DOI: 10.30467/NIVAR.2019.87242
مجله علمی و ترویجی نیوار، شماره ۱۰۵-۱۰۴، بهار و تابستان ۱۳۹۸ (دو فصلنامه)

به‌کارگیری الگوریتم ژنتیک برای پس‌پردازش فراسنج آب قابل بارش پیش‌بینی مدل عددی WRF با استفاده از داده‌های ماهواره زمین ایستای METEOSAT8 در نواحی فاقد ایستگاه جو بالای ایران

مجتبی جلالی*[1]، فرحناز تقوی[2]
۱-دانش‌آموخته کارشناسی ارشد هواشناسی، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران
۲- استادیار مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت: ۹۷/۰۵/۱۷، تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۸/۲۰)

چکیده
آب قابل بارش برآوردی از ستون بخارآب در کل لایه وردسپهر است که پیش‌بینی دقیق این کمیت می‌تواند در تخمین مقدار بارش و پیش‌آگاهی احتمال وقوع سیلاب مفید باشد. ماهواره METEOSAT8 دارای طیف گسترده‌ای از محصولات هواشناسی و آبشناسی است که یکی از آن‌ها کمیّت آب قابل بارش است. هدف از این پژوهش پس‌پردازش فراسنج آب قابل بارش پیش‌بینی مدل عددی WRF با استفاده از داده‌های ماهواره زمین ایستای METEOSAT8 در نواحی فاقد ایستگاه‌های جو بالا است. برای این مهم ابتدا کمیّت آب قابل بارش مستخرج از داده‌های ماهواره METEOSAT8 با داده‌های دو ایستگاه جو بالای کشور به مدت یک سال راستی‌آزمایی شد. نتایج حاصل از این مقایسه تا حدود زیادی قابل اعتماد بود به طوری که از داده‌های ماهواره MSG1(IODC) به عنوان مقادیر هدف الگوریتم ژنتیک برای پس‌پردازش پیش‌بینی مدل عددی WRF در نقاط غیر ایستگاهی استفاده شد. در انتها مقادیر پس‌پردازش شده و داده‌های ماهواره MSG1 در شش شهر ایران با شرایط اقلیمی متفاوت مقایسه شد. نتایج بیانگر عملکرد خوب این رهیافت در تخمین مقدار پس‌پردازش شده آب قابل بارش مدل پیش‌بینی WRF است.
کلمات کلیدی: آب قابل بارش، مدل WRF، ماهواره METEOSAT8، پس‌پردازش، الگوریتم ژنتیک

مقدمه

مقدار رطوبت جو هم در مقیاس مکانی و هم در مقیاس زمانی دچارتغییرات گسترده‌ای می‌شود.تغییرات اقلیمی باعث فراوانی رخداد پدیده‌های فرین شده است که در این ارتباط نیز مدل‌های اقلیمی افزایش دماهای حدی را در آینده پیش‌بینی می‌کنند. اساساً مطالعه تغییر اقلیم در منطقه خلیج فارس از نظر ایجاد تأسیسات ساحلی، حمل و نقل و حفاظت از محیط زیست منطقه و تغییر در الگوی سیستم‌های جوی و جریان دریایی ضروری است. آب قابل بارش می‌تواند راه‌گشای بسیاری از مسئله‌های هواشناسی در پیش‌بینی دقیق وضعیت جو، برآورد بارش و رواناب باشد.کووا و همکاران آب قابل بارش مدل عددی هواشناسی JMA را توسط مقادیرتخمین زده شده GPS داده‌گواری نمودند. ایده اصلی آن‌ها این است که آب قابل بارش پیش‌بینی شده نسبت به مقدار مشاهده شده تصحیح شود، در حالی که ساختار عمودی رطوبت مدل حفظ شود. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد که داده‌گواری آب قابل بارش اندازه‌گیری شده در مدل ریزمقیاس هواشناسی، ساختار عمودی بخار آب را با دقت بسیار بیشتری از بازیابی آماری بر مبنای داده‌های اقلیمی بازسازی می‌کند و در نتیجه تحلیل بهبود یافته توسط داده‌گواری منجربه بهبود پیش‌بینی کوتاه مدت بارش می‌شود. همچنین در تحقیقی دیگر، باک و همکاران به راستی‌آزمایی آب قابل بارش پیش بینی شده از مدل هواشناسی ECMWF با داده‌های رادیوسوند و GPS پرداختند. برای این مطالعه داده‌های بخار آب قابل بارش (PWC) پیش‌بینی شده توسط مدل ECMWF را با مشاهدات ۲۱ ایستگاه دریافت GPS و ۱۴ ایستگاه رادیوسوند RS، در منطقه اروپای مرکزی، برای یک دوره مشاهداتی ویژه گردآوری و مقایسه کردند. از مقایسه آب قابل بارش مدل و GPS، اُریبی (بایاس) در داده‌های رادیوسوند مشاهد شد. به طور کلی خطای برونداد مدل‌ها دارای دو بخش است: یکی خطاهای سامانمند و دیگری خطاهای پیشا. منظور از خطای سامانمند یا سیستماتیک بخشی از خطاست که برونداد مدل در «میانگین» بیشتر یا کمتر از واقعیت باشد که به آن «اُریبی» می‌گوییم.

* نگارنده رابط: jalal392000@gmail.com

بخش دیگر خطای مدل از نظم خاصی پیروی نمی‌کند که به آن خطای پیشا گفته می‌شود. به کمک فرایند پس‌پردازش می‌توان خطای سامانمند را تا حد قابل توجهی تعیین و حذف کرد به گونه‌ای که برونداد مدل برای بسیاری از کاربردها قابل استفاده شود. هدف این مقاله نیز پس‌پردازش خطای سیستماتیک مدل WRF با استفاده از الگوریتم ژنتیک و آموزش توسط داده‌های ماهواره MSG1(IODC) است. در اینجا ابتدا مقادیر آب قابل بارش در ایستگاه‌های جوبالای شهید هاشمی نژاد مشهد و مهرآباد تهران محاسبه می‌شود. سپس داده‌های آب قابل بارش از ماهواره اروپایی نسل دوم METEOSAT 8 دریافت و با مقادیرآب بارش شو دو رادیوسوند مذکور مقایسه می‌شود. پس از راستی‌آزمایی فراسنج آب قابل بارش ماهواره MSG1(IODC) به پس‌پردازش فراسنج آب قابل بارش مدل پیش‌بینی WRF در نقاط فاقد ایستگاه جو بالا توسط الگوریتم ژنتیک و آموزش توسط ماهواره مذکور خواهیم پرداخت.

داده‌ها و روش‌ها

داده‌ها

در این مقاله از سه نوع داده استفاده می‌شود: از داده‌های رادیوسوند برای راستی‌آزمایی داده‌های ماهواره‌ای استفاده خواهد شد. داده‌های ماهواره زمین ایستا نسل دوم METEOSAT8 برای پس‌پردازش داده‌های مدل پیش‌بینی WRF در پیکسل‌های فاقد ایستگاه جو بالا استفاده می‌شوند. لازم به ذکر است چون این محصول از ماهواره زمین ایستای هواشناسی در ساعات ابری بازیابی نمی‌شود، لذا این فراسنج در ساعات ابری داده‌های این محصول حذف می‌شود و در آموزش الگوریتم ژنتیک شبکه عصبی وارد نخواهد شد. در نهایت از داده‌های مدل WRF نیز در مدل‌سازی و ریزمقیاس کردن مدل جهانی پیش‌بینی GFS استفاده خواهیم کرد. می‌دانیم که ماهواره MSG1(IODC) در نقاط زیر ماهواره (خاورمیانه و اقیانوس هند) دارای دقت ۳ کیلومتر است و منطقه مورد مطالعه نیز در این محدوده واقع شده است. بر این اساس سه حوزه در نظر گرفته شد که حوزه مادر دارای تفکیک افقی ۲۷ کیلومتر و حوزه‌های آشیانه (زیر حوزه‌ها) دارای تفکیک افقی ۹ و ۳ کیلومتر هستند که در این جا از تفکیک سه کیومتر استفاده شده است.

روش تحقیق

محاسبه آب قابل بارش در ایستگاه جوّ بالا به این صورت است که ستونی از هوا با سطح مقطع $1cm^2$ را در نظر می‌گیریم. اگر dz عنصر ارتفاع z باشد، مقدار آب بارش‌شو(w) در این ستون هوا بین دو ارتفاع z و z+dz به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$w = \int_z^{z+dz} \rho_w dz$$

که ρ_w چگالی بخار آب است.

پس‌پردازش به روش الگوریتم ژنتیک

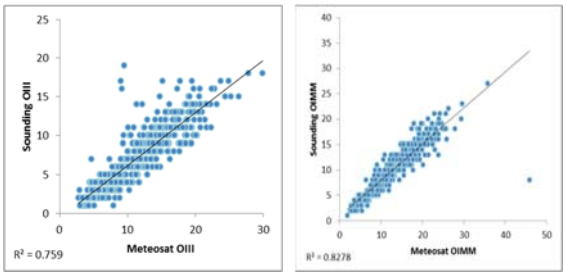
الگوریتم ژنتیک بخشی از نظریه محاسبه تکاملی است که در حال حاضر به عنوان بخشی از هوش مصنوعی به سرعت در حال رشد است. الگوریتم ژنتیک ابزاری است که توسط آن ماشین می‌تواند سازوکار انتخاب طبیعی را شبیه‌سازی کند. این عمل با جست‌وجو در فضای مسئله برای یافتن جواب برتر و نه الزاماً بهینه صورت می‌پذیرد. الگوریتم ژنتیک را می‌توان یک روش جست و جوی کلّی نامید که از قوانین تکامل بیولوژیک طبیعی تقلید می‌کند. در واقع الگوریتم‌های ژنتیک از اصول انتخاب طبیعی داروین برای یافتن فرمول بهینه برای پیش‌بینی یا تطبیق الگو استفاده می‌کنند. الگوریتم‌های ژنتیک اغلب گزینه‌های خوبی برای تکنیک‌های پیش‌بینی بر مبنای رگرسیون هستند.

الگوریتم ژنتیک به عنوان یک الگوریتم محاسباتیِ بهینه‌سازی با در نظر گرفتن مجموعه‌ای از نقاط فضای جواب در هر تکرار محاسباتی به نحو مؤثری نواحی مختلف فضای جواب‌را جست‌وجو می‌کند. در سازوکار جست و جو اگر چه مقدار تابع هدف تمام فضای جواب محاسبه نمی‌شود ولی مقدار محاسبه شده تابع هدف برای هر نقطه، در میانگین‌گیری آماری تابع هدف در کلیه زیر فضاهایی که آن نقطه به آن‌ها وابسته بوده دخالت داده می‌شود و این زیر

فضاها به طور موازی از نظر تابع هدف میانگین‌گیری آماری می‌شوند. این سازوکار را توازی ضمنی می‌گویند. در ادامه ابتدا به مقایسه داده‌های ماهواره METEOSAT8(IODC) با داده‌های رادیوسوند از ابتدای شروع فعالیت آن تاکنون خواهیم پرداخت و در انتها به تصحیح خطای سیستماتیک مدل پیش‌بینی WRF با استفاده از داده‌های ماهواره مذکور و الگوریتم ژنتیک می پردازیم.

بحث و نتایج

ابتدا مقادیر آب قابل بارش ماهواره هواشناسی METEOSAT و داده‌های ایستگاه رادیوسوند هواشناسی مشهد و تهران را برای حصول اطمینان کارایی داده‌های ماهواره METEOSAT در پس‌پردازش پیش‌بینی مدل WRF در نقاط فاقد ایستگاه جو بالا مقایسه می‌کنیم. همان طور که در نمودارهای زیر مشاهده می‌شود همبستگی زیادی بین داده‌های ماهواره اروپایی MSG1(IODC) و داده‌های رادیوسوند دو ایستگاه جو بالای کشور طی حدوداً دو سال برقرار است. لذا می‌توان در ادامه از این داده‌ها برای تصحیح خطای سیستماتیک مدل پیش‌بینی استفاده کرد.



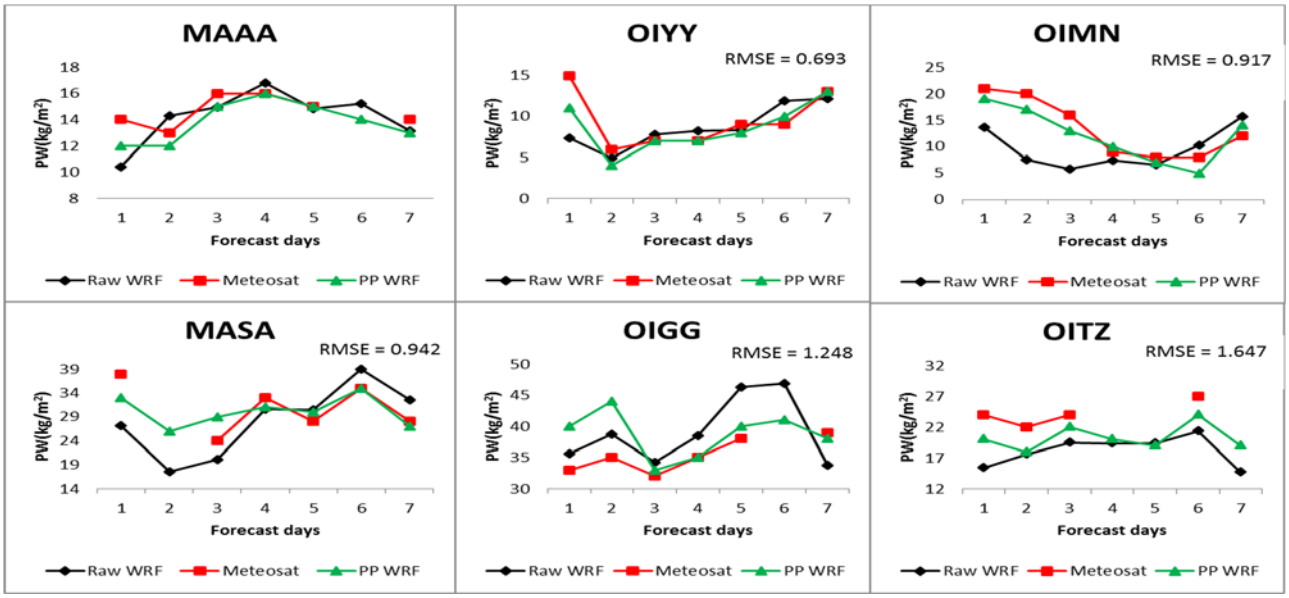
شکل ۱– مقایسه فراسنج آب قابل بارش ماهواره METEOSAT و رادیوسوند تهران

با مقایسه ۱۴۲ فراسنج پیش‌بینی مدل WRF و فراسنج آب قابل بارش، در نهایت از فراسنج‌های مندرج در جدول بعد برای طراحی و آموزش مدل شبکه عصبی استفاده شده است.

فراسنج	توضیح
BRTMPtoa	top of atmosphere Brightness temperature [K]
DLWRFsfc	Surface Downward long wave flux [W/m^2]
DPT2m	2 m above ground Dew point temp. [K]
HGT0deg	•C isotherm level Geopotential height [gpm]
HGThtfl	cloud top Geopotential height [gpm]
MSLETmsl	mean-sea level Mean sea level pressure(ETA model) [Pa]
PWATclm	atmos column Precipitable water [kg/m^۲]
SPFH2m	2 m above ground Specific humidity [kg/kg]

پس از ریزمقیاس‌نمایی داده‌های مدل پیش‌بینی WRF، تمامی مقادیر آب قابل بارش ماهواره هواشناسی و فراسنج مذکور مدل پیش‌بینی WRF در پیکسل‌های مربوط به منطقه ایران در روزهای فاقد ابر (حدوداً ۴۵۴۳۰۰ پیکسل و در هر پیکسل ۸ فراسنج نامبرده در ساعت 00UTC) استخراج و به عنوان آموزش مدل شبکه عصبی مورد استفاده قرار گرفت. همچنین مقادیر هدف مورد استفاده در الگوریتم ژنتیک برای پیش‌بینی در ساعات 00UTC مقادیر آب قابل بارش مستخرج از ماهواره زمین ایستای MSG1(IODC) بود.

همان طور که در شکل ۳ دیده می‌شود در نواحی ساحلی مانند رشت و ساری RMSE مقادیر بالایی به خود اختصاص داده است. همچنین در روزهای ابری که ماهواره METEOSAT داده ندارد نیز پس‌پردازش مدل تقریباً منطبق بر پیش‌بینی خام است. به عنوان مثال در زنجان هر چند اغلب روزهای مورد آزمایش ابری بوده‌اند اما با توجه به آموزش خوبی که مدل شبکه عصبی داشته، سبب شده است که حتی در روزهای ابری هم آب قابل بارش پیش‌بینی شود.



شکل ۳– مقایسه فراسنج آب قابل بارش پس‌پردازش شده (خط سبز)، خام (خط مشکی) و ماهواره Meteosat (خط قرمز) طی ۷ روز پیش‌بینی در شهرستان‌های: a) اراک، b) یزد، c) بجنورد، d) ساری، e) رشت و f) زنجان

نتیجه‌گیری

با توجه به همبستگی زیاد مقادیر فراسنج آب قابل بارش ماهواره زمین ایستای نسل دوم METEOSAT8 در مقایسه با داده‌های رادیوسوند، این ماهواره می‌تواند جایگزین مناسبی برای پس‌پردازش فراسنج آب قابل بارش در پیش‌بینی مدل عددی WRF باشد. مطالعه موردی روی ۶ شهر ایران که در این مقاله صورت پذیرفت، این موضوع را تایید می‌کند.

منابع

۱- دهقانی، ۲۰۱۸، اثر تغییر اقلیم بر میزان آب قابل بارش در سواحل شمال خلیج فارس. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۸ (۴۹).

2- Räisänen, J., et al., 2004, European climate in the late twenty-first century: regional simulations with two driving global models and two forcing scenarios, Climate Dynamics, 22(1): 13-31.

3- Westwater, 1993, Assimilation of precipitable water measurements into a mesoscale numerical model, Monthly Weather Review, 121(4): 1215-1238.

4- Bock, O., et al., 2005, Validation of precipitable water from ECMWF model analyses with GPS and radiosonde data during the MAP SOP, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 131(612): 3013-3036.

5- Rakhecha, P. & V. P. Singh, 2009, Applied Hydrometeorology, Springer Science & Busin.