نشریه هواشناسی کشاورزی
(وابسته به انجمن مهندسی آبیاری و آب ایران)
جلد ۹، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، صص.۶۰-۴۸
مقاله علمی پژوهشی

Journal of Agricultural Meteorology
(Iranian Soc. of Water and Irrig. Eng.)
Vol. 9, No. 2, Autumn & Winter 2021, pp. 48-60
DOI: 10.22125/agmj.2021.287482.1115

پیکربندی مدل اقلیمی RegCM4.7 برای پیش‌بینی هفتگی بارش مطالعه موردی: بارش‌های سنگین مارس و آوریل ۲۰۱۹

ایمان بابائیان[1*]، مریم کریمیان[2]، راهله مدیریان[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۳۱

چکیده

پیش‌بینی بارش در مقیاس هفتگی تا ماهانه اهمیت زیادی در مدیریت منابع آب و کشاورزی دارد. هدف این مطالعه حصول به یک پیکربندی بهینه مدل منطقه‌ای RegCM4. 7 بر اساس طرحواره‌های همرفت و لایه مرزی جهت پیش‌بینی بارش تجمعی هفتگی در سطح ایران می‌باشد. به این منظور رخدادهای بارش‌های سنگین در اواخر اسفند ۱۳۹۷ تا فروردین ۱۳۹۸ انتخاب شد. در بازه زمانی مذکور ایران در معرض سه سامانه بارشی سیل‌آسا به ترتیب در تاریخ‌های ۲۶ تا ۲۹ اسفند ۱۳۹۷، ۳ تا ۶ فروردین و ۱۰ تا ۱۲ فروردین ۱۳۹۸ قرار گرفت. مدل منطقه‌ای اقلیمی RegCM4. 7 با استفاده از داده‌های شرایط مرزی مدل گردش کلی CFSv. 2 تحت طرحواره‌های همرفت و لایه مرزی مختلف اجرا و بروندادها با داده‌های بارش پایگاه ERA5 مقایسه شدند. بارش تجمعی هر یک از سه هفته مورد مطالعه، از ۶ تا ۱ هفته قبل (۶ پیش‌دید مختلف) پیش‌بینی شدند و توانایی هر یک از پیکربندی‌های مختلف مدل در پیش‌دیدهای مختلف به کمک دو نمایه معتبر نمودار تیلور و کلینگ گوپتا (KGE) بررسی شد. در مرحله انتخاب بهترین طرحواره‌های همرفت کومولوس، شش طرحواره Tiedtke، Emanuel، Grell، Kian، Kou و MM5 shallow watrer مورد ارزیابی قرار گرفتند. در مرحله اول توانمندی طرحواره‌های تایدیک، امانویل و گرل به نسبت سایر طرحواره‌ها مناسب بودند .در مرحله دوم اثر طرحواره‌های لایه مرزی مختلف بررسی و مشخص شد که به ترتیب ترکیب طرحواره‌های همرفت-لایه مرزی تایدیک- هولستلاگ، تایدیک UW- و گرل UW- به ترتیب اولویت، به عنوان پیکربندی بهینه مدل RegCM4. 7 انتخاب شدند. نتایج نشان دادند، علیرغم اینکه مقادیر KGE بسیار خوب تنها در هفته اول پیش‌بینی (پیش‌دید ۱) قابل حصول بوده و در هفته‌های بعد چندان قابل توجه نیست، اما ضرائب همبستگی محاسبه شده نشان از توانایی نسبتاً مناسب در پیش‌دیدهای دو تا چهار هفته‌ای می‌باشد. با وجود مقادیر کم KGE همبستگی‌های قابل قبول نشان می‌دهد که مدل RegCM4. 7 تحت پیکربندی تایدیک- هولتسلگ می‌تواند الگوی کلی بارش تجمعی هفتگی را برای حدود چهار هفته آینده به خوبی پیش‌بینی نماید، هر چند در پیش‌بینی پراکنش مکانی بارش دارای ضعف نسبی است.

واژه‌های کلیدی: مدل RegCM4.7، پیکربندی، مدل CFSv.2، بارش‌های سنگین، اسفند ۱۳۹۷

مقدمه

شروع سال جدید خورشیدی ۱۳۹۸ و روز جهانی هواشناسی همراه با وقوع بارش‌های سیل‌آسا در ایران بود. از ۲۶ اسفند ۱۳۹۷ تا ۱۱ فروردین ۱۳۹۸، ایران تحت تاثیر سه سامانه به نسبت قوی قرار گرفت که منجر به وقوع بارش و سیلاب بی‌سابقه در مناطق حاشیه دریای خزر، غرب و جنوب غرب ایران گردید. این رخدادهای حدی، بر اساس برخی گزارش ها حدود ۸۰ کشته به دنبال داشته است. سد کرخه که تاکنون سیلاب‌های بزرگی با آورد حدود ۶۰۰۰ مترمکعب بر ثانیه را مهار کرده بود، در این تاریخ با مهار سیلابی بزرگ با حجم حدود ۸۴۰۰ مترمکعب بر ثانیه موجب جلوگیری از خسارات جانی و مالی در پایین‌دست

[1] استادیار، پژوهشکده اقلیم‌شناسی، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، مشهد
(*نویسنده مسئول: i.babaeian@gmail.com)

[2] کارشناس ارشد پژوهشی، پژوهشکده اقلیم‌شناسی، پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، مشهد

نحوه ارجاع مقاله:
بابائیان، ا.،کریمیان، م.، مدیریان، ر. ۱۴۰۰. پیکربندی مدل اقلیمی RegCM4.7 برای پیش‌بینی هفتگی بارش مطالعه موردی: بارش‌های سنگین مارس و آوریل ۲۰۱۹. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۹(۲): ۶۰-۴۸. DOI: 10.22125/agmj.2021.287482.1115
Babaeian, I., Karimian, M., Modirian, R. 2021. Optimum configuration of RegCM4.7 model in prediction of weekly cumulative precipitation during extreme precipitation of March-April 2019. Journal of Agricultural Meteorology, 9(2): 48-60. DOI: 10.22125/agmj.2021.287482.1115

DOI: 10.22125/agmj.2021.287482.1115

سد و در استان خوزستان گردید. فعالیت و وقوع هر یک از سه رخداد بارش‌های سنگین طی اخطاریه‌هایی توسط سازمان هواشناسی کشور به دستگاههای ذیربط -به ویژه سازمان مدیریت بحران- حداقل ۴ روز قبل اطلاع‌رسانی شد که به اذعان ریاست محترم جمهوری اسلامی ایران، پیش‌بینی‌های سازمان هواشناسی کشور کمک زیادی به آمادگی برای مقابله با سیلاب نمود که ریاست جمهوری ضمن قدردانی از سازمان هواشناسی، خواستار ارتقاء سطح سازمانی هواشناسی کشور از سطح فعلی در وزارت راه و شهرسازی به ساختاری بالاتر شدند. بارش‌های یادشده عمدتاً در روز دوشنبه ۱۱ فروردین ۱۳۹۸ رخ دادند. در طی فعالیت سامانه‌های یادشده در ایران به طور میانگین ۵۸/۵ میلی‌متر بارش رخ داد که حدود سه برابر میانگین بلندمدت در دوره مشابه بود. سهم بارش دریافتی در دوره مذکور نسبت به بارش یک سال کامل بین ۳۰ تا ۶۰ درصد قرار داشت که در استان های واقع در غرب کشور و سواحل خزر رخ داد. هدف این پژوهش انتخاب پیکربندی بهینه مدل RegCM4.7 برای پیش‌بینی بارش در طی رخداد بارش‌های سنگین اسفند ۹۷ و فروردین ۹۸ (مارس و آوریل ۲۰۱۹) می‌باشد. تاکنون مطالعات زیادی در زمینه مدلسازی بارش توسط مدل RegCM در داخل و خارج از کشور انجام شده است که در ادامه به بررسی آن می‌پردازیم. Ahmadi Givi et al., (2004) تأثیر کوهستان‌ها و کاربری اراضی ایران با استفاده از مدل اقلیمی منطقه‌ای RegCM را بررسی کردند. Babaeian et al., (2007) توانایی مدل منطقه‌ای RegCM3 در شبیه‌سازی بارش زمستان سال‌های ۱۹۹۷ و ۲۰۰۰ را به عنوان دو فصل تر و خشک مورد مطالعه قرار دادند. Ghahreman et al., (2014) مهارت مدل RegCM در برآورد تبخیرتعرق پتانسیل در اقلیم گذشته را بررسی نمودند و اقلیم دوره ۲۰۲۱-۲۰۳۵ را در ایستگاه مشهد شبیه‌سازی نمودند. Mohammadi et al., (2014) کارایی مدل اقلیمی RegCM4 در شبیه‌سازی بارش دورهٔ سرد استان فارس را در دوره ۲۰۱۰-۱۹۹۰ مورد بررسی قرار دادند. Babaeian et al., (2020) پیش‌نگری بارش و دمای شرق کشور با استفاده از مقیاس‌کاهی ترکیبی دینامیکی - آماری با استفاده از مدل RegCM4.7 انجام دادند. آن‌ها مطالعه را با استفاده از مقیاس‌کاهی ترکیبی دینامیکی- آماری شامل مدل منطقه‌ای اقلیمی RegCM4.5.11 به عنوان مدل دینامیکی و عامل تغییر به عنوان مدل آماری و با بکارگیری داده‌های شرایط مرزی مدل گردش کلی CanESM از سری مدل‌های CMIP5 بر روی متغیرهای بارش و دما در منطقه شرق کشور از جمله استان‌های خراسان رضوی، جنوبی و سیستان و بلوچستان انجام دادند. در مطالعه‌ای حساسیت طرحواره‌های همرفت مدل RegCM4 در شبیه‌سازی بارش غرب ایران با استفاده از داده‌های شرایط مرزی مدل MK36-CSIRO مورد بررسی قرار گرفت (Ebrahimzadeh et al, 2019). Ahmadi et al., (2017) دورنمای فرین‌های گرم ایران مبتنی بر برونداد مدل میان‌مقیاس منطقه‌ای RegCM4 مورد بررسی قرار دادند. Jahanbakhsh et al., (2017) تغییرات مکانی دمای فصلی ایران بر اساس مدل میان مقیاس منطقه‌ای پیش نگری کردند. Giorgi et al., (1991) متغیرهای اقلیمی تابستان سال‌های ۱۹۸۸ و ۱۹۹۹ را برای منطقه غرب آفریقا با استفاده از مدل منطقه‌ای اقلیم شبیه‌سازی کردند. Pal et al., (2000) پیشرفت‌ها در نسخه مدل منطقه‌ای RegCM را مورد بررسی قرار دادند. همچنین Francisco et al., (2003) در مقاله‌ای برخی تجربیات از اجرای مدل RegCM بر روی فیلیپین در قالب یک سیستم پیش‌آگاهی سیل را تشریح کردند. در موسسه تحقیقات جوی هند مطالعاتی در مورد تأثیر برف تبت بر بارش‌های موسمی تابستانی هند با کاربرد RegCM2.5 توسط Dash et al., (2006) انجام شد. Eghtedari et al., (2018) مقایسه بارش بهاری حاصل از چهار محصول شبکه‌بندی شده و شبیه‌سازی شده توسط RegCMرا در دشت قزوین مقایسه کردند. Alizadeh-Choobari et al., (2019) در شبیه‌سازی دمای کشور در سال ۲۰۱۰ ایران، نتیجه گرفتند که طرحواره‌های لایه مرزی هلستلگ و UW PBL به ترتیب در ماه‌های سرد و گرم سال عملکرد بهتری دارند. این مقاله مستخرج از پروژه با هدف ارتقاء توانمندی پیش‌بینی هفتگی بخش پیش‌بینی فصلی پژوهشکده اقلیم‌شناسی مشهد با استفاده از پیکربندی بهینه مدل RegCM4.7 برای بارش‌های سیل‌آسای مارس ۲۰۱۹ است. در این مقاله ابتدا نگاهی گذرا بر الگوهای همدیدی و مقادیر کمی بارش‌های رخ داده در روزهای یادشده خواهد شد، سپس مواد و روش کار توضیح داده می‌شود. ادامه مقاله اختصاص به نتایج، بحث و جمع‌بندی دارد.

الگوهای همدیدی و بارش‌های ثبت شده

با توجه به حجم بارش رخ داده موج بارشی (۱۰ تا ۱۱ فروردین ماه ۱۳۹۸) در طی بارش‌های سنگین مارس-آوریل ۲۰۱۹، الگوهای تراز ۳۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال و فشار سطح متوسط دریا در ساعت ۱۲۰۰ گرینویچ روز ۱۱ فروردین ۱۳۹۸ در شکل ۱ نشان داده شده است. در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال، رودباد قطبی در شرق اقیانوس اطلس شمالی و در همسایگی سواحل اروپا به دو شاخه شمال و جنوبی شکسته شده است که شاخه شمالی آن مسیر نرمال خود را طی می‌کند، اما شاخه جنوبی آن مسیر شرق اقیانوس اطلس حاره‌ای-شمال آفریقا تا دریای سرخ و زاگرس را طی کرده و با رودباد جنب حاره‌ای ادغام می‌شود. این وضعیت موجب انتقال رطوبت از اقیانوس اطلس به سمت جنوب‌غرب آسیا می‌شود. حداکثر سرعت باد شاخه جنوبی رودباد با بیش از ۱۲۰ نات بر روی منطقه زاگرس قرار دارد. شکستگی انحنایی رودباد بر روی زاگرس و جهت نصف‌النهاری آن علاوه بر افزایش تاوایی و صعود هوا موجب فرارفت هوای گرم و رطوبت به داخل این سامانه می‌شود (Omidvar et al., 2012). گسترش بیش از حد معمول رودباد قطبی به عرض‌های جنوبی، موجب فعال شدن تزریق هوای مرطوب از پهنه‌های آبی اقیانوس اطلس و هند به جنوب‌غرب آسیا و تشدید ناپایداری‌ها توسط رشته کوه‌های با راستای شمالی-جنوبی زاگرس شده است. الگوی رطوبت ویژه در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال این موضوع را تایید می‌کند (شکل ۱-وسط). شاخه جنوبی رودباد جنب‌قطبی مجددا درحرکت به سوی شمال در ناحیه خزر-جنوب روسیه با شاخه شمالی رودباد قطبی ادغام می‌شود. در روز ۱ آوریل (۱۱فروردین) در نقشه سطح زمین، مرکز کم‌فشار ۱۰۰۴ هکتوپاسکال بر روی شرق مدیترانه و بخش‌های غربی و مرکزی ایران تشکیل شده است که زبانه‌های آن‌ها از طریق هم‌ارتفاع ۱۰۰۸ هکتوپاسکالی با همدیگر ادغام شده‌اند و کم‌فشار ۱۰۰۸ هکتوپاسکال محدوده شرق مدیترانه تا غرب زاگرس و شبه جزیره عربستان تا شمال شرق آفریقا را در بر گرفته است (شکل ۱-پایین). وجود پرفشار در شمال دریای عرب باعث جریان هوای مرطوب از سوی اقیانوس هند-دریای عرب به سمت دریای سرخ و شبه جزیره عربستان شده است. به عبارت دیگر، رطوبت گسترش یافته بر روی منطقه زاگرس و ایران از سه منبع شمال آفریقا-اقیانوس اطلس، اقیانوس هند-دریای عرب و دریای مدیترانه تامین شده است که جریان‌های هوای مرطوب در آستانه ورود به ایران با همدیگر ادغام شده‌اند.

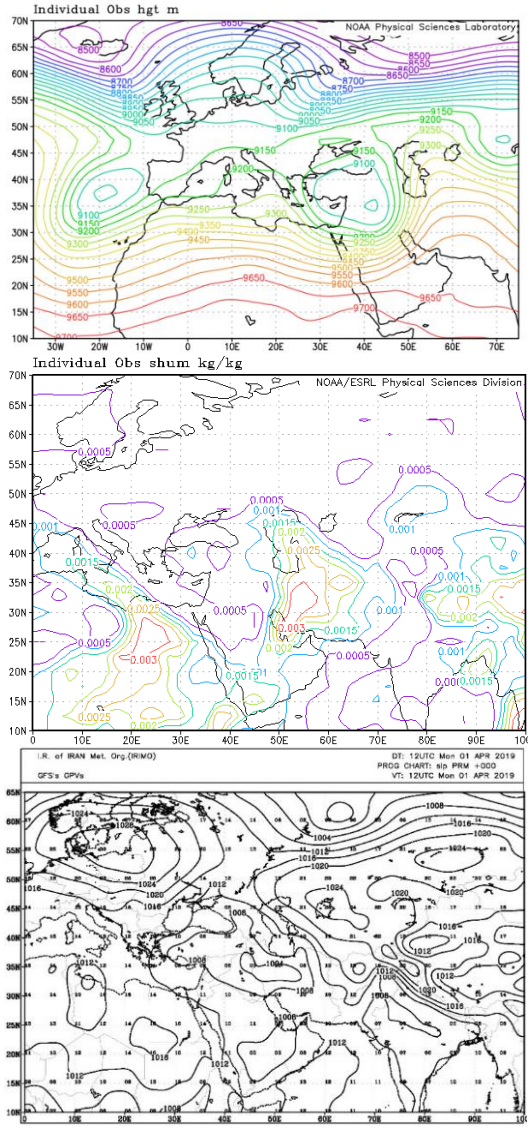


Figure 1- Top: Wind pattern in 300 gpm, middle: specific humidity at 500gpm, bottom: MSL pressure, (1 April, 2019) (Source: psl).

شکل ۱- الگوی جوی روز دوشنبه ۱۱ فروردین ۹۸ (۱ آوریل ۲۰۱۹)، ساعت ۱۲۰۰ گرینویچ: بالا: باد در تراز hpa ۵۰۰، وسط: رطوبت ویژه در تراز میانی جو (hpa ۵۰۰)، پایین: فشار در سطح متوسط دریا

به نظر می‌رسد سهم دریای مدیترانه در تامین رطوبت این سامانه ناچیز باشد. برخی مطالعات سهم رطوبتی دریای مدیترانه در تامین رطوبت سامانه‌های غرب ایران را قابل چشم‌پوشی می‌دانند و منبع عمده تغذیه رطوبتی را دریای عرب و اقیانوس هند می‌دانند (Masodian et al., 2015; Saeidabadi et al., 2016; Khorshiddoust et al., 2019).

مجموعا کل کشور طی فعالیت سه سامانه مذکور به‌طور متوسط ۶۵/۲ میلی‌متر بارش دریافت کرد که ده استان دارای بیشترین بارش‌ها طبق جدول ۱ می‌باشند. همچنین طی این مدت ۲۸ درصد بارش سال آبی کشور تأمین شد که استان‌های همدان، لرستان و مرکزی به ترتیب با ۵۸/۶، ۵۳/۶ و ۵۳/۵ درصد بیشترین مقدار تأمین بارش یکسال آبی را داشته‌اند. بارش تجمعی ثبت شده در ۱۰ استان دارای بیشترین بارش ۵۸.۵ میلی‌متر ثبت گردید که در مقایسه با دوره مشابه بلندمدت ۳۹/۴ میلی‌متر افزایش را نشان می دهد که بیشترین بارش در استان لرستان به مقدار ۲۲۱/۵ میلی‌متر رخ داد که تقریبا ۵ برابر میانگین بلند مدت آن بود. بعد از آن استان چهار محال و بختیاری رتبه دوم را با ۱۶۷/۸ میلی‌متر داشته است. بارش‌های این دو استان در فاصله زمانی ۳ تا ۱۱ فروردین و طی فعالیت دو سامانه بارشی رخ داد که به دلیل حجم زیاد بارش در روز دوشنبه ۱۱ فروردین موجب وقوع سیلاب سهمگین در استان‌های غربی کشور به ویژه استان لرستان گردید. طی سیلاب مذکور، بیشتر مناطق دو شهر پلدختر و معمولان در استان لرستان به زیر آب فرو رفتند (Babaeian et al., 2019). داده‌های بارش بازکاوی حاصل از پایگاه داده ERA5 برای سه موج بارشی اول، دوم و سوم در شکل ۲ آورده شده است. داده‌های این پایگاه مبنای درستی‌سنجی پیش‌بینی‌ها و انتخاب پیکربندی بهینه مدل می‌باشد.

Table 1- Amount of accumulated precipitation over 10 provinces of Iran with highest precipitation during March-April 2019 heavy precipitation event

جدول ۱- بارش‌های دریافتی ده استان اول کشور طی فعالیت سه موج سوم بارشی از ۲۶ اسفند ۱۳۹۷ تا ۱۲ فروردین ۱۳۹۸

No.	Province	Precipitation (mm)
1	Chaharmahal & Bakhtiyari	520
2	Lorestan	499.5
3	Ilam	368.3
4	Khozestan	329.5
5	Hamedan	300.2
6	Kohkiloye &Boyerahmad	300.1
7	Golestan	292.5
8	Kermanshah	263
9	Fars	243.2
10	Mazandaran	230.5

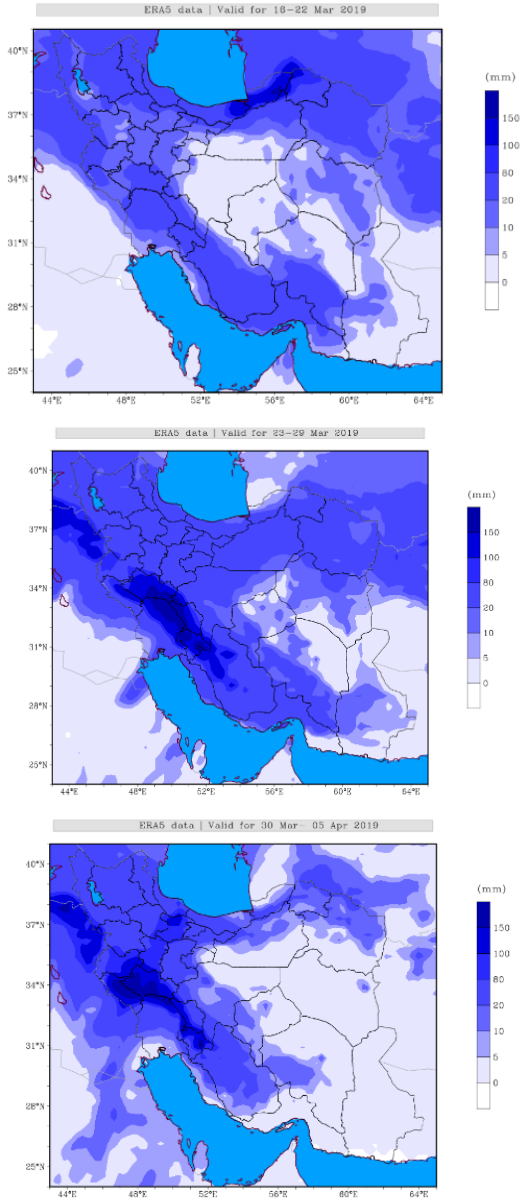


Figure 2- Weeky accumulated precipitation for: Top: 1st week, Middle: 2nd week, and Bottom: 3rd week.

شکل۲- بارش تجمعی هفتگی، از بالا به پایین به ترتیب برای هفته اول، دوم و سوم.

مواد و روش‌ها

در این بخش پس از کلیاتی در مورد ساختار مدل RegCM، منطقه مورد مطالعه، داده‌ها و روش صحت‌سنجی معرفی می شود.

مدل اقلیمی RegCM4.7

مدل منطقه‌ای اقلیمی RegCM توسط Giorgi et al., (1993b) توسعه یافت و سپس توسط Giorgi et al, (1999) و Pal (2000) تکامل یافته است. هسته دینامیکی

DOI: 10.22125/agmj.2021.287482.1115

مدل برگرفته از معادلات هیدروستاتیکی با سیستم مختصات سیگما است. معادلات مورد استفاده در این مدل عبارتند از: اندازه حرکت افقی، پیوستگی و تغییرات فشار ($\dot{\sigma}$)، ترمودینامیک، امگا (ϖ) و هیدورستاتیک. معادله اندازه حرکت افقی مورد استفاده در مدل بر اساس مقاله Giorgi et al., (1993b) به شرح زیر است.

$$\frac{\partial p^* u}{\partial t} = -m^2\left(\frac{\partial p^* uu/m}{\partial x}+\frac{\partial p^* vu/m}{\partial y}\right)-\frac{\partial p^* u\dot{\sigma}\sigma}{\partial \sigma} - mp^*\left[\frac{RT_V}{(P^*+P_t/\sigma)}\frac{\partial p^*}{\partial x}+\frac{\partial \phi}{\partial x}\right]+fp^* v+F_H u+F_V u \quad (۱)$$

$$\frac{\partial p^* v}{\partial t} = -m^2\left(\frac{\partial p^* uv/m}{\partial x}+\frac{\partial p^* vv/m}{\partial y}\right)-\frac{\partial p^* v\dot{\sigma}}{\partial \sigma} - mp^*\left[\frac{RT_V}{(P^*+P_t/\sigma)}\frac{\partial p^*}{\partial x}+\frac{\partial \phi}{\partial y}\right]+fp^* u+F_H v+F_V v \quad (۲)$$

که در آن u و v به ترتیب مؤلفه‌های سرعت در جهت x و y ، Tv دمای مجازی، φ ارتفاع ژئوپتانسیل، f پارامتر کوریولیس، R ثابت گازها برای هوای خشک و m فاکتور مقیاس نقشه برای هر یک از سیستم‌های تصویر مرکاتور، لامبرت یا استریوگرافیک قطبی است. FH و FV تأثیرات افقی و عمودی انتشار را نشان می‌دهند و $P^*=P_s - P_t$ و $\dot{\sigma}=d\sigma/dt$ بوده که P_s، P_t و σ به ترتیب فشار در بالاترین لایه، فشار سطح زمین و مختصه فشاری بی بعد می‌باشند. توضیحات کاملی از سایر معادلات مورد استفاده در مدل در مطالعه (Giorgi, 1993b) آمده است. این مدل از طرحواره بیوسفر- جو (BATS)[1] برای مدل‌سازی فرایندهای سطحی استفاده می‌کند و طرحواره لایه مرزی آن بر اساس مفهوم پخش غیرمحلی توسط هولتسلاگ (Holtslag, 1990) ارائه شده است. مدل برای محاسبه تابش از طرحواره تابش مدل (CCM3)[2] (Kiehl, 1996) استفاده می‌کند. تابش ابر بر حسب درصد ابرناکی و میزان آب موجود در آن برآورد می‌گردد (Hsie, 1984). بارش‌های همرفتی از طرحواره‌های شار جرمی گرل با دو فرضیه AS و FC و همچنین از طرحواره های امانوئل و کو برای مدلسازی تشکیل ابر استفاده می‌کند. در طرحواره گرل دو جریان همرفتی غالب برای ابر شامل جریان صعودی و جریان نزولی در نظر گرفته می‌شود. به استثنای جریان‌های مذکور، در هیچ جهتی بین ابر و هوای محیط اختلاطی رخ نمی‌دهد. شار جرم نسبت به ارتفاع ثابت است و در طول لبه‌های ابر نفوذ و خروج جریان هوا رخ نمی دهد. طرحواره گرل زمانی فعال می‌شود که بسته هوای صعود کرده رطوبت لازم برای همرفت را بدست آورد (Grell, et. al., 1994; Giorgi, et. al., 1989.). در طرحواره کو همرفت زمانی آغاز می‌شود که در یک ستون همگرایی رطوبتی M از آستانه مشخصی بیشتر شود و ژرف‌سنجی عمودی ناپایداری همرفتی را نشان دهد. کسر همگرایی رطوبت β، ستون را مرطوب می‌کند و باقی مانده آن بر طبق معادله ۳ به بارش P^{cu} تبدیل می‌شود.

$$P^{cu}=M(1-\beta) \quad (۳)$$

β کسری از میانگین رطوبت نسبی $\overline{RH}$ در ژرف‌سنجی قائم می‌باشد (Giorgi, 1991). طرحواره کو بر خلاف طرحواره گرل، علاوه بر دو جریان صعودی و نزولی، نفوذ و خروج جریان هوا در طول لبه‌های ابر را نیز در نظر می‌گیرد. طرحواره امانوئل، یک معادله پیش‌بینی شارش جرم به همراه نرخ جریان‌های ورودی و خروجی دارد که از این طریق نیروی شناوری مشخص می‌شود. در طرحواره امانوئل تبدیل آب ابر به بارش بر مبنای فرآیندهای کاتوره‌ای است. استفاده از این فرآیندها موجب درک بهتر فرآیند خرد فیزیک تبدیل قطرات آب موجود در ابر به بارش می‌گردد (Betts, 1986). مدل RegCM دارای چهار گزینه مختلف سیستم تصویر شامل لامبرت[3]، استریوگرافی قطبی[4]، مرکاتور نرمال[5] و مرکاتور چرخشی[6] می‌باشد که در آن فاکتور مقیاس نقشه به صورت نسبت فاصله نقاط در شبکه محاسباتی به فاصله آن‌ها در زمین تعریف می‌شود.

داده‌های مورد نیاز

در این مطالعه، از داده‌های شرایط مرزی مدل پیش‌بینی اقلیمی CFSv.2 که توسط سازمان هواشناسی و اقیانوس‌شناسی آمریکا منتشر می‌شود، استفاده شده است. داده‌های یادشده از لینک (https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets /climate-forecast-system-version2-cfsv2) به صورت رایگان در دسترس می‌باشد. وضوح افقی داده‌های شرایط اولیه و مرزی حدود ۱×۱ درجه جغرافیایی می‌باشد. داده‌ها شامل متغیرهای اصلی رطوبت نسبی، فشار، ارتفاع ژئوپتانسیل،

[1] Biosphere Atmosphere Transfer Scheme
[2] Community Climate Model version3
[3] Lambert Conformal
[4] Polar Stereographic
[5] Mercator Normal
[6] Rotated Mercator

DOI: 10.22125/agmj.2021.287482.1115

دما و باد از پایگاه مرکز یاد شده اخذ شدند. مدل RegCM از داده‌های GLCC و GTOPO برای اطلاعات پوشش گیاهی و توپوگرافی استفاده می‌کند. داده‌های GLCC با استفاده از سنجنده AVHRR از آوریل ۱۹۹۲ تا مارس ۱۹۹۳ موجود است و بر اساس نوع پوشش گیاهی و سطح زمین، توسط طرحواره BATS تعیین می‌شود. برای انتخاب دمای سطح دریا (SST) دو گزینه وجود دارد. دمای سطح آب و یخ در مقیاس جهانی (GISST) به صورت ماهانه و با دقت یک درجه از مرکز هادلی انگلیس و داده‌های OISST به صورت هفتگی و با دقت یک درجه جغرافیایی از مرکز NOAA قابل دریافت می‌باشند. از داده‌های ERA5 برای درستی‌سنجی پیش‌بینی‌ها استفاده شد که از لینک (https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reana lysis-datasets/era5) قابل دریافت هستند.

منطقه مورد مطالعه

محدوده هدف برای انتخاب پیکربندی بهینه مدل کل کشور است ولی دامنه اجرای مدل اقلیمی طوری انتخاب شد که توپوگرافی‌های مهم منطقه قطع نشود، مسیرهای سیکلونی و پهنه‌های آبی تاثیرگذار بر بارش منطقه در دامنه مدل‌سازی قرار گیرد. بر این اساس دامنه مدل‌سازی محدوده ۱۰ تا ۵۰ عرض شمالی و ۱۵ تا ۷۵ طولی شرقی در نظر گرفته شد (شکل ۳). با توجه به محدوده مدل‌سازی و موقعیت جغرافیایی کشورمان در محدوده یادشده، مرکز دامنه مدل طول جغرافیایی ۴۵ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ شمالی در نظر گرفته شد.

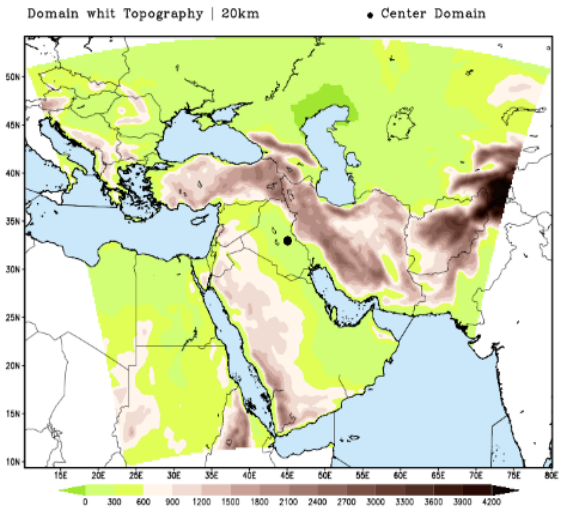


Figure 3- The geographycal domain of model
شکل ۳- محدوده جغرافیایی اجرای مدل

روش درستی‌سنجی

در این قسمت توانایی هر یک از پیکربندهای های مدل RegCM4.7 از طریق مقایسه برونداد شبیه‌سازی شده آن‌ها در پیش‌دیدهای ۱ تا ۶ هفته با داده‌های بازکاوی مشخص می‌شود. برای این منظور از نمودار تیلور وشاخص کلینگ گوپتا (KGE) استفاده شد. پیش‌دید ۱ پیش‌بینی، پیش‌بینی تجمعی بارش مدل از زمان آغازگری تا ۷ روز بعد از آن می‌باشد؛ همینطور پیش‌دیدهای ۲ تا ۶ پیش‌بینی بارش تجمعی هفته هدف از ۲ تا ۶ هفته قبل از آن است. زمان آغازگری پنجره زمانی ۲۴ ساعته در نظر گرفته شده است.

نمودار تیلور

نمودار تیلور به طور همزمان نمایه‌های اریبی، انحراف معیار و جذر میانگین مربعات را در نظر می‌گیرد (Taylor, 2005). این نمودار یکی از ابزارهای قدرتمند در غربال‌گری مدل‌های CMIP است. نمودار گرافیکی تیلور نشان می‌دهد که تا چه حدی یک سری از داده‌های شبیه‌سازی شده با داده‌های دیدبانی یا بازکاوی تطابق دارند که مقدار تطابق بین دو گروه از داده‌ها یا الگوها بر اساس همبستگی بین آن‌ها، انحراف معیار و RMSE مشخص می‌شود.

نمایه KGE

نمایه آماری کلینگ-گوپتا (KGE) برای تعیین کارایی مدل از معادله ۴ استفاده می کند. هر چه مقدار این شاخص به ۱ نزدیک‌تر باشد، توانایی مدل در شبیه‌سازی متغیر مورد نظر بهتر است.

$$KGE=1-\sqrt{(r-1)^2+(\alpha-1)^2+(\beta-1)^2} \quad (۴)$$

$$\alpha=\frac{\sigma_s}{\sigma_o} \quad (۵)$$

$$\beta=\frac{\mu_s}{\mu_o} \quad (۶)$$

که در آن μ_s و μ_o به ترتیب میانگین داده‌های شبیه‌سازی‌شده و مشاهداتی، r ضریب همبستگی پیرسون و σ_s و σ_o به ترتیب انحراف معیار داده‌های مدل و مشاهداتی (یا بازکاوی) می‌باشند.

نتایج و بحث

دوره فعالیت سامانه و مدل‌سازی

هدف اصلی این پروژه نیل به پیکربندی بهینه مدل RegCM4.7 برای پیش‌بینی مجموع بارش هفتگی سه هفته منتهی به سه رخداد بارش سنگین طی ماه‌های اسفند

۱۳۹۷ تا فروردین ۱۳۹۸ (مارس تا آوریل ۲۰۱۹) می‌باشد. بدین منظور در جدول ۲ مشخصات آزمایش‌های (اجراهای) مختلف مدل RegCM4.7 اورده شده است که شروع آن ۸ فوریه و خاتمه آن ۵ آوریل ۲۰۱۹ می‌باشد.

Table 2- Charactrestic of 6 different lead time runs of RegCM4.7 ending by weeks 1 to 3

جدول ۲- مشخصات اجراهای مدل RegCM4.7 منتهی به هفته‌های هدف ۱ تا ۳

3rd week	2nd week	1st week	Lead time
30 Mar-5 Apr, 2019	23-29 Mar, 2019	16-22 Mar, 2019	
29 Mar	22 Mar	15 Mar	1
22 Mar	15 Mar	8 Mar	2
15 Mar	8 Mar	1 Mar	3
8 Mar	1 Mar	22 Feb	4
1 Mar	22 Feb	15 Feb	5
22 Feb	15 Feb	8 Feb	6

فرآیند پیکربندی مدل

در پیش‌بینی اقلیمی دینامیکی، پیکربندی بهینه مدل منطقه‌ای مهم‌ترین بخش از مدل‌سازی است. راهبرد اصلی در انتخاب پیکربندی بهینه، حذف طرحواره‌های با کارایی کمتر است؛ بطوریکه پس از تنظیم و انتخاب دامنه، مرکز و وضوح افقی مدل، از بین شش ترکیب مختلف طرحواره همرفت، طرحواره‌های با کارایی بیشتر حفظ شدند و سایر طرحواره‌ها از فرآیند پیکربندی حذف شدند؛ سپس در مرحله بعد توانمندی طرحواره‌های لایه مرزی بررسی شد. راهبرد فوق بر روی هر سه سامانه بارشی اسفند ۹۷ و فرودین ۹۸ اعمال گردید. برای پوشش حداکثری عدم قطعیت پیش‌بینی، پس از انتخاب پیکربندی بهینه، مدل اقلیمی RegCM4.7 با شرایط اولیه مختلف اجرا شد. تمامی مراحل فوق برای هر ۶ پیش‌دید انجام شد.

وضوح افقی مدل

با توجه به تجربیات اجرای مدل RegCM به عنوان اولین انتخاب، وضوح (تفکیک) افقی مدل بر روی ۲۰×۲۰ کیلومتر تنظیم گردید.

طرحواره همرفت

در مرحله انتخاب بهترین طرحواره‌های همرفت کومولوس، شش طرحواره Tiedtke، Emanuel، Grell، Kian، Kou و MM5 shallow watre مورد بررسی قرار گرفتند. در جدول ۳، نام آزمایش‌های مربوط به انتخاب طرحواره مناسب و سایر مشخصات آورده شده است. توانمندی هر یک از طرحواره‌های همرفت با استفاده از نمودار تیلور برای هفته اول از سه هفته همراه با بارش‌های سنگین همراه با پیش‌دیدهای ۱ تا ۶ در شکل ۴ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار شاخص KGE برای پیش‌دید ۱ مربوط به طرحواره‌های Tiedtke، Grell و Emanuel به ترتیب با مقادیر ۰/۵۳، ۰/۳۵ و ۰/۳۴ می‌باشد. با توجه به نتایج کم و بیش یکسان مقادیر KGE در پیش‌دیدهای دیگر، لذا این سه طرحواره برای مراحل بعدی انتخاب پیکربندی حفظ شدند و بقیه طرحواره‌های همرفت از فرآیند پیکربندی حذف شدند.

Table 3- Cumulus convection experiments of RegCM4.7 aiming to optimal configuration, March-April 2019

جدول ۳- آزمایش‌های مختلف طرحواره همرفت کومولوس در مدل RegCM4.7 جهت انتخاب پیکربندی بهینه، دوره مارس-آوریل ۲۰۱۹

No.	Schemes		
	convection	Lateral Boundarey	Boundary layer
EMA	Emanuel	Relaxation, exponential	Holtslag PBL
GRL	Grell	Relaxation, exponential	Holtslag PBL
Kain	Kain-Fritsch	Relaxation, exponential	Holtslag PBL
TID	Tiedtke	Relaxation, exponential	Holtslag PBL
KOU	Kou	Relaxation, exponential	Holtslag PBL
SHL	Shallow convection	Relaxation, exponential	Holtslag PBL

Table 4- Kling-Gupta efficiency index for first week covering 16-22 March, 2019: Convection effect

جدول ۴-شاخص کلینگ –گوپتا برای هفته اول ۱۶ تا ۲۲ مارس ۲۰۱۹: اثر همرفت

Experiment	Lead 1	Lead2	Lead3	Lead4
KAI	0.06	-0.41	-0.33	-0.30
GRL	0.35	-0.36	-0.16	-0.22
EMA	0.34	-0.35	-0.21	-0.13
KOU	0.20	-0.41	-0.24	-0.50
SHL	0.25	-0.43	-0.21	-0.45
TID	0.53	-0.33	-0.19	-0.34

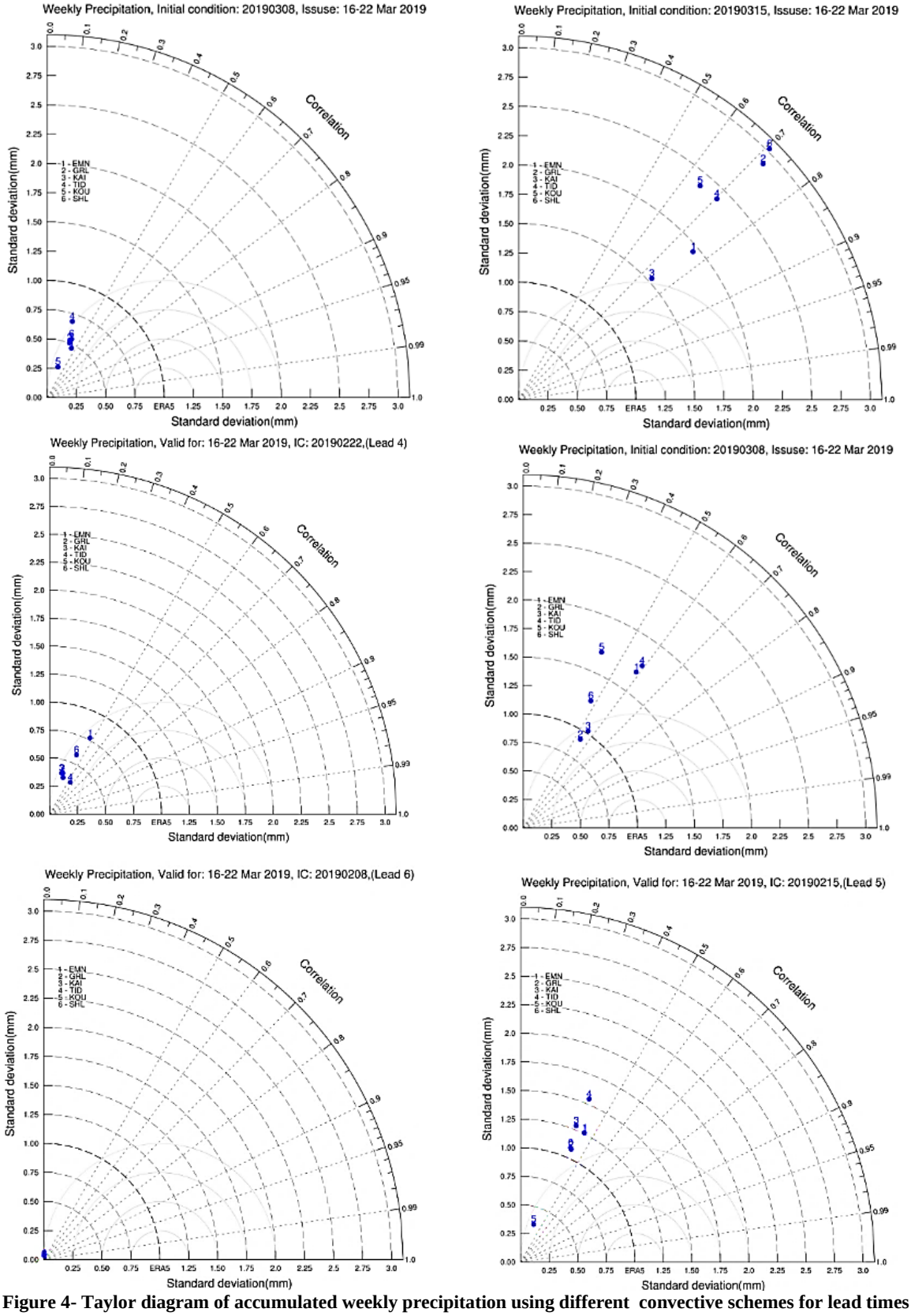


Figure 4- Taylor diagram of accumulated weekly precipitation using different convective schemes for lead times 1-6, March 22, 2019 event

شکل ۴- نمودار تیلور برای پیش‌بینی بارش تجمعی هفته اول (۱۶ تا ۲۲ مارس ۲۰۱۹) برای پیش‌دیدهای ۱ تا ۶، تحت طرحواره‌های همرفت مختلف

DOI: 10.22125/agmj.2021.287482.1115

علاوه بر آن، شاخص کلینگ –گوپتای هر یک از سه رخداد بارش سنگین منتخب محاسبه شد که برای نمونه در جداول ۴ نمایه کلینگ –گوپتا برای هفته اول ۱۶ تا ۲۲ مارس ۲۰۱۹ آورده شده است. با توجه به نمودارهای تیلور و شاخص KGE هر یک از طرحواره‌های مختلف همرفت در جدول ۵، کارایی طرحواره‌ها به ترتیب رتبه آورده شده است. با توجه به نتایج جدول فوق، از بین شش طرحواره همرفت مورد بررسی، سه طرحواره تاید، امانویل و گرل برای مرحله بعد انتخاب پیکربندی بهینه (طرحواره لایه مرزی) حفظ شدند و سه طرحواره همرفت کم عمق، کین و کو از چرخه انتخاب پیکربندی بهینه حذف شدند.

Table 5- Rank of different convection scheme regading to related Tylor diagram and KGE index

جدول ۵- میانگین رتبه طرحواره‌های همرفت مختلف در پیش‌بینی بارش تجمعی در دوره مورد مطالعه بر اساس نمودار تیلور و شاخص KGE مربوطه

Rank	Experiment	Convection
1	TID	Tiedtke
2	EMA	Emanuel
3	GRL	Grell
4	SHL	MM5 Shallow watre
5	KAI	Kain
6	KOU	Kou

لایه مرزی

در این مرحله از پیکربندی با توجه به اینکه مدل RegCM4.7 دارای دو طرحواره لایه مرزی پیش‌فرض است، لذا با لحاظ طرحواره‌های همرفت باقیمانده (تاید، امانوئل و گرل) در مرحله قبل، کارآیی مدل منطقه‌ای با تغییر طرحواره‌های لایه مرزی (هالتسلاگ و دانشگاه واشنگتن) مورد بررسی قرار گرفت تا ترکیب بهینه‌ای از طرحواره‌های همرفت-لایه مرزی احصاء شود. آزمایش‌های طراحی شده برای این مرحله در جدول ۶ آورده شده است.

Table 6- Experiments designed for selecting optimum boundary layers schemes

جدول ۶- آزمایش‌های لایه مرزی جهت انتخاب پیکربندی بهینه

Boundarey Layer	Convection Scheme	Experiments
Holtslag PBL	Tiedtke	Hol-EMA
Holtslag PBL	Emanuel	Hol-Kain
Holtslag PBL	Grell	Hol-KOU
UW PBL	Tiedtke	UW-EMA
UW PBL	Emanuel	UW -Kain
UW PBL	Grell	UW -KOU

همانند مرحله قبل، توانمندی هر یک از طرحواره‌های لایه مرزی با استفاده از نمودار تیلور و شاخص KGE برای هر سه هفته هدف مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در پیش‌دیدهای ۱ تا ۶ هفته‌ای ادامه آورده شده است (شکل ۵ و جدول ۷). با توجه به نمودار تیلور و شاخص KGE هر یک از جفت‌طرحواره‌های منتخب همرفت (تاید، امانویل و گرل) - طرحواره لایه مرزی (هولستلاگ و دانشگاه واشنگتن)، رتبه هر یک از آن‌ها در جدول ۸ آورده شده است.

Table 7- Kling-Gupta efficiency index for first week covering 16-22 March, 2019: effect of boundary layer

جدول ۷- نمایه کلینگ –گوپتا برای هفته اول ۱۶ تا ۲۲ مارس ۲۰۱۹: اثر لایه مرزی

Lead4	Lead3	Lead2	Lead 1	Schemes
-0.16	-0.10	-0.32	0.59	Hol-Tid
-0.21	-0.20	-0.34	0.38	Hol-EM
-0.23	-0.19	-0.34	0.50	Hol-Gr
-0.30	-0.09	-0.44	0.64	UW-Tid
-0.28	-0.16	-0.41	0.52	UW-EM
-0.31	-0.14	-0.41	0.58	UW-Gr

Table 8- Rank of different convection –boundary layer scheme regading to related Tylor diagram and KGE index

جدول ۸- کارآیی جفت طرحواره های لایه مرزی-همرفت در پیش‌بینی بارش تجمعی هفتگی در سه رخداد مورد مطالعه

Boundary layer-Convection	Schemes	Rank
Holtslag - Tiedtke	Hol-Tid	1
UW - Tiedtke	UW-Tid	2
UW - Grell	UW-Gr	3
UW - Emanuel	UW-EM	4
Holtslag - Grell	Hol-Gr	5
Holtslag - Emanuel	Hol-EM	6

بر اساس بررسی های بعمل امده بر روی نمایه KGE، بیشترین توانمندی مدل در پیش‌بینی بارش تجمعی هفتگی، مربوط به هفته اول می‌شود و از هفته دوم مقادیر KGE به مقادیر صفر و حتی منفی کاهش می‌یابند؛ بر خلاف KGE، مقادیر شاخص همبستگی در سایر هفته‌ها قابل قبول بوده و هر چه برد پیش‌بینی‌ها به هفته هدف پیش‌بینی نزدیک‌تر باشد، مقادیر همبستگی بیشتر است؛ به عبارت دیگر پیش‌بینی‌های جوان‌تر همبستگی بیشتری با داده‌های بازکاوی دارند (شکل۶). یک دلیل برای کمتر بودن شاخص KGE در مقایسه با مقادیر همبستگی، ممکن است ناشی از این موضوع باشد که شاخص یادشده تلفیقی از سه شاخص همبستگی، RMSE و انحراف استاندارد بوده و به دلیل اینکه مقدار نهایی KGE با در نظر گرفتن هر سه شاخص برآورد می‌شود، لذا مقادیر بیشتر RMSE و انحراف معیار که در این مطالعه دیده می‌شود، می‌تواند شاخص KGE را به سمت مقادیر نامطلوب سوق دهد.

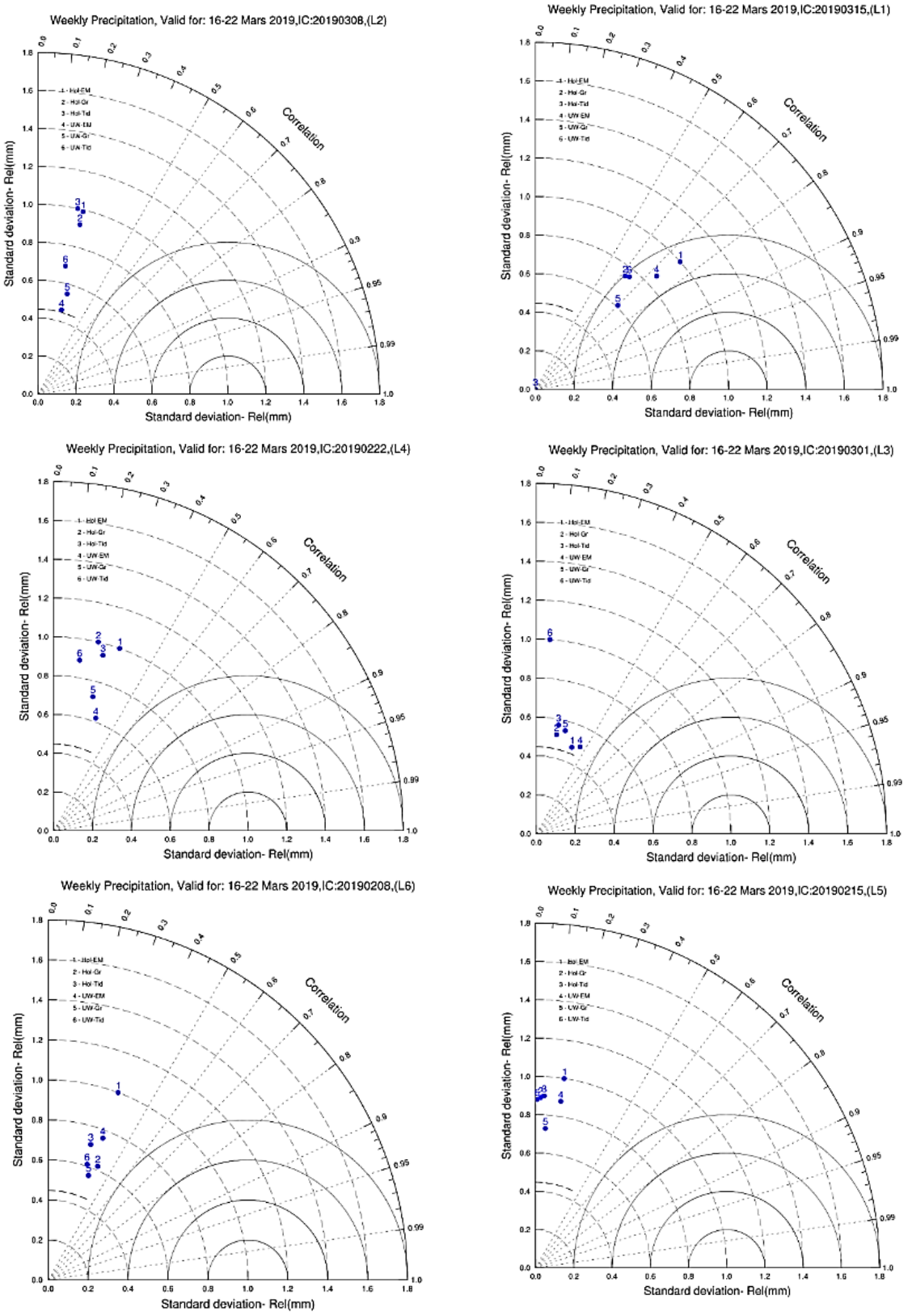


Figure 5- Taylor diagram of accumulated weekly precipitation using different boundary layer schemes for lead times 1-6, March 22, 2019 event

شکل ۵- نمودار تیلور برای پیش‌بینی بارش تجمعی هفته اول (۱۶ تا ۲۲ مارس ۲۰۱۹) برای پیش‌دیدهای ۱ تا ۶ تحت طرحواره‌های لایه مرزی مختلف

DOI: 10.22125/agmj.2021.287482.1115

مطابق شاخص‌های محاسبه شده و شکل فوق، بیشترین مقدار KGE در پیش‌بینی بارش تجمعی هفتگی در پهنه کشور مربوط به پیکربندی همراه با طرحواره همرفت - لایه مرزی تایدیک-هالتسلاگ (Holtslag-Tiedtke) بدست آمد که نتیجه با پژوهش Alizadeh et al., (2019) همخوانی دارد. همانطور که در شکل دیده می‌شود، کمترین همبستگی بین بارش مشاهداتی (بازکاوی) و پیش‌بینی در پیش‌بینی‌های پنج تا شش هفته قبل (پیش‌دید یا زمان تاخیر ۵ و ۶ هفته) از هفته هدف به مقدار بین ۰/۳۲ تا ۰/۳۶ محاسبه شد. مقادیر همبستگی با نزدیک شدن به هفته‌های هدف افزایش یافته است؛ به طوریکه در اجرای یک هفته قبل (پیش‌دید ۱) به ۰/۷۲ افزایش می‌یابد.

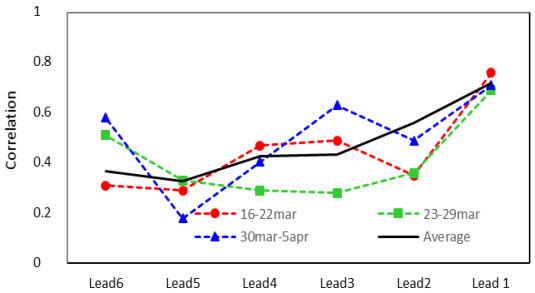


Figure 6- Correlation between the predicted weekly cumulative precipitation under optimal RegCM4.7 configuration with the ERA5 precipitation

شکل ۶- همبستگی بین مقادیر پیش‌بینی شده بارش تجمعی هفتگی تحت پیکربندی بهینه با مقادیر بارش پایگاه ERA5 برای سه هفته همراه بارش سنگین مورد مطالعه

نتایج نشان دادند، علیرغم اینکه مقادیر قابل قبول KGE صرفا در پیش‌دید ۱ قابل حصول هستند، اما مقادیر همبستگی در پیش‌دیدهای دو تا چهار نیز قابل قبول می‌باشند. به نظر می‌رسد مقادیر کم KGE ناشی از توانایی نامناسب مدل RegCM4.7 در برآورد RMSE و انحراف معیار باشد که نیازمند بررسی بیشتر و مطالعات تکمیلی است؛ به همین دلیل در نظر است تا در فاز بعدی این مطالعه اثر ارتفاع و اقلیم منطقه در انتخاب پیکربندی مدل درنظر گرفته شود. در عین حال همبستگی‌های قابل قبول نشان می‌دهد که مدل RegCM4.7 تحت پیکربندی تایدیک-هولتسلگ می‌تواند روند کلی بارش تجمعی هفتگی را برای حدود چهار هفته آینده پیش‌بینی نماید، هر چند در پیش‌بینی پراکنش مکانی بارش (RMSE) دارای ضعف نسبی است. بر اساس نتایج این پژوهش، پیشنهاد شده تا پیش‌بینی‌های هفتگی به دو صورت میانگین (لحاظ نتایج پیکربندی بهینه) و احتمالاتی (با لحاظ نتایج سه پیکربندی اول با تعداد اعضای پیش‌بینی متناسب با عکس خطای RMSE هر یک از پیکربندی‌ها) تهیه شوند.

نتیجه‌گیری

از اواخر اسفند ۱۳۹۷ تا نیمه اول فروردین ۱۳۹۸ سه موج بارشی، موجب سیلاب و خسارات سهمگین به زیرساخت‌های کشور به ویژه در مناطق جنوب‌غرب، غرب و شمال کشور گردید. بیشترین بارش در دوره یادشده در استان لرستان رخ داد که تقریبا ۵ برابر میانگین بلند مدت آن بود. در طی سیلاب مذکور و در حادثه‌ای بی‌سابقه، بیشتر مناطق دو شهر پلدختر و معمولان در استان لرستان به زیر آب رفتند. هدف این پژوهش انتخاب پیکربندی بهینه مدل منطقه‌ای RegCM4.7 برای پیش‌بینی هفتگی بارش تجمعی منتهی به هر یک از سه رخداد فوق است. برای این منظور مدل منطقه‌ای اقلیمی RegCM4.7 با استفاده از داده‌های شرایط مرزی مدل گردش کلی CFSv.2 تحت طرحواره‌های همرفت و لایه مرزی مختلف اجرا شد. محدوده مورد مطالعه کشور در نظر گرفته شد ولی دامنه اجرای مدل اقلیمی طوری انتخاب شد که توپوگرافی‌های مهم جنوب‌غرب آسیا و اطراف ایران در آن قطع نشده و مسیرهای سیکلونی و پهنه‌های آبی تاثیرگذار بر بارش منطقه در دامنه مدل‌سازی قرار گیرد. بر این اساس دامنه مدل‌سازی محدوده ۱۰ تا ۵۰ عرض شمالی و ۱۵ تا ۷۵ طولی شرقی به عنوان پنجره مدل‌سازی در نظر گرفته شد. از نمودار تیلور و شاخص کلینگ گوپتا (KGE) برای درستی سنجی استفاده شد. هر یک از سه هفته هدف از ۶ قبل (پیش‌دید ۶ تا ۱) پیش‌بینی شدند و توانایی هر یک از پیکربندی‌های مختلف در پیش‌دیدهای مختلف با داده‌های بازکاوی(شبه‌مشاهداتی) مقایسه شدند. نتایج بدست آمده در ادامه تشریح گردیده است. در مرحله اول انتخاب پیکربندی بهینه، طرحواره‌های همرفت کومولوس، شش طرحواره Tiedtke، Emanuel، Grell، Kian، Kou و MM5 shallow watre آزمایش شدند که سه طرحواره همرفت تاید، امانوئل و گرل بیشترین توانمندی را شبیه‌سازی بارش هفتگی داشتند. در مرحله دوم اثر طرحواره‌های لایه مرزی هولستلاگ و UW PBL مطالعه شد. نتایج نشان دادند که

پیکربندی بهینه مربوط به حالتی است که در آن به ترتیب از طرحواره همرفت و لایه مرزی تایدیک-هولتسلاگ (Holtslag-Tiedtke) استفاده شود. جفت‌طرحواره‌های تایدیک-UW و گرل-UW در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. علیرغم مقادیر پایین شاخص KGE در پیش‌دیدهای ۲ تا ۶، مقادیر همبستگی در پیش‌بینی‌های یک تا چهار هفته قبل قابل قبول می‌باشند که این موضوع نشان می‌دهد که مدل RegCM4.7 توانایی پیش‌بینی میانگین‌کلی و روند بارش‌ها را را در مقیاس کشوری دارد اما در پیش‌بینی پراکنش مکانی آن دارای ضعف می‌باشد.

منابع

Ahmadi Givi, F., Soltanzadeh, I., Iranezhad, P., Pazouki, R. 2004. Investigation the effect of mountains and land use in climate of Iran, part 2: study the effect of BATS sub-grid scale schem in RegCM model, Proceeding of 4th conference of numerical weather prediction, Tehran, Iran.

Ahmadi, M., Dadashi rudbari, A. A, Ebrahimi, R. 2017. Outlook of warm extremes over Iran based on regcm4 regional climate model, Journal of Geography, 15(52), 68-80.

Alizadeh-Choobari, O., Marjani, S., Qadimi, M. 2019. Performance of the Regional Climate Model version 4 (RegCM4) with different physical parameterizations over Iran: A case study in 2010, Iranian Journal of Geophysics, 13, 1, P. 9

Babaeian, I., Karimian, M., Modirian, R., Falamarzi, Y., Koohi, M. 2020. Future Precipitation and Temperature Projection over Eastern Provinces of Iran using Combined Dynamical –Statistical Downscaling Technique, Journal of Climate Change Research, 2(5), 41-58. doi: 10.30488/ccr.2020. 252239.1026.

Babaeian, I., Modirian, R., Rezazadeh, P., Ziaeian, S., Karimian, M. 2019. Investigation of Sub-seasonal to Seasonal (S2S) forecast during March-April, 2019 heavy precipitation over Iran, Final technical report, No: C100C103R, 37p.

Babaeian, I., Modirian, R., Karimian, Maryam. 2007. Sensitivity analysis of different convection schemes and domain centers for numerical simulation of winter precipitation over Iran. Journal of Aerospace Science and Technology, 2(4), 33-42.

Babaeian, I., Modirian, R., Karimian, M. 2004. Implemenation and evaluation of RegCM3 regional climate model over Iran, cae study: winters 1997 and 2000, Final project report, Climate Researvh Institute. 102pp.

Betts, A. 1986. A new convective adjustment scheme. Part 1: Observational and theoretical basis. Quarterly Journal of The Royal Meteorological Society - Quartly Journal of Royal Meteorological Society, 112, 677-691. Doi:10.1256/smsqj.47306.

Dash, S .,K., et. Al. 2006. Simulation of Indian summer monsoon circulation and rainfall using RegCM3. Theoretical and applied climatology, 86, 161-172.

Ebrahimzadeh, S., Sabziparvar, A. A. 2019. Sensitivity analysis of convective RegCM4 schemes in simulation of precipitation in west Iran by using CSIRO-MK36 dataset. Journal of Water and Soil Conservation, 26(3), DOI: 10.22069/jwsc.2019.15138.3029.

Eghtedari, M., Irannezhad, P., Vazifedust, M., Bazrafshan, J., Ghahreman, N. 2018. Comparing the Spring Precipitation Derived from Four Gridded Datasets and Simulated by RegCM and Evaluating them Against Observations in Ghazvin Plain. Journal of Iran-Water Resources Research, 4(14), 31-44. (In Farsi)

Francisco, R. V. 2003. Some Experiments in Running the RegCM over the Philippines Presented by, 2003: Developments in the Latest Version of the RegCM, ICTP Workshop on the Theory and Use of Regional Climate Models, Trieste Italy.

Ghahreman, N., Babaeian, I., Tabatabaei, M. 2014. Evaluation the post processed outputs of dynamic models in estimation potential evapotranspiration changes under RCP scenarios (Case Study: Mashhad plain). Journal of the Earth and Space Physics, 42(3), 687-696. (In Farsi)

Giorgi, F., Bates G. T. 1989. The climatological skill of a regional model over complex terrain, Monthly Weather Review, 117, 2325-2347.

Giorgi, F., Marinucci, M. 1991. Validation of a regional atmospheric model over Europe: Sensivity of wintertime and summertime simulations to selected physics parameterization and lower boundary conditions. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, DOI: 10.1002/qj.49711750204.

Giorgi, F., Marinucci, M., Betes, G. 1993b. Development of a second generation regional climate model (regcm2) i: Boundary layer and radiative transfer processes, Monthly Weather Review, 2794-2813.

Giorgi, F., Mearns, L. 1999. Introduction to special section: regional climate modeling revisited. Journal of Geophysical Research, 104: 6335–6352.

Grell, G., Dudhia, J., Stauffer, D., 1994, A description of the fifth-generation Penn State/NCAR Mesoscale Model (MM5). NCAR

Masodian, A., Karsaz, S. 2015. Synoptic analysis of thickness patterns producing heavy precipitation over southern Zagros, Journal of Geography and development, 37, 15-28.

Mohammadi, F., Zarrin, A., Babaeian, I. 2014. Ability of RegCM4 climate model to simulate precipitation in cold period of Fars. case study: 1990-2010 period, Journal of Earth and space physics, 41(3), 511-524, doi: 10.22059/jesphys .2015.53332.

Omidvar K., Torki, M. 2012. Detection of weather patterns of heavy precipitation over Charmahal-Bakhtiari. Journal of Spatial Planning, 4(16), 135-170.

Pal, J., Small, E. ; Eltahir, E. 2000. Simulation of regional-scale water and energy budgets: Representation of subgrid cloud and precipitation processes within regcm, Journal of Geophysical Research Atmospheres, 105, 29579-29594.

Saeidabadi, R., Abkharabat, S., Najafi, M. S. 2016. Location of polare front Jetstream in realationship with heavt precipitation and humidity flux in lower atmosphere over west of Iran. Journal of Environment, 4(41), 783-798.

Scientific Tech Note. NCAR/TN-398+STR. 138pp. 10.5065/D60Z716B.

Holtslag, A. A. M., Bruijn, E. I., Pan, H-L. 1990. A high-resolution air mass transformation model for short-range weather forecasting, Monthly Weather Review, 118, 1561–1575. Doi: 10.1175/1520-493(1990)118. 2.0.co;2

Hsie, E.-Y., Anthes, R. A., Keyser, D. 1984. Numerical simulation of frontogenesis in a moist atmosphere. Journal of Atmospheric Science, 41, 2581–2594.

Jahanbakhsh, S., Tadayoni, M., Asadi, M., Dadashi rudbari, A. A. 2017. Modeling and projection of spatialchanges in seasonal temperature of Iran based on RegCM4 regional climate model, Journal of Geographycal space, 19(67), 79-98.

Khorshiddoust, M., Mofidi, A., Rasuly, A. A., Azarm, K. 2016. A Synoptic analysis for the occurrence of springtime heavy rainfall in the Northwest of Iran, Journal of Natural Environmental Hazards, 5(8), 53-82.

Kiehl, J., James, H., Bonan, G., Boville, B., Briegleb, B., Williamson, D., Rasch, P. 1996. Description of the NCAR community climate model (CCM3). NCAR Technical Note.

Journal of Agricultural Meteorology
(Iranian Soc. of Water and Irrig. Eng.)
Vol. 9, No. 2, Autumn & Winter 2021, pp. 48-60
DOI: 10.22125/agmj.2021.287482.1115

نشریه هواشناسی کشاورزی
(وابسته به انجمن مهندسی آبیاری و آب ایران)
جلد ۹، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۰، صص.۶۰-۴۸
مقاله علمی پژوهشی

Optimum configuration of RegCM4.7 model in prediction of weekly cumulative precipitation during extreme precipitation of March-April 2019

I. Babaeian[1*], M. Karimian[2], R. Modirian[2]

Received: 03/04/2021
Accepted: 22/08/2021

Abstract
From March 1 to April 4, 2019, three flash-flood weather systems penetrated over different areas of Iran. The purpose of this study is to select the optimum configuration of RegCM4.7 regional climate model for weekly precipittion prediction leading to each of the above mentioned three extreme precipitation events. For this purpose, the RegCM4.7 climate model was performed using the CFSv.2 general circulation model boundary condition data under cumulus convection and boundary layer schemes. The results were compared with the ERA5 reanalysis data. Each of the three target weeks was predicted in 6 different lead times. Then, the model results for each configuration were compared against the verifying ERA reanalysis dataset. To this end, Taylor diagram were drawn and and Kling Gupta (KGE) index were computed. To select the more reliable cumulus convection schemes, six schemes of Tiedtke, Emanuel, Grell, Kian, Kou and MM5 shallow watter schemes were evaluated under three selected extreme precipitation cases. In the first stage, we found that the capabilities of Tiedtke, Emanuel and Grell schemes were appropriate compared to other schemes. In the second stage, the effect of different boundary layer schemas was investigated. We found that Tiedtke -Holtslag, Tiedtke -UW and Grell-UW are the most appropriate optimum configuration of RegCM4.7 model in predicting heavy rainfall in the study period, respectively. The results also showed that, even though there is good KGE values only for first week lead time, but, the correlation values showed relatively good skill for 2-4 week lead times. Low KGE values for the weeks beyond second week, may be due to the inadequate ability of the RegCM4.7 model to estimate RMSE and standard deviation, which requires further investigation; At the same time, acceptable correlations show that the RegCM4.7 model under the Tiedtke -Holtlag configuration capable in prediction of the overall weekly cumulative precipitation trend for the for four weeks in advance, although it has a relative weakness in predicting spatial precipitation (RMSE).

Keywords: RegCM4.7 model, CFSv.2 model, heavy precipitation, March 2019, Iran

[1] Assistant Professor, Climate Research Institute, Atmospheric Science and Meteorological Research Center, Mashahd
(*Corresponding Author Email Address: i.babaeian@gmail.com)
[2] Senior Researcher, Climate Research Institute, Atmospheric Science and Meteorological Research Center, Mashahd

نحوه ارجاع مقاله:
بابائیان، ا.،کریمیان، م.، مدیریان، ر. ۱۴۰۰. پیکربندی مدل اقلیمی RegCM4.7 برای پیش‌بینی هفتگی بارش مطالعه موردی: بارش‌های سنگین مارس و آوریل ۲۰۱۹. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۹(۲): ۶۰-۴۸. DOI: 10.22125/agmj.2021.287482.1115
Babaeian, I., Karimian, M., Modirian, R. 2021. Optimum configuration of RegCM4.7 model in prediction of weekly cumulative precipitation during extreme precipitation of March-April 2019. Journal of Agricultural Meteorology, 9(2): 48-60. DOI: 10.22125/agmj.2021.287482.1115