



ارزیابی کارایی مدل GFS در پیش بینی بارش مانسون مرداد ۱۴۰۱ (مطالعه موردی: حوضه آبریز زهره-هندیجان)

امین عیدی پور^{۱*}، علی معتمدی^۱، علی شهبازی^۱، علی شریفی^۲، مهدی رحیمی^۳

۱- دکتری مهندسی منابع آب، سازمان آب و برق خوزستان

۲- دانشجوی دکتری مهندسی منابع آب، سازمان آب و برق خوزستان

۳- دانش آموخته کارشناسی منابع آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

*نویسنده مسئول: amineidipour@gmail.com

خلاصه

پیش بینی رخداد بارش نقش اساسی در مدیریت رودخانه در شرایط سیلابی دارد. از اقدامات اساسی پیش از کاربست مدل‌های پیش‌بینی آب و هوا به عنوان ورودی در مدل‌های شبیه‌سازی بارش-رواناب، ارزیابی پیش‌بینی پذیری و دقت آن‌ها می‌باشد. در این پژوهش داده‌های پیش‌بینی بارش مدل عملیاتی GFS با قدرت تفکیک مکانی ۲۵ کیلومتر برای واقعه بارش مانسون مرداد ۱۴۰۱ در حوضه آبریز زهره-هندیجان مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج پژوهش نشان داد از ۵ روز قبل موقعیت مکانی هسته بارش بدرستی پیش‌بینی شده است؛ با این وجود مکان هسته بارش در افق زمانی پیش‌بینی تغییر می‌کند. جهت ارزیابی مدل از شاخص‌های ارزیابی RMSE، MBE و MAE استفاده شده است. مقادیر شاخص‌های ارزیابی از افق پیش‌بینی ۳ روز قبل، نسبت به دیگر افق‌های زمانی بهبود می‌یابد. مقادیر شاخص MBE نشان می‌دهد در کلیه افق‌های زمانی، پیش‌بینی کم برآورد می‌باشد. همچنین ارزیابی هسته بارشی بیانگر خطای قابل توجه مدل در پیش‌بینی بارش بیشتر از ۱۰۰ میلی‌متر است.

کلمات کلیدی: ارزیابی پیش‌بینی، بارش مانسون، حوضه زهره-هندیجان، مدل GFS.

مقدمه

برآورد و پیش‌بینی بارش و دستیابی به مقدار رواناب ناشی از آن، نقش اساسی و موثری را در مدیریت و بهره‌برداری صحیح از حوضه، مدیریت سدها و مخازن، به حداقل رساندن خسارات ناشی از سیلاب، خشکسالی و مدیریت منابع آب ایفا می‌کند. سیلاب‌های ناگهانی که در هر نقطه‌ای از جهان می‌توانند به وقوع بپیوندند نیز در فاصله چند دقیقه یا چند ساعت، پس از یک بارندگی با مدت زمان طولانی می‌توانند تخریب‌های زیادی را به همراه داشته باشند. با توجه به هشدارهای اولیه در زمان مناسب، پیش‌بینی سیل می‌تواند به مردم در آماده‌سازی و اقدامات پیشگیرانه از بلایای طبیعی کمک کند بنابراین یکی از اقدامات اولیه در کاهش خطرات سیل و مدیریت سیل‌های آینده در حوضه‌های آبریز، پژوهش درمورد مدل‌های پیش‌بینی می‌باشد. برای پیش‌بینی عناصر اقلیمی از جمله بارش، مدل‌های بسیار زیادی در دنیا وجود دارد که یکی از

شناخته شده‌ترین آنها مدل جهانی GFS ۱ می‌باشد. پیشرفت و توسعه در پیش‌بینی سیلاب به دلایل مختلف همچون: تخمین میزان بارندگی، دقت پیش‌بینی و عدم قطعیت دشوار و محدود شده است و یکی از چالش‌های جدی در آینده تلقی می‌شود. در سال‌های اخیر در کشور ایران نیز تحقیقات و پژوهش‌هایی با محوریت بررسی و ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی بارش انجام شده است. جوانمرد قصاب و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی به ارزیابی مدل‌های پیش‌بینی GFS و WRF در حوضه گاوشان در یک دوره دوساله با استفاده از داده‌های مشاهداتی ایستگاه‌های سینوپتیک پرداختند. نتایج نشان داد که در خطای متوسط و حداکثر بارش مدل GFS عملکرد بهتری داشته است. به عبارتی دیگر فراوانی خطای نسبی بالای ۵۰ درصد و کمتر از ۲۰ درصد مدل WRF به ترتیب بیش از مدل GFS بوده است. سمیه ایمانی امیر آبادی و همکاران (۱۳۹۸) در تحقیقی به ارزیابی و عملکرد مدل‌های پیش‌بینی GFS و WRF در پیش‌بینی بارش‌های سنگین و سیلاب‌های مخرب بهار ۱۳۹۸ در حوضه‌های آبریز کارون بزرگ و کرخه به صورت منطقه‌ای و نقطه‌ای پرداختند. در ارزیابی نقطه‌ای، پیش‌بینی هر دو مدل دارای اریبی منفی و کم برآورد در مقدار بارش بودند. همچنین در پیش‌بینی نقطه‌ای (ایستگاهی) بارش‌های سنگین بزرگ‌تر از ۳۰ میلی‌متر، مدل WRF دارای عملکرد بهتری بود چراکه مقادیر مربوط به شاخص‌های خطا به مراتب کمتر از مدل GFS بود اما هر دو مدل در پیش‌بینی مقیاس منطقه‌ای نسبت به نقطه‌ای از دقت مناسبی برخوردار بودند.

مهران حیدری بنی و همکاران (۱۳۹۶) در تحقیقی به اعتبار سنجی مدل جهانی GFS در پیش‌بینی عناصر اقلیمی مانند: دما، بارش، نقشه شبنم، رطوبت و فشار QFF در ایستگاه همدیدی شهرکرد پرداختند. داده‌ها با گام زمانی ۳ ساعته ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در یک دوره ۱۲ ساله مورد استفاده قرار گرفتند. تحلیل‌ها نشان داد که بطور متوسط در بیش از ۸۸ درصد موارد وجود بارش یا عدم بارش صحیح تشخیص داده شده است هرچند در این ایستگاه برای بعضی از کمیت‌ها مدل دچار بیش برآوردی بود. زینب اکبری و روح‌اله داودی (۱۳۹۸) پژوهشی را جهت ارزیابی و راستی آزمایی پیش‌بینی مدل‌های WRF و GFS با مقیاس زمانی ۲۴ و ۴۸ ساعته با استفاده از داده‌های مشاهداتی در یک دوره آماری دو ماهه در استان لرستان انجام دادند. نتایج این راستی آزمایی که با استفاده از کمیت‌های مختلف مانند TS و جداول قراردادی همچون ۲×۲ و PSS نشان داد که مدول مذکور برای پیش‌بینی بارش با دقت‌های زمانی ۲۴ و ۴۸ ساعته از دقت نسبتاً خوبی برخوردار هستند. همچنین نتایج این مدل در مقایسه با داده‌های مشاهداتی در بازه دو ماهه، بیش از ۷۰ درصد صحیح بوده است. ولی طبق جدول PSS که امتیاز مهارتی پیرس است، مدل GFS در هر دو مقیاس زمانی دارای بیشترین میزان بهبود است.

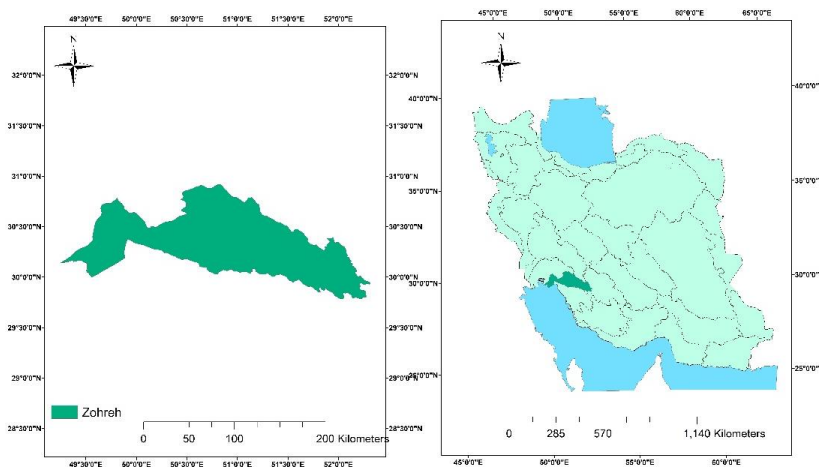
کریستوفر دیویس و همکاران در پژوهشی که در سال (۲۰۰۶) برای تحلیل مکانی-زمانی در کشور آمریکا از مدل WRF استفاده کردند. نتایج این پژوهش بر اریبی کم مدل WRF در منطقه مورد بررسی دلالت داشت که با گذشت زمان و سیدن به نیم‌روز، مقادیر بارش و اریبی مثبت با بیش برآوردی همراه بود. پژوهشی که توسط مرتضی زارعی و صالح امین یآوری (۱۴۰۰) در چهار حوضه آبریز اصلی ایران به منظور بررسی و ارزیابی عملکرد مدل‌های عددی جهانی پیش‌بینی بارش روزانه انجام شد، نشان می‌دهد که چهار مدل ECMWF, NCEP, ECCO, UKMO در هر چهار حوضه آبریز عملکرد به نسبت خوبی را داشتند و همچنین قابل استفاده در سیستم هشدار سیل و تصمیم‌سازی‌های مدیریت منابع آب کشور ایران می‌باشند. لازم به ذکر است این بررسی با افق زمانی روزانه و برای یک دوره ۱۰ ساله صورت گرفته است. حسین دهبان و همکاران (۱۳۹۶) جهت صدور پیش هشدار سیل در استان لرستان به ارزیابی نتایج بارش روزانه مدل GFS پرداختند که تحلیل‌ها نشان می‌دهد که پیش‌بینی روزانه بارش‌ها با مقدار بیش از ۵ میلی‌متر در بازه زمانی حداکثر ۱ تا ۹ روز آتی توسط مدل GFS احتمال وقوع بالا بوده است؛ همچنین ضریب استخراجی تبیین پیش‌بینی بارش روزانه در این منطقه حدوداً ۰/۷ محاسبه گردیده که نشان دهنده دقت مناسب این مدل در پیش‌بینی بارش می‌باشد. فروزان ارکیان و

همکاران (۱۳۹۳) برای ارزیابی بارش‌های سنگین روزانه استان قزوین طی دوره زمانی ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۰، به تحلیل و شبیه‌سازی پیش‌بینی مدل منطقه‌ای WRF در سه بازه زمانی ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعته پرداختند. شبیه‌سازی با ۲ رویکرد نقطه‌ای و منطقه‌ای صورت پذیرفت که نتایج نشان دهنده خروجی‌های مطلوب و دقت قابل قبول مدل WRF در سه بازه زمانی مذکور بوده است. به عبارت دیگر بطور متوسط در حدود ۷۱ درصد موارد، پیش‌بینی‌ها به درستی انجام شده است. هرچند نباید فراموش کرد پیکره‌بندی و شرایط گوناگون منطقه نیز در میزان خطای مدل است. هایفان یان و ویلیام گالوس جونیور (۲۰۱۶) در تحقیقی که بر ارزیابی نتایج مدل‌های WRF و GFS برای یک بازه ۹ ماهه و ۱۲ ساعته به روش‌های درونیایی و پیکسل در پیکسل در ناحیه‌ای از ایالت آیوا آمریکا پرداختند، معتقدند که در بارش‌های سنگین، مدل WRF عملکرد بهتری دارد که با تجمعی کردن مقادیر بارش، نتایج بهتری نسبت به افزایش دقت و تفکیک مکانی نشان می‌دهد. همچنین کمترین دقت در مقادیر بارش مربوط به بازه زمانی صبح تا بعد از ظهر می‌باشد. دورای و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی به ارزیابی و عملکرد مدل پیش‌بینی GFS در بارش‌های موسمی تابستان ۲۰۰۸ کشور هند در بازه‌های ۱ تا ۵ روز در فاصله زمانی ۲۴ ساعته پرداختند که نتایج حاکی از کاهش کارایی مدل GFS در پیش‌بینی وقوع بارش‌های بیش از ۲۵ میلی‌متر در روز بود. همچنین در پیش‌بینی بارش‌های سبک و متوسط دارای بیش‌برآوردی بود. در این پژوهش هدف اصلی ارزیابی کارایی مدل پیش‌بینی GFS در رخداد بارش مانسون در حوضه زهره هندیجان است در این راستا از شاخص‌های آماری RMSE، MBE و MAE استفاده می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز زهره-هندیجان در تقسیم بندی کلی هیدرولوژی ایران جزء حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان می باشد و محیط آن به حوضه‌های آبریز مارون و جراحی از شمال و حوضه رودخانه کارون، کر و مسیل‌های حوضه مهارلو از شرق، رودقره آقاج، رود شاپور از جنوب شرق و مسیل‌های دیلم و گناوه از جنوب محدود می‌باشد. کمترین ارتفاع حوضه زهره در دشت خوزستان و در ناحیه هندیجان همتراز سطح دریا می‌باشد. طول رودخانه‌های زهره - هندیجان ۴۹۰ کیلومتر می‌باشد. این حوضه در محدوده جغرافیایی ۴۹ درجه و ۱۰ دقیقه الی ۵۲ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۴۰ دقیقه الی ۳۱ درجه عرض شمالی قرار گرفته است. مساحت این حوضه ۱۵۴۳۸ کیلومتر است.



شکل ۱- موقعیت مکانی حوضه زهره هندیجان

شاخص های ارزیابی

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - F_i)^2}{N}} \quad (1)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum |O_i - F_i| \quad (2)$$

$$MBE = \frac{1}{N} \sum (O_i - F_i) \quad (3)$$

F_i نشان دهنده مقدار بارش پیش‌بینی شده در هر اجرای مدل، O_i نشان دهنده مقدار بارش مشاهداتی، N نشان دهنده تعداد مشاهدات است. هرچه میزان این شاخص ها کمتر باشد، مدل پیش‌بینی از دقت بالاتری برخوردار است.

نتایج و بحث

به منظور ارزیابی بارش ۱۱-۶ مرداد ماه ۱۴۰۱ از مدل GFS استفاده شد این مدل در افق زمانی ۱۶ روزه پیش‌بینی میکند لذا از ۱۰ روز قبل مقادیر پیش‌بینی پهنه ای بارش ۱۱-۶ مورد ارزیابی قرار گرفت. پهنه بارشی اتفاق افتاده و پیش‌بینی ۱ تا ۱۰ روز قبل برای بارش ۱۱-۶ مرداد در شکل ۲ ارائه شده است. در شکل ۲-الف پهنه بارش اتفاق افتاده با روش IDW درونیابی شده است. مطابق شکل ۲-ت از ۵ روز قبل موقعیت هسته بارشی در جنوب شرق حوضه زهره-هندیجان بدرستی تشخیص داده شده است. البته در افق های پیش‌بینی مختلف تغییر مکان هسته بارش رخ داده است اما در پیش‌بینی ۱ روز قبل همخوانی مناسبی با هسته بارشی اتفاق افتاده وجود دارد. در جدول ۱ مقادیر شاخص های اماری RMSE، MBE و MAE در محدوده حوضه زهره-هندیجان ارائه شده است. مقادیر این شاخص ها نشان میدهد پیش‌بینی ۲ و ۳ روز قبل نسبت به دیگر افق های زمانی پاسخ بهتری دارد. مقادیر شاخص MBE نشان میدهد در کلیه افق ها زمانی، پیش‌بینی کم برآورد است. همچنین دامنه تغییرات RMSE برابر ۳۲/۵ تا ۵۸/۴ میلیمتر می باشد.

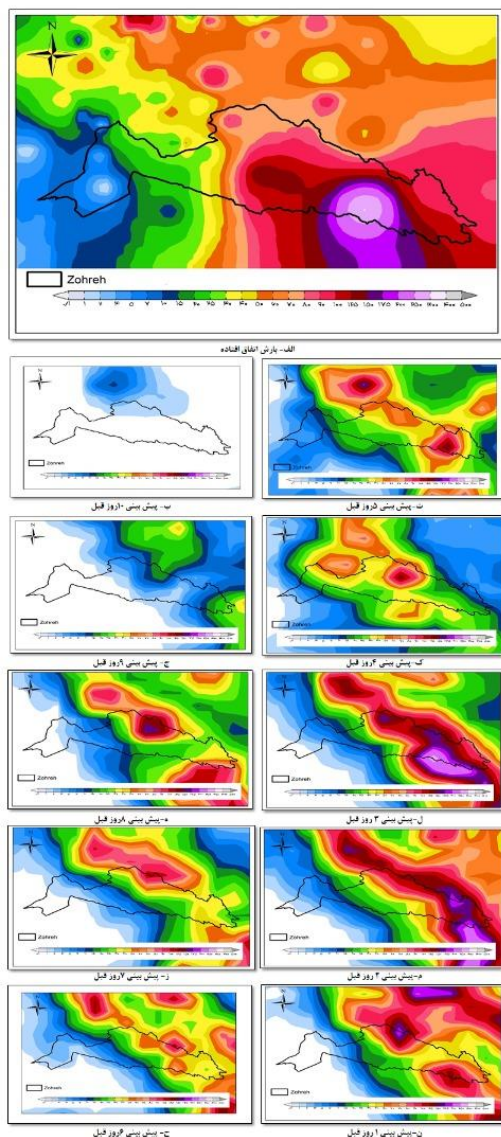
جدول ۱- مقادیر شاخص ارزیابی در افق زمانی پیش‌بینی

شاخص ارزیابی	افق زمانی پیش‌بینی									
	۱ روز قبل	۲ روز قبل	۳ روز قبل	۴ روز قبل	۵ روز قبل	۶ روز قبل	۷ روز قبل	۸ روز قبل	۹ روز قبل	۱۰ روز قبل
RMSE	۳۶/۷	۳۲/۵	۳۲/۵	۴۴/۶	۴۴/۵	۴۱/۶	۴۵/۵	۴۴/۵	۵۵/۹	۵۸/۴
MAE	۲۸/۷	۲۳/۴	۲۳/۴	۳۳/۷	۳۳/۷	۳۳/۷	۳۴/۵	۲۸/۱	۴۶/۶	۴۹
MBE	۲۳/۶	۱۲/۶	۱۲/۶	۲۸/۲	۲۸/۲	۳۲/۹	۳۶/۲	۳۵/۱	۴۶/۶	۴۹

در جدول ۲ مقادیر شاخص‌های اماری RMSE، MBE و MAE در محدوده هسته بارشی بالای ۱۰۰ میلیمتر ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد مقادیر شاخص‌ها در کلیه افق‌های پیش‌بینی مناسب نیست اما پیش‌بینی ۳ روز قبل مقادیر شاخص بطور نسبی بهبود می‌یابد.

جدول ۲- مقادیر شاخص ارزیابی هسته بارش بالای ۱۰۰ میلیمتر در افق زمانی پیش‌بینی

افق زمانی پیش‌بینی										شاخص ارزیابی
روز ۱۰ قبل	روز ۹ قبل	روز ۸ قبل	روز ۷ قبل	روز ۶ قبل	روز ۵ قبل	روز ۴ قبل	روز ۳ قبل	روز ۲ قبل	روز ۱ قبل	
۱۲۰/۶	۱۱۹/۲	۱۰۵/۱	۱۰۳/۲	۸۷/۱	۱۰۴/۶	۱۰۴/۶	۷۴/۵	۷۴/۵	۷۴/۳	RMSE
۱۱۹/۴	۱۱۷/۹	۱۰۳/۶	۱۰۰/۹	۸۶	۱۰۳/۵	۱۰۳/۵	۶۵/۷	۶۵/۷	۶۷/۶	MAE
۱۱۹/۴	۱۱۷/۹	۱۰۳/۶	۱۰۰/۹	۸۶	۱۰۳/۵	۱۰۳/۵	۶۲/۳	۶۵/۲	۷۱/۲	MBE
۰	۱/۲	۱۵/۱	۱۶/۳	۳۲/۸	۱۶/۸	۱۶/۸	۴۷/۲	۴۷/۲	۴۵	پیش‌بینی مقدار هسته بارشی



شکل ۲- بارش اتفاق افتاده و پیش بینی ۱ تا ۱۰ روز قبل

نتیجه گیری

نتایج بدست آمده بیانگر تغییرات هسته بارش و افزایش و کاهش سیگنال بارشی در افق های پیش بینی است که با توجه به ماهیت بارش های مانسون قابل انتظار بود. در مجموع از پیش بینی ۳ روز قبل تغییر محسوسی نسبت به دیگر افق های پیش بینی در مقادیر شاخص ها ایجاد می شود با این وجود میزان خطای پیش بینی قابل توجه است. هسته بارشی در جنوب شرق حوضه زهره-هندیجان به وقوع پیوسته است که موقعیت مکانی آن از ۵ روز قبل بدرستی تشخیص داده شده است.

قدردانی

محققین این پژوهش از مدیریت نوآوری، توسعه فناوری و پژوهش های کاربردی سازمان آب و برق خوزستان جهت حمایت از این پژوهش مراتب قدردانی را به عمل می آورند.

منابع

۱. سلگی، اباذر، زارعی، حیدر، پور حق، امیر، خدا بخشی، حمیدرضا. (۱۳۹۵). پیش بینی بارش ماهانه با مدل ترکیبی شبکه عصبی مصنوعی-موجک و مقایسه با مدل شبکه عصبی مصنوعی. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، ۳۳-۱۸، (۳)۶.
2. Davis, R. S. (2001). Flash flood forecast and detection methods. In Severe convective storms (pp. 481-525). American Meteorological Society, Boston, MA.
3. Yang, T. H., Yang, S. C., Ho, J. Y., Lin, G. F., Hwang, G. D., & Lee, C. S. (2015). Flash flood warnings using the ensemble precipitation forecasting technique: A case study on forecasting floods in Taiwan caused by typhoons. Journal of Hydrology, 520, 367-378.
۴. اسلامی نژاد، سید احمد، افتخاری، مبین، اکبری، محمد، حاجی الیاسی، علی، فرهادیان، هادی. (۱۴۰۰). پیش بینی مناطق مستعد وقوع سیل با استفاده از مدل های پیشرفته یادگیری ماشین (دشت بیرجند). مدیریت آب و آبیاری، ۱۱(۴)، ۸۸۵-۹۰۴.
5. Moore, R. J., Bell, V. A., & Jones, D. A. (2005). Forecasting for flood warning. Comptes Rendus Geoscience, 337(1-2), 203-217.
۶. جوانمرد قصاب، مجید و اسلامی، حمیدرضا و رضایی بنیس، نادر و عیوضی، معصومه، ۱۳۹۶، ارزیابی مدل های پیش بینی بارش WRF,GFS در حوضه آبریز گاوشان، پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب، تهران
۷. ایمانی امیرآباد، سمیه و فرخ نیا، اشکان و دهبان، حسین و حسن لی، امیرمحمد و جوادی، فاطمه و نجفی، محمدسعید، ۱۳۹۸، ارزیابی عملکرد مدل های پیش بینی WRF و GFS در پیش بینی بارش های سنگین اخیر کشور، هفتمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب، تهران
۸. حیدری نبی، مهران و شیاسی، مهدی و مبینی، سارا، ۱۳۹۶، اعتبار سنجی مدل GFS در پیش بینی عناصر اقلیمی (مطالعه موردی ایستگاه همدیدی شهرکرد)، دومین کنفرانس ملی هیدرولوژی ایران، شهرکرد



۹. اکبری، زینب و داودی، روح اله، ۱۳۹۸، راستی آزمایی پیش بینی بارش ۲۴ و ۴۸ ساعته مدل منطقه ای WRF و GFS با داده های مشاهداتی در استان لرستان، چهارمین کنگره بین المللی توسعه کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری ایران، تبریز

10. Davis, C., Brown, B., & Bullock, R. (2006). Object-based verification of precipitation forecasts. Part I: Methodology and application to mesoscale rain areas. *Monthly Weather Review*, 134(7), 1772-1784.

۱۱. زارعی، مرتضی و امین یآوری، صالح، ۱۴۰۰، بررسی عملکرد مدل های عددی جهانی پیش بینی روزانه بارش در چهار حوضه مهم ایران، همایش منطقه ای مهندسين عمران، معماری و مکانیک، چالوس

۱۲. دهبان، حسین و ایمانی، سمیه و فرخ نیا، اشکان و روزبھانی، رضا، ۱۳۹۶، ارزیابی نتایج بارش روزانه مدل GFS جهت صدور پیش هشدار سیل؛ مطالعه موردی: استان لرستان، پنجمین کنفرانس جامع مدیریت و مهندسی سیلاب، تهران

۱۳. ارکیان، فروزان، مشاطان، ندا، کتیرایی بروجردی، پری سیما، میرزایی حاجی باقلو، احسان. (۱۳۹۳). ارزیابی پیش‌بینی بارش مدل منطقه‌ای WRF برای بارش‌های سنگین روزانه استان قزوین طی دوره ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۰. پژوهش های علوم و فنون دریایی، ۹(۴)، ۸۸-۱۰۲.

14. Yan, H., & Gallus Jr, W. A. (2016). An evaluation of QPF from the WRF, NAM, and GFS models using multiple verification methods over a small domain. *Weather and Forecasting*, 31(4), 1363-1379.

15. Durai, V. R., Bhowmik, S. R., & Mukhopadhyay, B. (2010). Performance Evaluation of precipitation prediction skill of NCEP Global Forecasting System (GFS) over Indian region during Summer Monsoon 2008. *Mausam*, 61(2), 139-154.