مدل RegCM در بازه زمانی مورد نظر، مدل با سه طرحواره همرفت (کو، امانوئل و گرل) اجرا و پس از انجام تحلیل‌های آماری، طرحواره کو

با توجه به اهمیت بارش‌های بهاره در کشاورزی و وقوع این بارش‌ها در مراحل حساس رشد و نمو و تأثیر آن بر عملکرد محصول، در این مطالعه بارش روزانه چهار محصول شبکه‌ای (PERSIANN-CCS، CHIRPS، CFSR و AgMERRA) و هم‌چنین مدل اقلیمی

می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از داده‌های AgMERRA برای پس‌پردازش و ارائه توابع تصحیح (توزیعی) برونداد مدل RegCM در دشت قزوین مناسب است.

به‌عنوان مناسب‌ترین طرحواره در مدل‌سازی بارش بهاره در دشت قزوین انتخاب شد. نتیجه بدست آمده در این مطالعه با نتایج Khorshiddoust et al. (2017) در انتخاب طرحواره پرمایش همرفت در منطقه شمال غرب کشور همخوانی دارد.

پی‌نوشت‌ها

- 1- Global Precipitation Climatology Center
- 2- Climatic Research Unit
- 3- Climate Prediction Center
- 4- National Centers for Environmental Prediction
- 5- National Center for Atmospheric Research
- 6- European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
- 7- Global Land Data Assimilation System
- 8- Bias Correction
- 9- Tropical Rainfall Measuring Mission
- 10- CPC MORPhing technique
- 11- Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks
- 12- Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data
- 13- Downscaling
- 14- Cloud Classification System
- 15- National Climate Data Center
- 16- Climate Forecast System
- 17- Climate Forecast System Reanalysis
- 18- National Aeronautics and Space Administration (NASA)
- 19- NASA's Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications
- 20- The Agricultural Model Inter-Comparison and Improvement Project
- 21- International Center for Theoretical Physics
- 22- Optimum Interpolation Sea Surface Temperature
- 23- National Oceanic and Atmospheric Administration
- 24- Global Topography
- 25- Global Land Cover Characterization
- 26- Global Zoller
- 27- United States Geological Survey
- 28- One Way Nesting
- 29- Parameterization
- 30- Ku
- 31- Emanuel
- 32- Grell
- 33- Arakawa-Schubert
- 34- Fritsch-Chappell
- 35- Spin Up
- 36- Mean Bias Error
- 37- Spearman's Rank Correlation Coefficient
- 38- Continuous Statistical Indices
- 39- Categorical Statistical Indices
- 40- Root Mean Square Error
- 41- Normalized RMSE with the Standard Deviation
- 42- Probability of Detection
- 43- False Alarm Ratio
- 44- Critical Success Index

ارزیابی بارش محصولات مختلف شبکه‌ای و مدل RegCM با مشاهدات ایستگاهی متناظر با استفاده از شاخص‌های آماری پیوسته و طبقه‌بندی انجام شد. نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های آماری پیوسته حاکی از برتری نسبی پایگاه بارش AgMERRA نسبت به سایر محصولات و مدل RegCM بود. شاخص‌های آماری طبقه‌بندی نیز نشان دادند که پایگاه بارش CFSR عملکرد بهتری در آشکارسازی روزهای بارانی داشته، اما پایگاه AgMERRA در شناسایی روزهای غیربارانی و تفکیک روزهای بارانی و غیربارانی از یکدیگر موفق‌تر بوده است. در نهایت مجموع نتایج حاصل از ارزیابی‌های انجام شده در این مطالعه نشان می‌دهد که محصول بارش شبکه‌ای AgMERRA در مقیاس روزانه در مقطع زمانی مورد نظر، از اعتبار بیشتری برخوردار می‌باشد. نتیجه حاصل، با نتایج مطالعات (Ceglar et al. 2017) و (Salehnia et al. 2017) همخوانی دارد.

با وجودی که مدل اقلیمی RegCM مدلی دینامیکی است که مبنای فیزیکی داشته و با تفکیک مکانی افقی بالا (۱۰ تا ۵۰ کیلومتر) در مطالعات بسیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد، به نظر می‌رسد این مدل قادر به آشکارسازی برخی از سامانه‌های همرفتی محلی نیست. به دلیل آن که این گونه مدل‌ها تنها تقریبی از جهان واقعی هستند، هرگز قادر به توصیف جزئیات فرآیندهای سامانه زمین نیستند. علی‌رغم تلاش‌های انجام شده در زمینه بهبود پرمایش بارش، همچنان مقادیر بارش شبیه‌سازی شده به‌ویژه در مقیاس روزانه نتایج رضایت‌بخشی را نشان نمی‌دهند. یکی از راهکارهای مورد توجه در سال‌های اخیر که برای غلبه بر این مشکل پیشنهاد شده است، استفاده از روش‌های تصحیح اریبی است. در این روش خروجی‌های مدل (به‌ویژه بارش و دما) توسط داده‌های مشاهداتی تصحیح می‌شوند (Teutschbein and Seibert, 2012; Kim et al., 2016).

چون در بسیاری از مناطق شبکه ایستگاه منظمی وجود ندارد و برخی از سلول‌های شبکه مدل فاقد ایستگاه هستند، تصحیح اریبی نتایج مدل با استفاده از محصولات بارش شبکه‌ای گزینه مناسبی به نظر می‌رسد. با توجه به اینکه ارزیابی‌ها در منطقه مورد مطالعه حاکی از برتری محصول بارش AgMERRA نسبت به سایر محصولات است، و با پذیرش این فرض که محصول دارای عملکرد بهتر در نقاط دارای ایستگاه در سایر نقاط منطقه نیز عملکرد بهتری دارد،

- Grell GA, Dudhia J, Stauffer DR (1994) A description of the fifth generation Penn State/NCAR Mesoscale Model (MM5). National Center for Atmospheric Research Tech Note NCAR/TN-398 + STR
- Hong Y, Hsu KL, Sorooshian S, Gao XG (2004) Precipitation estimation from remotely sensed imagery using an artificial neural network cloud classification system. [Journal of Applied Meteorology and Climatology](#) 43(12):1834-1853
- Hsu K, Gao X, Sorooshian S, Gupta HV (1997) Precipitation estimation from remotely sensed information using artificial neural networks. [Journal of Applied Meteorology and Climatology](#) 36:1176-1190
- Hu Y, Zhong Z, Lu W, Zhang Y, Sun Y (2016) Evaluation of RegCM4 in simulating the interannual and interdecadal variations of Meiyu rainfall in China. *Theoretical and Applied Climatology* 124(3):757-767
- Javanmard S, Yatagai A, Nodzu MI, BodaghJamali J, Kawamoto H (2010) Comparing high-resolution gridded precipitation data with satellite rainfall estimates of TRMM_3B42 over Iran. [Advances in Geosciences](#) 25:119-125
- Juárez RIN, Li W, Fu R, Fernandes K, Cardoso ADO (2009) Comparison of precipitation datasets over the tropical south American and African continents. *Journal of hydrometeorology* 10(1):289-299
- Karimian M, Babaian I, Modiriyani R (2010) Study of RegCM3 capability of the modeling precipitation and temperature over Khorasan province (Case Study: winters of 1991-2000). *Geographical Researches* 791:16430-16411 (In Persian)
- Katsanos D, Retalis A, Michaelides S (2016) Validation of a high-resolution precipitation database (CHIRPS) over Cyprus for a 30-year period. *Atmospheric Research* 169:459-464
- Khandu, Awange JL, Forootan E (2016) An evaluation of high-resolution gridded precipitation products over Bhutan (1998–2012). *International Journal of Climatology* 36(3):1067-1087
- Khorshiddoust AM, Mofidi A, Rasouli AA, Azarm K (2017) Evaluating the sensitivity of RegCM4 model to types of convection parameterization schemes on the modeling of springtime precipitation in the North West of Iran. *Journal of the Earth and Space Physics*, Published online (In Persian)
- Kim KB, Kwon HH, Han D (2016) Precipitation ensembles conforming to natural variations derived from a regional climate model using a new bias correction scheme. *Hydrology and Earth System Sciences* 20(5):2019-2034
- Awange JL, Ferreira VG, Forootan E, Khandu, Andam-Akorful SA, Agutu NO, He XF (2016) Uncertainties in remotely sensed precipitation data over Africa. *International Journal of Climatology* 36(1):303-323
- Behrangi A, Khakbaz B, Jaw TC, AghaKouchak A, Hsu K, Sorooshian S (2011) Hydrologic evaluation of satellite precipitation products over a mid-size basin. *Journal of Hydrology* 397:225–237
- Ceglar A, Toreti A, Balsamo G, Kobayashi Sh (2017) Precipitation over Monsoon Asia: a comparison of reanalyses and observations. *Journal of Climate* 30(2):465–476
- Davis N, Bowden J, Semazzi F, Xie L, Onol B (2009) Customization of RegCM3 regional climate model for eastern Africa and a tropical Indian ocean domain. *Journal of Climatology* 22(13):3595-3616
- Dembélé M, Zwart SJ (2016) Evaluation and comparison of satellite-based rainfall products in Burkina Faso West Africa. *International Journal of Remote Sensing* 37(17):3995-4014
- Duan Z, Bastiaanssen WGM (2013) First results from version 7 TRMM 3B43 precipitation product in combination with a new downscaling–calibration procedure. *Remote Sensing of Environment* 131:1-13
- Duan Z, Liu J, Tuo Y, Chiogna G, Disse M (2016) Evaluation of eight high spatial resolution gridded precipitation products in Adige basin (Italy) at multiple temporal and spatial scales. *Science of Total Environment* 573:1536-1553
- Ebert EE, Janowiak JE, Kidd C (2007) Comparison of near-real-time precipitation estimates from satellite observations and numerical models. *Bulletin of the American Meteorological Society* 88(1):47-64
- Eini M R, Javadi S, Delavar M (2018) Evaluating the performance of CRU and NCEP CFSR global reanalysis climate datasets in hydrological simulation by SWAT model (Case Study: Maharlu Basin). *Iran-Water Resources Research* 14(1):32-44 (In Persian)
- Fuentes-Franco R, Coppola E, Giorgi F, Graef F, Pavia EG (2014) Assessment of RegCM4 simulated inter-annual variability and daily-scale statistics of temperature and precipitation over Mexico. *Climate Dynamics* 42(3):629-647
- Giorgi F, Elguindi N, Cozzini S, Giuliani G (2011) Regional climatic model RegCM user's guide version 4.2. The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, Trieste

- version 4.2 (RegCM4.2). *Advanced Meteorology* 2014:13
- Pilgrim DH, Chapman TG, Doran DG (1998) Problems of rainfall-runoff modeling in arid and semiarid regions. *Hydrological Sciences Journal* 33(4):379-400
- Prakash S, Mitra AK, Rajagopal EN, Pai DS (2016) Assessment of TRMM-Based TMPA-3B42 and GSMaP precipitation products over India for the peak southwest Monsoon season. *International Journal of Climatology* 36(4):1614-1631
- Raziei T, Sotoudeh F (2017) Investigation of the accuracy of the European Center for Medium Range Weather Forecasts (ECMWF) in forecasting observed precipitation in different climates of Iran. *Journal of the Earth and Space Physics* 43(1):133-147 (In Persian)
- Ruane AC, Goldberg R, Chryssanthacopoulos J (2015) Climate forcing datasets for agricultural modeling: merged products for gap-filling and historical climate series estimation. *Agriculture and Forest Meteorology* 200:233-248
- Saha S, Moorthi Sh, Pan H-L, Wu X, Wang J, Nadiga S, Tripp P, Kistler R, Woollen J, Behringer D, Liu H, Stokes Grumbine R, et al. (2010) The NCEP climate forecast system reanalysis. *Bulletin of the American Meteorological Society* 91(8):1015-1057
- Salehnia N, Alizadeh A, Sanaeinejad H, Bannayan M, Zarrin A, Hoogenboom G (2017) Estimation of meteorological drought indices based on AgMERRA precipitation data and station-observed precipitation data. *Journal of Arid Land* 9(6):797-809
- Seong Ch, Her Y, L Benham B (2015) Automatic calibration tool for hydrologic simulation program-FORTRAN using a shuffled complex evolution algorithm. *Water* 7(2):503-527
- Teutschbein C, Seibert J (2012) Bias correction of regional climate model simulations for hydrological climate-change impact studies: Review and evaluation of different methods. *Journal of Hydrology* 465:12-29
- Lashkari A, Bannayan M, Koochaki A, Alizadeh A, Choi YS, Park SK (2016) Applicability of AgMERRA forcing dataset for gap-filling of in-situ meteorological observation, Case Study: Mashhad Plain. *Journal of Water and Soil* 29(6):1749-1758 (In Persian)
- Liu J, Duan Z, Jiang J, Zhu AX (2015) Evaluation of three satellite precipitation products TRMM 3B42, CMORPH, and PERSIANN over a subtropical watershed in China. *Advanced Meteorology* 2015:13
- Mianabadi A, Alizadeh A, Sanaeinejad H, Bannayan M, Faridhosseini A (2013) The statistic assessment of CMORPH model output for precipitation estimation over the Northeast of Iran (Case Study: North Khurasan Province). *Journal of Water and Soil* 27(5):919-927 (In Persian)
- Moazami S, Golian S, Kavianpour MR, Hong Y (2013) Comparison of PERSIANN and V7 TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis (TMPA) products with rain gauge data over Iran. *International Journal of Remote Sensing* 34(22):8156-8171
- Modiriyani R, Babaian I, Karimain M (2009) The optimum configuration of RegCM3 model for simulation of precipitation and temperature at Autumn seasonal over Khorasan region in 1991-2000. *Physical Geography Research* 70:107-120 (In Persian)
- Mohammadi F, Zarin A, Babaeiyan I (2015) Ability of RegCM4 climate model to simulate precipitation in cold period of Fars, Case study: 1990-2010 period. *Journal of the Earth and Space Physics* 41(3):511-524 (In Persian)
- Pal J, Giorgi F, Bi X, Elguindi N, Salmon F, Gao X, Rauscher SA, Francisco R, Zakey A, Winter J, Ashfagh M, Syed FS, Bell J, Diffenbaugh JK, Konare A, Martinez D, Rocha RP, Sloan L, Steiner A (2007) Regional climate modeling for the developing world, the ICTP and RegCM. *Bulletin of the American Meteorological Society* Nov. 2007:1396-1409
- Phan Van T, Van Nguyen H, Trinh Tuan L, Nguyen Quang T, Ngo-Duc T, Laux P, Nguyen Xuan T (2014) Seasonal prediction of surface air temperature across Vietnam using the regional climate model