ارزیابی روش های پس‌پردازش برونداد مدل WRF برای پارامتر آب بارش‌شو

فرحناز تقوی[۱]، مجتبی جلالی[۲]
[۱]استادیار گروه فیزیک فضا، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران
[۲]دانشجوی دکتری هواشناسی، گروه فیزیک فضا، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

چکیده

با توجه به نقش کلیدی بخار آب در فرایندهای جوّی و اقلیمی، امروزه از ابزارهای زیادی مانند رادیوگمانه، تابش‌سنج ریزموج، فوتومتری خورشیدی و دستگاه‌های GPS زمین‌پایه برای اندازه‌گیری این پارامتر استفاده می‌شود.در این پژوهش روش های پس‌پردازش برونداد مدل عددیWRF برای پارامتر آب بارش‌شو در نقاط فاقد ایستگاه جو بالا بر اساس داده‌های ماهواره‌ای ، الگوریتم ژنتیک و فیلترکالمن ارزیابی می گردد. ابتدا آب بارش‌شو اخذ شده از داده های رادیوگمانه در چند ایستگاه جوّ بالای کشور با پارامتر نظیر آن از ماهواره‌های هواشناسی موجود طی چند سال گذشته مقایسه شد. پس از چند مرحله درستی‌سنجی مقادیر آب بارش‌شو محصولات ماهواره‌های هواشناسی پیشنهادی متئوست و فنگ یون با مقادیر محاسبه شده توسط ایستگاه های جوّ بالای شهید هاشمی‌نژاد مشهد و مهرآباد تهران انتخاب شد. وماهواره هواشناسی با کمترین جذر میانگین مربع خطا به عنوان داده مرجع برای پس‌پردازش آب بارش‌شو مدل WRF استفاده شد. تصحیح خطای سامان‌مند مدل پیش‌بینی WRF با استفاده از داده‌های ماهواره مذکور و الگوریتم ژنتیک و کاربست پالایه کالمن انجام شد. نتایج نشان داد که داده های ماهواره هواشناسی نسخه ۸ METEOSAT8(IODC) با اعمال پالایه کالمن می‌تواند جایگزین داده‌های رادیوگمانه در نقاط فاقد ایستگاه جوّ بالا برای آموزش مدل پیشنهادی برای پس‌پردازش پارامتر آب بارش‌شو مدل عددی WRF باشد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی، آب بارش‌شو، پس‌پردازش ، مدل عددی WRF.

Evaluation of Post processing of WRF model Methods for Precipitable Water Parameter

Farahnaz Taghavi[1], Mojtaba Jalali[2]

1 Assistant Professor, Institute of Geophysics, University of Tehran
2 Ph. Student, Institute of Geophysics, University of Tehran

Abstract

Precipitable water (PW) is an important part of the water cycle in the atmosphere. This parameter cannot be easily calculated without the use of equipment such as GPS, satellite, radiosonde station and radar .The purpose of this research is to evaluate the post- processing of WRF model methods for PW using meteorological satellite data, neural network and Kalman filter. In this research, we attempt to eliminate the systematic error of a PW parameter obtained through the WRF numerical model in the absence of measurement data Results show that by implementing this approach and converging on the correlation values of the selected satellite and the post-processed model to the correlation values of the modified model, the results showed that the meteorological satellite data METEOSAT8 (IODC) can be used as an alternative of Radiosonde data in places without high atmosphere station to teach the proposed model for post-processing of PWV parameter in WRF numerical model.

Keywords: Precipitable Water, METEOSAT8, WRF model, post-processing

مقدمه

پیش‌بینی آب بارش‌شو یکی از مسائل مشترک هواشناسی و آب‌شناسی است.بسیاری از محققان آب بارش‌شو را با استفاده از شبکه جهانی GPS و GNSS و داده های ماهواره ای برآورد و با مدل‌های هواشناسی ارزیابی کردند. برای نمونه، کومار و همکاران (۲۰۱۷) اثرات بخار آب یکپارچه تخمین زده شده توسط GPS را بر پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت مدل WRF در یک نقطه در جنوب هند بررسی کردند.. محمدی‌ها و همکاران (۱۳۹۳) پیش‌بینی‌های مدل WRF برای آب بارش‌شو و ارتباط آن با برآورد بارش را به کمک داده‌های رادار تهران بررسی کردند.وانگ و همکاران (۲۰۱۷) آب بارش‌شو مستخرج از چهار ماهواره هواشناسی و چهار مدل هواشناسی را با پارامتر آب بارش‌شو تخمین زده شده از GPS ارزیابی کردند. خانیانی و همکاران (۲۰۱۷) تاثیر مقادیر تخمینی آب بارش‌شو شبکه GPS دائمی ایران را بر پیش‌بینی مدل عددی WRF با استفاده از روش داده‌گواری وردشی چهاربعدی در منطقه شمال ایران بررسی کردند. پن و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از داده‌گواری بر روی داده‌های WRF به وسیله ماهواره و رادار دریافتند که داده‌گواری آب بارش‌شو تاثیر زیادی بر دقت پیش‌بینی‌های توفان دارد. همچنین سیتو و همکاران (۲۰۱۸) رابطه بین توزیع بارش، باد زمینی و آب بارش‌شو هنگام بارش‌های سیل‌آسا در فصل تابستان توکیو را بررسی کردند. آنها بدین نتیجه رسیدند که با پایش تغییرات زمانی و توزیع این پارامترها و با استفاده از یک شبکه مشاهدات متراکم می‌توان بارش‌های سنگین را به سرعت و دقت پیش‌بینی کرد . اویگاوا و همکاران (۲۰۱۸) آب بارش‌شو مشاهده شده توسط یک شبکه گیرنده بسیارمتراکم سامانه ماهواره‌ای ناوبری جهانی را با استفاده از یک مدل غیرهیدرواستاتیک و با کمک پالایه کالمن همادی محلی NHM-LETKF (Nonhydrostatic Model - Local Ensemble Transform Kalman Filter, LETKF) داده‌گواری کردند. رئیس‌پور (۱۳۹۹) داده‌های ماهواره‌ای بخارآب بارش‌شو با استفاده از داده‌های سنجنده AIRS طی بازه زمانی۱۷ساله (۲۰۰۳-۲۰۱۹) مورد بررسی قرار داد.مغربی و همکاران (۲۰۲۰) مدل‌سازی و درستی‌سنجی آب بارش‌شو را در نقاط مرکزی شبه‌جزیره عربستان در یک دوره زمانی ده‌ساله با استفاده از داده‌های رادیوگمانه وداده GPS در یک شبکه GNSE بررسی کردند و خطای اریبی کمتراز ۲ میلیمتر به‌دست اوردند. از آنجایی که در مناطق فاقد ایستگاه جو بالا محاسبه پارامتر آب بارش‌شو به راحتی و بدون استفاده از تجهیزاتی از قبیل GPS، ماهواره و رادار امکان‌پذیر نیست، هدف از انجام این پژوهش پس‌پردازش برونداد مدل عددی WRF درپارامتر آب بارش‌شو در نقاط فاقد ایستگاه جوّ بالا با داده‌های ماهواره‌ای و استفاده از الگوریتم ژنتیک وپالایه کالمن به منظور کاهش خطای سامان‌مند این پارامتر است.

روش تحقیق

در این پژوهش ابتدا آب بارش‌شو اخذ شده از داده های رادیوگمانه در چند ایستگاه جوّ بالای کشور با پارامتر نظیر آن از ماهواره‌های هواشناسی موجود طی چند سال گذشته مقایسه شد. پس از چند مرحله درستی‌سنجی مقادیر آب بارش‌شو محصولات ماهواره‌های هواشناسی پیشنهادی متئوست و فنگ یون با مقادیر محاسبه شده توسط ایستگاه های جوّ بالای شهید هاشمی‌نژاد مشهد و مهرآباد تهران انتخاب شد. لازم به ذکر است که ملاک انتخاب بهترین ماهواره بر اساس جذر میانگین مربع خطا پایین‌تر بود و در نتیجه ماهواره هواشناسی با کمترین جذر میانگین مربع خطا به عنوان داده مرجع برای پس‌پردازش آب بارش‌شو مدل WRF استفاده شد. تصحیح خطای سامان‌مند مدل پیش‌بینی WRF با استفاده از داده‌های ماهواره مذکور و الگوریتم ژنتیک و کاربست پالایه کالمن انجام شد. برای ارزیابی و درستی‌سنجی پیش‌بینی‌ها، از شاخص‌ها و کمیت‌های درستی‌سنجی شامل میانگین خطا ME (رابطه ۱) میانگین خطای مطلق MAE پیش‌بینی (رابطه ۲)، جذر میانگین مربع خطا RMSE (رابطه ۳) و امتیاز مهارتی میانگین خطای مطلق MAESS (رابطه ۴) استفاده شد. در این روابط F_i مقدار پیش‌بینی متغیر موردنظر و O_i مقدار مشاهده متناظر با آن و N تعداد داده ها است.

$$\text{ME}= \ mean\,error = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(F_i - O_i) \qquad (۱)$$

$$MAE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}|F_i - O_i|) \quad (۲)$$

$$RMSE = \left[\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(F_i - O_i)^2\right]^{1/2} \quad (۳)$$

برای محاسبه امتیاز مهارتی میانگین خطای مطلق (MAESS) از رابطه (۴) استفاده می‌شود که در آن MAE_{DMO} میانگین خطای مطلق برونداد مدل قبل از پردازش و MAE_{pp} میانگین خطای مطلق مدل پس از پردازش می‌باشد.

$$MAE\ skill\ score = 1 - \frac{MAE_{pp}}{MAE_{DMO}} \quad (۴)$$

جدول ۱–مقایسه ضرایب همبستگی داده‌های ماهواره‌های منتخب با داده‌های واقعی رادیوگمانه.

R^2	فرودگاه مهرآباد تهران	فرودگاه شهید هاشمی‌نژاد مشهد
MSG1(IODC)	0.759	0.8278
FY-2E	0.153	0.2403

در ادامه مقادیر آب بارش‌شو پیش‌بینی مدل عددی WRF در دو ایستگاه فرودگاهی مهرآباد تهران و شهید هاشمی‌نژاد مشهد در ساعت 00UTC برای حدود دو سال استخراج و با استفاده از الگوریتم ژنتیک (GA) و مقادیر آب بارش‌شو ایستگاه‌های رادیوگمانه و ماهواره مذکور پس‌پردازش شد. نتایج حاصل از پس‌پردازش پیش‌بینی مدل عددی WRF با سه بار اجرای الگوریتم ژنتیک به ترتیب با استفاده از داده های ماهواره METEOSAT و رادیوگمانه فرودگاه مهرآباد تهران نشان داد که

که ضرایب همبستگی به‌دست آمده توسط مقایسه داده‌های پس‌پردازش شده و داده‌های واقعی ماهواره زمین‌ایستای METEOSAT 8 با ضرایب به‌دست آمده توسط مقایسه با داده‌های رادیوگمانه به یکدیگر نزدیک اند. در ادامه پالایه کالمن بر داده های ماهواره اصلاح شده با الگوریتم ژنتیک اعمال گردید که به بهبود نتایج منجر شد و ضریب همبستگی به مقدار ۰.۷۸۷۶ افزایش و RMSE به مقدار ۱.۱ کاهش یافت. علاوه بر این، مقادیر RMSE مدل به مقدار ۰.۱۰۸ کاهش یافت و ضریب همبستگی به مقدار ۰.۹۸۷۶ افزایش یافت (جدول ۲).

جدول ۲– مقایسه مقادیر خطا و همبستگی مقدار آب بارش‌شو مدل WRF با داده ماهواره METEOSAT با اعمال الگوریتم ژنتیک، پالایه کالمن وداده رادیوگمانه در ایستگاه مهرآباد تهران.

روش	RMSE	R^2
مدل WRF	**0.108**	**0.9876**
داده رادیوگمانه	**3.8423**	**0.6381**
داده ماهواره با الگوریتم ژنتیک	**3.1485**	**0.622**
داده ماهواره با الگوریتم ژنتیک و اعمال پالایه کالمن	**1.10**	**0.7876**

نتیجه گیری

هدف از انجام این پژوهش ارزیابی روش های پس پردازش پارامتر آب بارش‌شو پیش‌بینی مدل عددی WRF می‌باشد. ابتدا آب بارش‌شو چند ایستگاه جوّ بالا کشور با پارامتر نظیر آن در ماهواره‌های MSG1(IODC) و FY-2E موجود طی حدود دو سال مقایسه و ماهواره هواشناسی با کمترین جذر میانگین مربع خطا به عنوان مقادیر هدف برای پس‌پردازش مدل WRF انتخاب شد. مطابق جدول۲ ماهواره MSG1(IODC) با ضریب همبستگی R^2 برابربا ۰.۷۵۹ برای ایستگاه مهر آباد وضریب ۰.۸۲۷۸ برای ایستگاه هاشمی‌نژاد مشهد به عنوان ماهواره مرجع انتخاب شد. در ادامه، پارامتر آب بارش‌شو مدل WRF با پارامتر مستخرج از ماهواره انتخابی METEOSAT8 و رادیوگمانه و با استفاده از الگوریتم ژنتیک پس‌پرداش شد.سپس پالایه کالمن بر داده‌های ماهواره اصلاح شده با الگوریتم ژنتیک اعمال گردید که نتایج بهبود یافت به‌طوری که ضریب همبستگی به مقدار 787. افزایش و خطای RMSE به مقدار ۱.۱ کاهش یافت. نتایج بیانگر این است که داده‌های ماهواره هواشناسی METEOSAT8(IODC) می‌تولندبه عنوان جایگزین داده‌های رادیوگمانه در نقاط فاقد ایستگاه جوّ بالا برای آموزش مدل پیشنهادی در راستای پس‌پردازش پارامتر آب بارش‌شو مدل عددی WRF به‌کار رود.

منابع

رئیس پور ، ک.،۱۳۹۹، برآورد ماهوارهای بخار آب قابل بارش PWVدر جو ایران و تحلیل همبستگی مکانی آن با فراسنجهای آب و هواشناختی، مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره۵۱، شماره۱۰.

محمدیها ا.،معماریان،م.ح. ،آزادی،م.،ریحانی پروری،م.، (۱۳۹۳)پیش بینی های مدل WRFبرای آب بارش شو و ارتباط ان با برآورد بارش به کمک داده های رادار تهران ، مجله ژئوفیزیک ایران، جلد ۸،شماره۳،صفحه ۱-۱۳.

- Kumar, P., K., Gopalan, B., P., Shukla and A., Shyam, 2017, Impact of single-point GPS integrated water vapor estimates on short-range WRF model forecasts over southern India. Theoretical and Applied Climatology, ۱۳۰(۳-۴): p. .۷۵۵-۷۶۰
- Khaniani,A.,S.,Azadi,M.,zakeri,Z.,2017,Impact of Iranian permanent GPS network precipitable water estimates on numerical weather prediction ,Earth observation and Geomatics Engineering Vol 1(2),(2017)p. 100-111.
- Maghrabi, AH., Alothman, AOA., Fernandes, RMS., Almutairi, MM., Aldosari, AF., Aldakhil, AA., Allehyani, BI.,Aljarbar GA, and Altilasi MI,2020,Modelling and Validation of the Precipitable Water Vapour from Zenith Wet Delay using Radiosonde and GNSS Data in the Central Arabian Peninsula,Int J Environ Sci Nat Res 25(1): IJESNR.MS.ID.556152.
- Oigawa, M., T.,Tsuda, H, Seko, Y, shoji , E, Realini, 2018, Data assimilation experiment of precipitable water vapor observed by a hyper-dense GNSS receiver network using a nested NHM-LETKF system. Earth, Planets and Space, ۲۰۱۸. ۷۰(۱): p. .۷۴
- Pan, S., .J.,Gao,J.Stensrud,X.,Wang,T.A.,Jones,2018, Assimilation of Radar Radial Velocity and Reflectivity, Satellite Cloud Water Path, and Total Precipitable Water for Convective-Scale NWP in OSSEs. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, ۲۰۱۸. ۳۵(۱): p. .۶۷-۸۹
- Seto,Y., Yokoyama,H., Nakatani,T., Ando, H.,Tsunematsu,N., Shoji,Y., K., Kusunoki, M., Nakaya, Y., Saitoh, H., Takahashi,2018., Relationships among Rainfall Distribution, Surface Wind, and Precipitable Water Vapor during Heavy Rainfall in Central Tokyo in Summer. Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II, ۲۰۱۸. ۹۶: p. .۳۵-۴۹.