

ارزیابی عملکرد طرحواره‌های پارامترسازی خرد فیزیکی و همرفت مدل WRF در برآورد بارش در حوضه آبریز کارون در جنوب غرب ایران

زهرا قصابی*^۱، غلامعلی کمالی^۲، امیرحسین مشکوتی^۳، سهراب حجام^۴، نصرالله جواهری^۵

۱- دانشجوی دکتری هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

۲- دانشیار، گروه هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

۳- استادیار، گروه هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

۴- دانشیار، گروه هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

۵- دکتری سازه‌های آبی، گروه مهندسی مشاور آب عمران پردیسان تهران، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۹۱/۱۲/۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۳/۵/۱۳

چکیده

هدف از این بررسی ارزیابی تأثیر طرحواره‌های خرد فیزیکی و همرفت در مدل پیش‌بینی عددی وضع هوا WRF^2 در برآورد بارش در حوضه آبریز کارون، در جنوب غرب ایران است. با توجه به اینکه کارون پرآب‌ترین رود ایران و حوضه آبریز کارون یکی از منابع اصلی آب ایران است و با توجه به وجود سدهای بزرگ در آن منطقه، جنوب غرب ایران همواره مورد توجه پژوهشگران بوده، بنابراین این منطقه برای مطالعه انتخاب شد. در این تحقیق شبیه‌سازی‌های بارش برای ماه‌های ژانویه ۲۰۰۴، مارچ ۲۰۰۵ و ۲۰۰۷ و دسامبر ۲۰۰۹، در دو حوزه به ترتیب حوزه بزرگ با تفکیک افقی ۲۷ km و حوزه کوچک با تفکیک افقی ۹ km، با ماتریسی از ۶ ترکیب مدل WRF ارزیابی شد. به این منظور داده‌های ورودی مدل که شامل داده‌های FNL^2 می‌باشد، از NCEP^۲ و همچنین داده‌های دیدبانی شده برای مقایسه از سازمان هواشناسی کشور تهیه گردید. در هر اجرا دو طرحواره مختلف همرفت شامل طرحواره‌های Kain-Fritsch (KF) و Betts-Miller-Janjic (BMJ) و سه طرحواره متفاوت خرد فیزیکی شامل طرحواره‌های WSM 3-class (3)، WSM 5-class (5) و فرییر^۵ (F) مورد استفاده قرار گرفتند. برای تحلیل بارش‌های شبیه‌سازی شده مدل و مقایسه آن با رخداد، با استفاده از آمار بارش ۱۵ ایستگاه همدیدی، مربع ضریب همبستگی محاسبه گردید. میانگین مربع ضرایب همبستگی در تفکیک ۹ km، به ترتیب ۰/۸۸۸، برای ترکیب طرحواره‌های BMJF، ۰/۸۸۵، برای ترکیب طرحواره‌های BMJ5، ۰/۸۳۱، برای ترکیب طرحواره‌های BMJ3، ۰/۸۸۷، برای ترکیب طرحواره‌های KF3، ۰/۸۷۸، برای ترکیب طرحواره‌های KF5 و ۰/۸۷۱، برای ترکیب طرحواره‌های KFF بدست آمدند. نتایج نشان می‌دهند که مدل WRF در شرایط انتخابی برای انجام آزمایشات (محدود به ۴ مورد و تفکیک زمانی و مکانی منتخب) حساسیت چندانی به نوع طرحواره‌های همرفت و خرد فیزیکی در این مقیاس شبکه‌ای ندارد.

واژه‌های کلیدی: طرحواره‌های فیزیکی، مدل WRF، ضریب همبستگی، حوضه آبریز کارون، حساسیت مدل

*. Email: z.ghassabi@gmail.com

2. The Weather Research and Forecasting model

3. Final operational Global Analysis data

4. National Centers for Environmental Prediction

5. Ferrier

مقدمه

همواره در مطالعاتی که نیاز به اطلاع از مقدار و چگونگی توزیع بارش در تمامی یک حوضه آبریز وجود دارد، به دلیل پراکندگی نامنظم و محدودیت تعداد ایستگاه‌های اندازه‌گیری، امکان انجام مطالعات دقیق در تمامی گستره حوضه آبریز وجود نداشته است. برای تعیین کمی مقادیر بارش در یک شبکه منظم در کل حوضه، بهترین روش استفاده از مدل‌های عددی شبیه‌سازی هواشناسی می‌باشد. امروزه اطلاعات گسترده و ارزشمندی را می‌توان از خروجی مدل‌های عددی جو که بر مبنای دینامیک و فیزیک حاکم بر جو و با استفاده از آخرین روش‌های عددی حل معادلات حاکم بر جو توسعه یافته‌اند، بدست آورد. از اینرو می‌توان با استفاده از این مدل‌ها رخداد پدیده‌ها و تغییرات در کمیت‌های مختلف جو را به صورت مستقل از یکدیگر مورد ارزیابی قرار داد و یا اثر تغییرات در هر یک از کمیت‌ها را در کمیت‌های دیگر بررسی کرد.

در این تحقیق عملکرد طرحواره‌های پارامترسازی مختلف خردفیزیکی و همرفت مدل WRF در برآورد بارش در حوضه آبریز رود کارون در جنوب غرب ایران ارزیابی شد. حوضه آبریز کارون مناطق وسیعی از دامنه‌های جنوبی رشته کوه زاگرس و کوهپایه‌های آن را در استان‌های اصفهان، لرستان، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویراحمد و خوزستان در بر می‌گیرد. رود کارون و سرشاخه‌های آن بزرگترین مجموعه رودخانه‌ای را در ایران تشکیل داده و یکی از منابع عمده آب کشور است.

آزادی و همکاران (۱۳۸۲) عملکرد مدل غیر هیدروستاتیک MM5 را برای صدور پیش‌بینی‌های چهار روزه در زمستان بر روی ایران با استفاده از داده‌های مدل تمام کره‌ای AVN و پارامترسازی فرآیندهای لایه مرزی سیاره‌ای و فرآیند همرفت با تفکیک افقی ۳۰ کیلومتر بررسی کردند. نتایج نشان داد که این مدل منطقه‌ای برای شبیه‌سازی ساختارهای میان‌مقیاس سامانه‌های ترکیبی فرارفتی و همرفتی تا چهار روز موفق است. همچنین

بررسی ترکیب طرحواره‌های مختلف آن‌ها نیز نشان داد که ترکیب طرحواره‌های Grell, Betts-Miller یا Kain-Fritsch برای همرفت با طرحواره Blackadar برای لایه مرزی در مقایسه با دیگر ترکیب‌ها نتایج بهتری را به همراه دارد. آزادی و همکاران (۱۳۸۸) میزان دقت و صحت برون‌داد مدل WRF با پیکربندی‌های مختلف برای پیش‌بینی‌های ۴۸ ساعته‌ی بارش بر روی ایران را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج مدل با مقادیر متناظر در دسترس، از ایستگاه‌های هواشناسی همدیدی مقایسه شد. با تشکیل جدول توافقی، کمیت‌های عددی و امتیازهای مهارتی برای پیش‌بینی وقوع بارش محاسبه شد. راست‌آزمایی نشان داد که در مجموع اجرای مدل WRF با استفاده از دو پیکربندی همرفتی-لایه مرزی Mellor-Yamada-Kain-Fritsch، Mellor-Yamada-Janjic و Grell-Devenyi، نتایج قابل قبولی را تولید می‌کند.

جانکو و همکاران (Jankov, ۲۰۰۵) اثر پارامترهای فیزیکی مختلف WRF و برهم کنش آن‌ها روی سامانه همرفتی میان‌مقیاس^۱ MCS در فصل گرم با ماتریسی از ۱۸ ترکیب مدل WRF شامل دو طرحواره همرفت BMJ, KF و طرحواره بدون همرفت^۲ NC، سه طرحواره خردفیزیکی MPL, MPF و MPN، و دو طرحواره لایه مرزی MRF و ETA و شبکه‌ای با فواصل نقاط ۱۲ km، را مورد مطالعه قرار دادند. تحلیل‌ها نشان داد که ترکیب برگزیده‌ای که بهتر از بقیه باشد، وجود ندارد. آزمایش‌های عینی^۳ از حساسیت به تغییر طرحواره‌های فیزیکی با ارزیابی مقادیر مربع ضریب همبستگی، نشان داد که در پیش‌بینی میزان بارش بیشترین حساسیت به انتخاب طرحواره همرفت و کمترین حساسیت به طرحواره خردفیزیکی مربوط می‌شود. هانگ و همکاران (Hong, ۲۰۰۶) عملکرد سه طرحواره متفاوت خرد فیزیکی WSM3، WSM5 و WSM6 را در یک توفان با بارش سنگین بررسی کردند. نتایج نشان داد که تعداد سنجه‌های رطوبتی پیش‌بینی شده

1. mesoscale convective system

3. objective








2. no convective scheme

عدم قطعیت‌ها در شرایط اولیه از جنبه‌های مهم یک پیش‌بینی همادی خوب است. همچنین تفکیک شبکه برای شبیه‌سازی اهمیت دارد و نبود اطلاعات میان مقیاس در زمان اولیه به پیش‌بینی همادی صدمه می‌زند. در وضعیت سینوپتیکی قبل از رویداد میان مقیاس، پیش‌بینی همادی به خوبی شبیه‌سازی می‌شود؛ و هنگامی که وضعیت سینوپتیکی پیچیده است با حزنات میان مقیاس فراوان، پیش‌بینی همادی پراکندگی زیادی را نشان می‌دهد.



پارامترسازی همرفت در کل شامل سه مرحله آغازگری همرفت (آغاز و تداوم همرفت)، مدل ابر (توزیع قائم گرمایش، رطوبت و تغییرات تکانه) و فرضیات بستار (میزان تبدیل انرژی و آزاد شدن گرما ناشی از بارش همرفتی) می‌باشد. طرحواره‌های همرفتی سه دسته‌اند: ۱. طرحواره‌هایی که بر اساس بودجه‌های رطوبتی می‌باشند، ۲. طرحواره‌های تعادل، ۳. طرحواره‌های شار جرم. جداول ۱ تا ۳ نشان دهنده متغیرهای به‌کار رفته در طرحواره‌های BMJ و KF در این سه دسته می‌باشند. (Bechtold, 2004)

اثر ناچیزی در شبیه‌سازی بارش در تفکیک شبکه‌ای کم دارند اما در تفکیک‌های شبکه‌ای بزرگ، تفاوت‌های واضحی در مقدار بارش با توجه به پیچیدگی خرد فیزیک دیده می‌شود. اوتکین و همکاران (Otkin, ۲۰۰۸) به مقایسه ساختارهای ابر تولیدشده مدل WRF با چندین طرحواره خردفیزیکی شامل WSM6, Thompson, Purdue Lin و Seifert & Beheng (SB) پرداختند. تمام طرحواره‌ها بارش همادی بیشتری را پیش‌بینی کردند؛ اما هیچ‌یک از شبیه‌سازی‌ها رویداد بارش فرین را به دقت پیش‌بینی نکردند. کانینگهام و همکاران (Cunningham, ۲۰۰۷) بر روی چهار منطقه شامل جنوب غرب آسیا، شرق آسیا، آلاسکا و counus، ۱۰ مورد از ترکیب‌های مختلف مدل WRF با طرحواره‌های سطح، خردفیزیک، همرفت، تابش-های طول موج کوتاه و طول موج بلند و لایه مرزی را در نظر گرفتند. الگوریتم‌های عدم قطعیت برای پیش‌بینی دید، برق و بارش استفاده شد. آن‌ها در نتایج خود نشان دادند که شرایط اولیه از جنبه‌های مهم یک پیش‌بینی خوب است و




جدول ۱- توابع آغازگر همرفت

	CAPE	Cloud Depth	CIN	Sub-cloud Mass Conv.	Cloud-layer Moisture
BMJ					
KF					

جدول ۲- توزیع قائم گرما و رطوبت

	Entraining/Detraining Plume	Convective Adjustment
BMJ		
KF		

جدول ۳- بستر

	CAPE	Cloud-layer Moisture
BMJ		
KF		

موسسات و مراکز^۲ مختلفی در ایالات متحده ایجاد شده است. WRF یک مدل غیرهیدروستاتیک و تراکم پذیر (با گزینه هیدروستاتیک) است و شبکه C آراکوا^۳ برای به دست آوردن دقت بهتر در شبیه‌سازی در آن استفاده شده است. طبقه بندی فیزیک مدل شامل خردفیزیک، پارامترسازی همرفت، لایه مرزی سیاره‌ای، مدل سطح و تابش می‌باشد. (Skamarock, 2008) استفاده از مدل WRF برای مقاصد عملیاتی روز به روز در حال گسترش است. به‌کارگیری آن در کشور نیز لزوم یافتن و به‌کارگیری مناسب‌ترین پیکربندی برای این مدل در ایران را امری ضروری نموده است.

یکی از مهمترین کاربردهای مدل‌های پیش‌بینی وضع هوا به بارش مربوط می‌شود. بدین منظور و یافتن بهترین طرحواره‌ها برای پیش‌بینی هر چه دقیق‌تر بارش در کشور چگونگی اثر طرحواره‌های فیزیکی مختلف و ترکیب‌های آن‌ها به همراه یک مدل لایه مرزی، برای یکی از مهمترین حوضه‌های آبریز کشور یعنی حوضه آبریز کارون مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور ماتریسی از ۶ ترکیب طرحواره‌های همرفت-خردفیزیک-لایه مرزی برای مدل WRF، در دو حوزه به ترتیب حوزه بزرگ با تفکیک افقی ۲۷ km، در فاصله طول جغرافیایی ۴۰ تا ۶۰ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۰ تا ۴۲ درجه شمالی، و حوزه کوچک با تفکیک افقی ۹ km در فاصله طول جغرافیایی ۴۵ تا ۵۵ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۳۸ درجه شمالی

طرحواره WSM 3-class (3) که طرحواره ساده یخ نیز نامیده می‌شود سه گروه از سنجه‌های رطوبتی را پیش‌بینی می‌کند: بخار، آب/یخ ابر و باران/برف. این طرحواره برای محاسبه فرایندهای یخ مناسب است اما فاقد آهنگ ذوب تدریجی و آب ابرسرد است. طرحواره WSM 5-class (5) مشابه طرحواره ساده یخ است. بخار، باران، برف، یخ ابر و آب ابر در پنج آرایه متفاوت را در نظر می‌گیرد، و برخلاف WSM 3-class (3) آب ابرسرد و ذوب تدریجی ریزش برف در پائین‌تر از لایه ذوب^۱ را نیز دربردارد. این طرحواره برای مقیاس شبکه‌ای متوسط بین شبکه‌های میان مقیاس و آشکارسازی ابر مناسب است. (Skamarock, 2008)

طرحواره Kain-Fritsch از مدل ساده ابر با حرکت‌های بالاسو و پائین‌سوی مرطوب شامل اثرات درون شارشی و برون شارشی است. در طرحواره Betts-Miller-Janjic نمایه همرفت عمیق و زمان واهلش متغیر است و به کارایی ابر بستگی دارد. کارایی ابر بستگی به تغییر آنتروپی، بارش و دمای میانگین ابر دارد. نمایه رطوبت همرفت عمیق نیازمند این است که تغییر آنتروپی کوچک و غیرمنفی باشد. (Skamarock, 2008)

مواد و روش‌ها

WRF مدل پیش‌بینی عددی جوی است که توسط

1. melting level
3. Arakawa C

2. NCAR, NCEP, FSL, AFWA, and OU

ساعت ۱۲ UTC دسامبر ۲۰۰۹ و ۱۲۰ ساعت (پنج روز) از ساعت ۰۶ UTC روز ۱۰ مارچ ۲۰۰۵ اجرا شد. داده‌های ورودی مدل که شامل داده‌های FNL می‌باشد، از NCEP تهیه شده‌اند.

داده‌های دیدبانی برای مقایسه از سازمان هواشناسی کشور تهیه گردید. جدول ۴ مشخصات ایستگاه‌های همدیدی منتخب (که داده‌های بارش ۶ ساعته آن‌ها در هر چهار اجرای مورد بررسی موجود می‌باشد)، را نشان می‌دهد. همچنین شکل ۱ توزیع ایستگاه‌ها را در حوضه آبریز کارون نشان می‌دهد.

طراحی گردید. طرحواره‌های مورد استفاده عبارت اند از دو طرحواره همرفت Kain-Fritsch (KF)، Betts- (BMJ) و Miller- Janjic سه طرحواره خردفیزیکی WSM 3-class (3)، WSM 5-class (5) و Ferrier et al. (F) و طرحواره لایه مرزی YSU ایجاد شد.

شبیه‌سازی‌های بارش با اجرای نسخه ۳،۲ مدل WRF از ترکیب طرحواره‌های مختلف برای ماه‌های ژانویه ۲۰۰۴، مارچ ۲۰۰۵ و ۲۰۰۷ و دسامبر ۲۰۰۹، ارزیابی شده‌اند. مدل به مدت ۹۶ ساعت (چهار روز) از ساعت ۱۲ UTC روز ۶ ژانویه ۲۰۰۴، از ساعت ۰۰ UTC روز ۲۵ مارچ ۲۰۰۷، از

جدول ۴- مشخصات ایستگاه‌های همدیدی حوضه آبریز کارون

ارتفاع (متر)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	نام ایستگاه
۳۲۰/۵	۳۱/۹۳۳	۴۹/۲۸۳	مسجد سلیمان
۱۵۸۰	۳۱/۵	۵۰/۸۳۳	لردگان
۲۰۴۸/۹	۳۲/۳	۵۰/۸۳۳	شهرکرد
۶۷	۳۲/۰۵	۴۸/۸۳۳	شوشتر
۸۳	۳۲/۲۶۷	۴۸/۴۱۷	صفی آباد دزفول
۷۶۷	۳۱/۸۵	۴۹/۸۶۷	ایذه
۲۲/۵	۳۱/۳۳۳	۴۸/۶۶۷	اهواز
۲۲۷۴	۳۱/۴۱۷	۵۱/۵۵	سمیرم
۲۱۹۷	۳۱/۹۸۳	۵۱/۳	بروجن
۱۸۱۶/۳	۳۰/۷	۵۱/۵۵	یاسوج
۲۰۲۲	۳۳/۴	۴۹/۷	الیگودرز
۱۸۷۱/۸	۳۳/۴۵	۴۹/۴	ازنا
۱۵۲۲/۳	۳۳/۵۱۷	۴۹/۰	درود
۱۴۹۶/۸	۳۳/۷۳۳	۴۸/۸۶۷	سیلاخور
۱۴۳	۳۲/۴	۴۸/۳۸۳	دزفول

ابزاری آماری برای تعیین نوع و درجه رابطه بارش دیدبانی شده با بارش برآورد شده مدل استفاده شده است. رابطه مربع ضریب همبستگی عبارت است از:

که در آن \bar{x} میانگین بارندگی دیدبانی شده در مقیاس زمانی، \bar{y} میانگین بارندگی برآورد شده در مقیاس زمانی، x_i بارندگی دیدبانی شده ۶ ساعته و y_i بارندگی برآورد

برای ارزیابی صحت پیش‌بینی طرحواره‌های متفاوت به کار رفته در این تحقیق مربع ضریب همبستگی بین داده‌های دیدبانی بارش و برآورد بارش با طرحواره‌های متفاوت مدل

WRF محاسبه گردیده‌اند. از ضریب همبستگی^۱ به عنوان

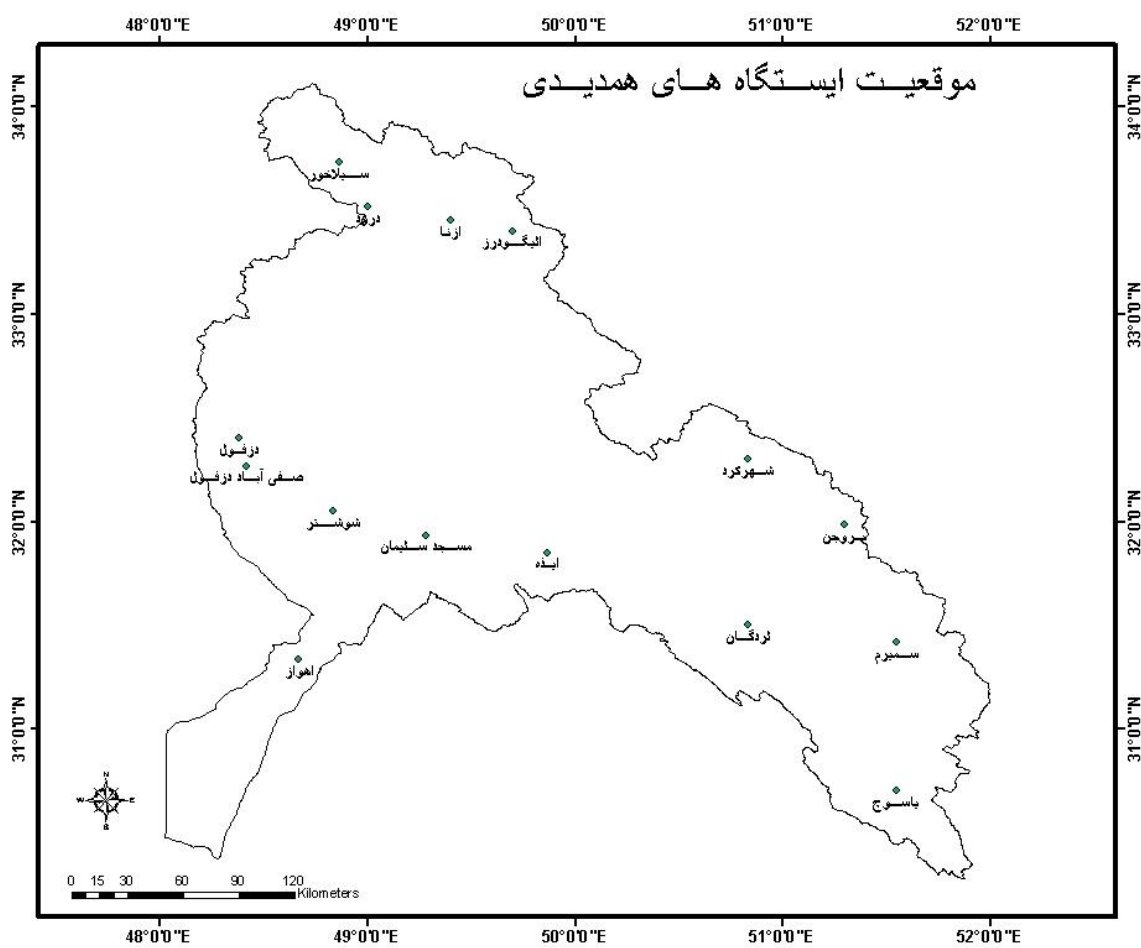
$$r^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right]}$$

1. Correlation Coefficient

شده ۶ ساعته می‌باشند. شایان ذکر است که در اینجا متغیر مستقل، میانگین بارندگی دیدبانی شده و متغیر وابسته، میانگین بارندگی برآورد شده می‌باشند.

برای تحلیل بارش‌های شبیه‌سازی شده مدل و مقایسه آن با رخداد، با استفاده از آمار بارش ۱۵ ایستگاه همدیدی، مربع ضریب همبستگی محاسبه گردید. جداول ۵ تا ۸ مقدار مربع ضریب همبستگی برای هر طرحواره را در هر چهار اجرا در ایستگاه‌های منتخب در حوزه کوچک نشان می‌دهد. همچنین جدول ۹ مقدار میانگین مربع ضریب همبستگی را در هر چهار اجرا نشان می‌دهد.

نتایج و بحث



شکل ۱- توزیع ایستگاه‌های همدیدی حوزه آبریز کارون

جدول ۵- مربع ضریب همبستگی برای هر طرحواره در ایستگاه‌های منتخب درحوزه کوچک در دسامبر ۲۰۰۹

طرحواره/ایستگاه	BMJF	BMJ5	BMJ3	KF3	KF5	KFF
اهواز	۰/۸۰۸	۰/۸۳۰	۰/۸۵۱	۰/۷۹۲	۰/۷۹۶	۰/۸۰۵
درود	۰/۷۱۸	۰/۶۱۴	۰/۵۹۰	۰/۶۱۵	۰/۶۱۰	۰/۶۶۶
دزفول	۰/۵۳۷	۰/۵۳۰	۰/۵۴۱	۰/۵۲۵	۰/۵۳۳	۰/۵۲۳
الیگودرز	۰/۸۲۶	۰/۸۴۱	۰/۸۳۶	۰/۹۵۰	۰/۸۳۱	۰/۸۸۰
شوشتر	۰/۷۴۷	۰/۷۷۲	۰/۷۷۵	۰/۸۵۹	۰/۸۷۵	۰/۸۴۵
مسجدسلیمان	۰/۸۶۳	۰/۸۱۸	۰/۸۶۱	۰/۸۷۸	۰/۸۵۷	۰/۸۷۱
سمیرم	۰/۸۴۸	۰/۸۵۲	۰/۸۵۸	۰/۷۶۶	۰/۷۹۸	۰/۷۸۲
شهرکرد	۰/۹۰۳	۰/۹۱۱	۰/۸۶۵	۰/۸۴۷	۰/۵۷۶	۰/۸۵۰
بروجن	۰/۹۹۱	۰/۹۷۲	۰/۹۶۹	۰/۹۳۰	۰/۹۳۸	۰/۹۶۲
ياسوج	۰/۹۱۶	۰/۹۴۸	۰/۹۲۳	۰/۹۰۴	۰/۸۹۳	۰/۸۸۸
ازنا	۰/۶۱۶	۰/۶۲۲	۰/۶۹۶	۰/۶۹۰	۰/۷۰۹	۰/۷۱۵
ایذه	۰/۹۵۴	۰/۹۶۸	۰/۹۴۷	۰/۹۶۳	۰/۹۴۵	۰/۹۵۷
سیلاخور	۰/۷۴۵	۰/۷۶۳	۰/۴۷۴	۰/۷۳۳	۰/۶۸۱	۰/۶۹۰
صفی‌آباد دزفول	۰/۸۳۱	۰/۸۳۵	۰/۸۲۷	۰/۸۹۶	۰/۷۳۳	۰/۷۳۷
لردگان	۰/۹۷۲	۰/۹۹۵	۰/۹۷۶	۰/۹۷۸	۰/۹۸۶	۰/۹۶۳

جدول ۶- مربع ضریب همبستگی برای هر طرحواره در ایستگاه‌های منتخب در دامنه کوچک در ژانویه ۲۰۰۴

طرحواره/ایستگاه	BMJF	KF3	KF5	KFF	BMJ3	BMJ5
اهواز	۰/۶۳۲	۰/۳۷۴	۰/۷۹۶	۰/۴۹۷	۰/۳۱۷	۰/۶۸۹
درود	۰/۵۸۵	۰/۵۰۷	۰/۴۷۱	۰/۷۳۱	۰/۲۷۱	۰/۴۱۱
دزفول	۰/۷۴۲	۰/۸۲۵	۰/۸۳۰	۰/۸۶۴	۰/۵۰۷	۰/۵۸۳
الیگودرز	۰/۲۹۴	۰/۳۵۴	۰/۴۱۰	۰/۶۷۱	۰/۱۲۵	۰/۱۷۲
مسجدسلیمان	۰/۶۷۶	۰/۴۸۹	۰/۷۸۲	۰/۳۴۳	۰/۴۳۹	۰/۷۸۰
شوشتر	۰/۶۰۰	۰/۶۶۴	۰/۸۵۶	۰/۸۷۹	۰/۶۷۵	۰/۷۸۱
سمیرم	۰/۷۲۳	۰/۸۳۲	۰/۷۳۰	۰/۶۶۵	۰/۸۴۲	۰/۷۸۰
شهرکرد	۰/۳۸۸	۰/۳۳۲	۰/۵۲۶	۰/۴۷۰	۰/۵۵۲	۰/۵۵۲
بروجن	۰/۵۴۹	۰/۵۴۲	۰/۵۹۷	۰/۵۳۰	۰/۷۶۲	۰/۷۱۴
ياسوج	۰/۹۴۸	۰/۹۷۰	۰/۹۶۸	۰/۹۵۳	۰/۹۳۴	۰/۹۵۶
ازنا	۰/۱۸۱	۰/۳۲۹	۰/۳۴۶	۰/۵۴۷	۰/۲۵۷	۰/۳۰۰
ایذه	۰/۳۳۹	۰/۲۰۵	۰/۴۲۳	۰/۳۲۵	۰/۴۱۷	۰/۳۵۴
سیلاخور	۰/۷۹۳	۰/۲۰۷	۰/۵۶۱	۰/۶۰۵	۰/۱۶۲	۰/۳۱۴
صفی‌آباد دزفول	۰/۷۵۲	۰/۸۱۱	۰/۷۷۶	۰/۸۶۳	۰/۶۷۹	۰/۶۴۶
لردگان	۰/۸۰۳	۰/۸۶۷	۰/۸۹۹	۰/۹۱۲	۰/۷۷۸	۰/۸۷۶

جدول ۷- مربع ضریب همبستگی برای هر طرحواره در ایستگاه‌های منتخب درمانه کوچک در مارس ۲۰۰۵

طرحواره/ایستگاه	BMJF	KF3	KF5	KFF	BMJ3	BMJ5
اهواز	۰/۹۷۱	۰/۹۵۷	۰/۹۷۳	۰/۹۸۰	۰/۹۵۹	۰/۹۷۳
درود	۰/۹۲۱	۰/۸۸۳	۰/۸۶۸	۰/۸۶۴	۰/۹۱۳	۰/۸۹۷
دزفول	۰/۹۵۹	۰/۹۵۵	۰/۹۷۳	۰/۹۷۵	۰/۹۵۳	۰/۹۴۴
الیگودرز	۰/۹۲۲	۰/۹۶۵	۰/۹۶۹	۰/۹۵۲	۰/۸۹۳	۰/۹۲۴
شوشتر	۰/۹۶۴	۰/۹۶۲	۰/۹۶۵	۰/۹۶۳	۰/۹۶۰	۰/۹۰۵
مسجد سلیمان	۰/۹۸۷	۰/۹۷۶	۰/۹۴۵	۰/۹۷۱	۰/۹۶۹	۰/۹۴۸
سمیرم	۰/۹۴۸	۰/۹۲۹	۰/۸۷۵	۰/۸۵۸	۰/۹۲۱	۰/۸۸۳
شهرکرد	۰/۹۸۹	۰/۸۸۷	۰/۹۲۳	۰/۸۰۱	۰/۹۷۳	۰/۹۸۱
بروجن	۰/۹۶۷	۰/۹۳۴	۰/۹۷۲	۰/۸۶۰	۰/۹۵۳	۰/۹۳۱
یاسوج	۰/۹۳۶	۰/۹۷۵	۰/۹۷۵	۰/۹۶۷	۰/۹۴۸	۰/۹۳۵
ازنا	۰/۹۵۵	۰/۹۴۳	۰/۹۴۱	۰/۹۳۸	۰/۹۵۶	۰/۹۵۵
ایذه	۰/۹۰۸	۰/۹۳۳	۰/۹۴۸	۰/۹۴۸	۰/۸۶۲	۰/۹۳۱
سیلاخور	۰/۸۹۷	۰/۸۰۷	۰/۸۷۶	۰/۸۲۵	۰/۸۷۲	۰/۸۴۲
صفی آباد دزفول	۰/۹۸۶	۰/۹۸۸	۰/۹۷۶	۰/۹۷۹	۰/۹۸۶	۰/۹۹۱
لردگان	۰/۸۷۳	۰/۸۰۶	۰/۹۳۶	۰/۸۹۲	۰/۶۵۶	۰/۷۱۱

جدول ۸- مربع ضریب همبستگی برای هر طرحواره در ایستگاه‌های منتخب درمانه کوچک در مارس ۲۰۰۷

طرحواره/ایستگاه	BMJF	KF3	KF5	KFF	BMJ3	BMJ5
اهواز	۰/۸۹۹	۰/۹۲۳	۰/۸۸۹	۰/۸۸۲	۰/۹۵۳	۰/۸۹۷
درود	۰/۹۲۲	۰/۹۴۰	۰/۸۷۰	۰/۹۲۱	۰/۹۳۹	۰/۸۵۱
دزفول	۰/۷۶۵	۰/۷۳۳	۰/۷۲۰	۰/۷۱۴	۰/۷۳۹	۰/۸۶۴
الیگودرز	۰/۸۵۸	۰/۸۹۷	۰/۸۴۲	۰/۸۴۱	۰/۸۳۷	۰/۸۶۷
شوشتر	۰/۸۱۰	۰/۸۹۲	۰/۸۷۷	۰/۷۶۹	۰/۸۰۹	۰/۸۳۹
مسجد سلیمان	۰/۹۰۲	۰/۹۵۹	۰/۹۴۴	۰/۹۰۷	۰/۹۲۸	۰/۸۸۷
سمیرم	۰/۹۵۹	۰/۹۷۸	۰/۹۶۵	۰/۹۶۹	۰/۹۵۸	۰/۹۲۲
شهرکرد	۰/۹۳۴	۰/۹۳۲	۰/۹۰۲	۰/۸۶۲	۰/۹۴۱	۰/۹۲۲
بروجن	۰/۸۱۱	۰/۸۲۳	۰/۹۸۰	۰/۸۷۴	۰/۷۶۷	۰/۸۱۷
یاسوج	۰/۸۸۴	۰/۹۲۰	۰/۹۱۳	۰/۹۲۵	۰/۹۰۲	۰/۸۹۱
ازنا	۰/۸۵۳	۰/۷۶۵	۰/۸۲۷	۰/۸۴۶	۰/۸۴۶	۰/۸۴۶
ایذه	۰/۹۵۰	۰/۹۶۴	۰/۹۶۴	۰/۹۶۸	۰/۹۵۶	۰/۹۲۹
سیلاخور	۰/۸۵۶	۰/۸۲۶	۰/۸۴۶	۰/۸۲۴	۰/۸۶۸	۰/۸۴۷
صفی آباد دزفول	۰/۷۷۴	۰/۷۶۶	۰/۷۴۸	۰/۷۴۷	۰/۷۵۹	۰/۷۹۷
لردگان	۰/۸۸۲	۰/۹۲۳	۰/۹۰۸	۰/۸۲۲	۰/۸۴۶	۰/۹۱۲

جدول ۹- میانگین مربع ضریب همبستگی برای هر طرحواره در ایستگاه‌های منتخب درحوزه کوچک

BMJF	BMJ5	BMJ3	KF3	KF5	KFF
۰,۸۸۸	۰,۸۵۵	۰,۸۳۱	۰,۸۸۹	۰,۸۷۸	۰,۸۷۱

نتیجه‌گیری

تفاوت قابل توجه طرحواره‌ها عنوان کرد این است که اگر مقیاس سلول‌های همرفتی از مقیاس شبکه‌ای بزرگتر باشد مدل می‌تواند به طور مستقیم این همرفت و بارش ناشی از آن را آشکارسازی نماید. لذا در این حالت تغییر دادن طرحواره‌های پارامترسازی اثر چندانی روی اندازه و شدت بارش نخواهد داشت. برای پی بردن به این موضوع می‌توان یک اجرای کنترل بدون در نظر گرفتن پارامترسازی همرفت را با این اجراها مقایسه نمود.

سپاس‌گزاری

از همکاری صمیمانه سرکار خانم محبوبه پورآتشی در اجرای مدل تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Azadi M., P. Rezazadeh, E. Mirzaei, G. A. Vakili, 2003, Numerical Forecast of Winter Systems over Iran: Comparison Study of Physic parameterization, 12th Fluid Conference, Iran.
2. Azadi M., Z. K. Seifari, S. Jafari, 2009, Performance assessment of WRF Model in Precipitation Forecasting by Using Different Physical Schemes over Iran: Case Study, 12th Fluid Conference, Iran.
3. Bechtold P., C. Jakob, D. Gregory, J. Kain, 2004, Numerical Weather Prediction Parametrization of diabatic processes Convection II, ECMWF
4. Cunningham, J., T. Nobis, E. Kuchera, S. Rentschler, S. Rugg, M. Sittel, 2007, Jont Ensemble Forecast System (JEFS) Project UPDATE. Air Force Weather Agency, Offutt AFB, NE 68113.
5. Hong S. Y., J. O Jade Lim, 2006, The WRF Single-Moment 6-Class Microphysics Scheme (WSM6). Journal of Korean Meteorological Society, No. 42, 2, pp. 129-151

در مطالعاتی که نیاز به اطلاعات مقدار بارش در تمامی حوضه آبریز وجود دارد، به دلیل پراکندگی نامنظم و محدودیت تعداد ایستگاه‌های اندازه‌گیری، امکان انجام مطالعات دقیق در تمامی گستره حوضه آبریز وجود ندارد. برای تعیین کمی مقادیر بارش در یک شبکه منظم در کل حوضه، بهترین روش استفاده از شبیه‌سازی عددی است. در این تحقیق ۶ ترکیب متفاوت از مدل WRF اجرا شد.

نتایج بررسی میانگین مقادیر مربع ضریب همبستگی در حوزه کوچک با تفکیک ۹km، مقدار ۰,۸۸۸ برای ترکیب طرحواره‌های BMJF، مقدار ۰,۸۵۵ برای ترکیب طرحواره‌های BMJ5، مقدار ۰,۸۳۱ برای ترکیب طرحواره‌های BMJ3، مقدار ۰,۸۸۷ برای ترکیب طرحواره‌های KF3، مقدار ۰,۸۷۸ برای ترکیب طرحواره‌های KF5 و مقدار ۰,۸۷۱ برای ترکیب طرحواره‌های KFF را نشان داد. بنابراین در مطالعات موردی انجام شده، مطابق با نتایج جانکو۵ ۲۰۰۵ و اوتکین ۲۰۰۸، ترکیب برگزیده شاخصی از طرحواره‌ها که آشکارا بهتر از بقیه باشد، به چشم نمی‌خورد. بنابراین به نظر می‌رسد برای استفاده از نتایج شبیه‌سازی مدل WRF در مقیاس‌های متوسط (در حدود ۹ کیلومتر) می‌توان بدون توجه به حساسیت مدل به طرحواره‌های همرفت و حردفیزیکی، یکی از ترکیبات مورد استفاده در این مطالعه را به کار برد. لذا بهتر است برای تحلیل دقیق‌تر طرحواره‌ها با توجه به تفاوت موجود در مشخصات فیزیکی آنها و مقایسه نتایج، مدل در مقیاس‌های ریزتر (برای سلولهای همرفتی ریزمقیاس) مورد استفاده قرار گیرد. و نیز با استفاده از روشهای مختلف پیش‌پردازش برای گوارد داده‌های مشاهداتی می‌توان رفتارهای مختلف مدل و حساسیت آن برای انتخاب طرحواره‌های مختلف را آشکارسازی نمود. دلیل دیگری که می‌توان برای عدم

6. Jankov I., W.A. Jr. Gallus, M. Segal, B. Shaw, S. E. Koch, 2005, The Impact of Different WRF Model Physical parameterizations and Their Interactions on Warm Season MCS Rainfall. Wea. Forecasting, No. 20, pp. 1048-1060
7. Otkin J., H. L. Huang, A. Seifert, 2006, A COMPARISON OF MICROPHYSICAL SCHEMES IN THE WRF MODEL DURING A SEVERE WEATHER EVENT. Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies, German Weather Service, Germany.
8. Skamarock W.C., J.B. Klemp, J. Dudhia, D.O. Gill, D.M. Barker, M.G. Duda, X. Huang, W. Wang, J.G. Powers, 2008, NCAR THECNICAL NOTE. [http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/user_guide V3/](http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/user_guide_V3/).