**فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۸، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۲، شماره پیاپی ۱۰۹**

**مجتبی ذوالجودی**، دکتری فیزیک دریا، استادیار پژوهشکده هواشناسی
**سیده مژگان قاضی میرسعید**، کارشناس ارشد فیزیک دریا، سازمان هواشناسی کشور
**زهرا سیفری**، کارشناس ارشد فیزیک، سازمان هواشناسی کشور

**M. Zoljodi**
**S. M. Ghazimirsaeid**
**Z. Safiri**

**E-mail: ghmirsaeid@gmail.com**

**شماره مقاله: ۹۰۵** **صص: ۱۹۴-۱۸۷**
وصول: ۱۳۹۱/۳/۵ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۸

# بررسی صحت و دقت طرحواره‌های مختلف مدل WRF و ارزیابی پیش‌بینی بارش در ایران زمین

## چکیده:

در انجام این پژوهش، سعی شده است میزان دقت و صحت برونداد و در نتیجه کارایی مدل در پیش‌بینی ۲۴ و۴۸ ساعته پدیده بارش با انتخاب طرحواره‌های مختلف ارزیابی شود. از این رو، به منظور راست‌آزمایی محصول مدل، دو وضعیت بارش و عدم بارش در نظر گرفته شده و با تعیین چهار آستانه برای بارش جدول توافقی تشکیل و امتیازهای مهارتی محاسبه گردیده است. نتایج واکاوی گویای آن است که در بین پیکربندی‌های مختلف، خروجی مدل برای دو پیکربندی KFMYJ و GDMYJ که در هر دو از طرحواره لایه مرزی Mellor-Yamada-Janjic استفاده شده، به واقعیت نزدیک تر و از دقت قابل‌قبول‌تری برخوردار است. نسبت صحیح (PC) چهار آستانه، بدون بارش (≥ ۰/۱)، بیشتر از ۰/۱ و کمتر یا مساوی ۱ میلی‌متر (۱ ≥ و >۰/۱)، کمتر یا مساوی ۱۰ میلی‌متر و بیشتر از یک (۱۰ ≥ و >۱) و بیشتر از ۱۰ میلی‌متر (>۱۰) برای پیش‌بینی‌های ۴۸ ساعته مقادیر قابل قبولی؛ دارد به گونه‌ای که در مجموع در حدود ۸۰ درصد موارد، پیش‌بینی رخداد یا عدم رخداد بارش به درستی انجام شده است. مقدار H که نشان دهنده آهنگ برخورد است، برای آستانه کمتر از ۰/۱و بیش از ۱۰ میلیمتر نزدیک به یک است؛ بدین معنی که مدل برای این دو آستانه از دقت بالاتری برخوردار است. این کمیت برای محدوده بین یک دهم تا یک میلیمتر، مقدار ۰/۳ را به خود اختصاص داده است که نشان‌دهنده ضعف نسبی مدل در این محدوده است.

**واژه‌های کلیدی:** پیش بینی بارش، راست آزمایی، جدول توافقی، طرحواره فیزیکی، مدل WRF.

## مقدمه

مدل پیشرفته WRF[1] سامانه‌ای با قابلیت‌های فراوان است که می‌توان با استفاده از آن وضعیت‌های مختلف جو را شبیه‌سازی کرد. این مدل غیرایستابی (با گزینه ایستابی) و شبکه افقی آن، C آراکاوا است. در این مدل از طرحواره‌های انتگرال‌گیری مرتبه دوم و سوم زمانی رانگ ـ کوتا و طرحواره‌های مرتبه دو تا شش برای فرارفت در دو راستای افقی و قائم و از گام‌های کوچک زمانی برای مدل‌های اکوستیک و امواج گرانشی استفاده می‌شود (برای اطلاعات بیشتر درباره

[1] Weather Research and Forecasting (WRF)

این مدل به [۱ و ۲] مراجعه کنید). با توجه به توسعه سامانه مدل‌سازی WRF در سال‌های اخیر و متداول‌تر شدن استفاده از آن در مراکز پیش‌بینی دنیا، انجام مطالعاتی برای راست‌آزمایی برونداد این مدل به عنوان پیش‌نیاز استفاده پژوهشی و عملیاتی از آن ضروری است. منظور از فرایند راست‌آزمایی، ارزیابی کیفی پیش‌بینی‌های هواشناسی است که در آن نتایج فرایند پیش‌بینی با دیدبانی‌های متناظر مقایسه می‌شود.

از آنجا که استفاده عملیاتی از مدل‌های منطقه‌ای پیش‌بینی عددی وضع هوا در چند سال اخیر در ایران متداول شده و هنوز مطالعه‌ای برای راست‌آزمایی همه محصولات مدل انجام نشده است، چنین مطالعاتی ضروری به نظر می‌رسد. بارش از جمله کمیتی است که پیش بینی صحیح آن از جهات مختلف اقتصادی، اجتماعی و ... دارای اهمیت است. یافتن پیکربندی مناسب در مدل درمنطقه با هدف پیش‌بینی درست کمیت‌های هواشناختی، نظیر بارش به طور عمده بر ارزیابی نتایج آن مبتنی است. در این مطالعه پیش بینی مدل برای کمیت بارش به مدت شش ماه راست آزمایی شده است. می‌توان به برخی مطالعات مشابه در دیگر نقاط اشاره نمود. برای مثال، از این مدل در مورد بارش سنگین سال ۲۰۰۶ در شمال تایلند و با بهره گیری از طرحواره‌های میکروفیزیکی مختلف استفاده و نتایج حاصل از آن با هم مقایسه شده است [۸]. در سال ۲۰۰۸ نیز مقایسه ای بین پنج طرحواره میکروفیزیکی برای سامانه خط تندوزه[۲] در آلمان که در ۱۲ آگوست ۲۰۰۴ رخ داده، انجام گرفته است [۹].

از مقایسه نتایج مدل‌های WRF و MM5 برای بارش‌های سنگین حاره‌ای در طی نهم تا یازدهم ژانویه ۲۰۰۲ در سنگال توافق خوبی بین نتایج هر دو مدل با دیدبانی مشاهده شده است [۳].

مقایسه برونداد مدل‌های WRF و MM5 با مقادیر دیدبانی شده بارش، برای سیلاب سال ۱۹۹۳ در غرب ایالات متحده آمریکا انجام شده است و نتایج نشان می‌دهد که مدل WRF به مقادیر واقعی نزدیکتر است [۴].

در ایران نیز مطالعات تحقیقاتی در خصوص بررسی صحت بارش‌های مدل WRF انجام شده است که از آن جمله می توان به مقایسه پیش بینی بارش دو مدل منطقه‌ای بر روی ایران WRF وMM5 [۱۰]، ارزیابی عملکرد مدلWRFدر ایران برای پیش بینی بارش با استفاده از طرحواره‌های فیزیکی مختلف: مطالعه موردی [۱۱] و ارزیابی عملکرد مدل WRF برای پیش بینی بارش بر روی ایران به مدت یکماه [۱۲] اشاره کرد.

## داده‌ها و روش شناسی

مدل WRF برای حوضه‌ای شامل ایران به مدت شش ماه متوالی از یکم ژانویه ۲۰۰۸تا یکم ژوئن ۲۰۰۸ *با طرحواره‌های مختلف* اجرا شده است. طرحواره‌های فیزیکی به کار رفته در اجرای مدل در جدول ۳ آورده شده است. نامگذاری این پیکربندی‌ها بدین صورت است که دو حرف اول معرف طرحواره همرفت مورد استفاده و سه حرف آخر معرف طرحواره لایه مرزی است.

زمان اجرای مدل از ساعت ۱۲ هر روز تا ۴۸ ساعت بعد بوده است. برونداد مدل برای بارش‌های تجمعی ۲۴ و ۴۸ ساعته و مقادیر دیدبانی متناظر با آنها برای ۱۲۷ ایستگاه دیدبانی ایران استخراج شده است. صحت نتایج با تشکیل جدول

2 squal line

توافقی(۲×۲) برای تعیین رخداد یا عدم رخداد بارش و نیز محاسبه امتیازهای مهارتی (جدول ۲) بررسی شد. از آنجایی که نقاط ایستگاه‌ها ممکن است روی نقاط شبکه قرار نگیرند، درون یابی پارامترها توسط نرم افزار GrADS انجام شده است.

**شکل۱- پراکندگی ۱۲۷ ایستگاه دیدبانی ایران را نشان می‌دهد.**

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

## راست‌آزمایی

در راست‌آزمایی هر پیش‌بینی به شیوه‌های مختلف، ارزیابی عینی از کیفیت پیش‌بینی انجام می‌گیرد. نتایج راست‌آزمایی باید حاوی اطلاعات مفیدی باشد تا بتوان راهکارهای جدیدی برای پیش‌بینی بهتر به دست آورد. همچنین، واکاوی آماری راست‌آزمایی می‌تواند به ارزیابی نقاط قوت و ضعف پیش‌بین و یا فرایند پیش‌بینی کمک کند.

## جدول توافقی

برای انجام فرایند راست‌آزمایی به تابع احتمال مشترک پیش‌بینی ـ دیدبانی و تشکیل جدول توافقی (۲×۲) نیاز است. با فرض پیش‌بینی و دیدبانی به ترتیب با Y و O نشان داده شوند، جدول توافقی (۲×۲) به شکل جدول ۱ تشکیل داده می‌شود. در این جدول O1 تعداد دیدبانی‌های مثبت (رخداد پدیده)، O2 تعداد دیدبانی‌های منفی (عدم رخداد پدیده)، Y1 تعداد پیش‌بینی‌های مثبت (رخداد پدیده)، Y2 تعداد پیش‌بینی‌های منفی (عدم رخداد پدیده)، a بسامد رخداد پدیده و پیش بینی آن، b بسامد عدم رخداد پدیده و پیش بینی آن، c بسامد رخداد پدیده و عدم پیش بینی آن و d بسامد عدم رخداد پدیده و عدم پیش بینی آن است. راست آزمایی تنها به حالت (۲×۲) محدود نمی‌شود و می‌توان برای پدیده‌های

بیش از دو حالت جدول‌های توافقی بزرگتری (۳×۳ و ... ) تشکیل داد [۷]. برای واکاوی جدول از شاخص‌های آماری مختلفی استفاده می‌شود؛ برای نمونه در جدول ۲ چند شاخص آماری نرده‌ای وابسته به جدول توافقی (۲×۲) آورده شده است.

**جدول۱- جدول توافقی (۲×۲)**

| | $O_1$ | $O_2$ | |
|---|---|---|---|
| $Y_1$ | $a$ | $b$ | $a + b$ |
| $Y_2$ | $c$ | $d$ | $c + d$ |
| | $a + c$ | $b + d$ | $n= a + b+ c + d$ |

**جدول ۲- چند شاخص آماری نرده‌ای وابسته به جدول توافقی (۲×۲)**

| کمیت | رابطه | بازه‌ی تغییرات |
|---|---|---|
| نسبت صحیح *pc* | $(a+d)/n$ | صفر تا یک: یک برای پیش‌بینی کامل و صفر برای پیش‌بینی کاملاً نادرست |
| اریبی *B* | $(a+b)/(a+c)$ | می‌تواند کمتر و یا بیشتر از یک باشد. بهترین مقدار برای پیش‌بینی کامل یک است |
| نسبت هشدارهای نادرست *FAR* | $b/(a+b)$ | صفر تا یک: صفر برای پیش‌بینی کامل و یک برای پیش‌بینی کاملاً نادرست |
| امتیاز تهدید *TS* | $a/(a+b+c)$ | صفر تا یک: یک برای پیش‌بینی کامل و صفر برای پیش‌بینی کاملاً نادرست |
| آهنگ برخورد *H* | $a/(a+c)$ | صفر تا یک: یک برای پیش‌بینی کامل و صفر برای پیش‌بینی کاملاً نادرست |
| آهنگ هشدارهای تقلبی *F* | $b/(b+d)$ | صفر تا یک: صفر برای پیش‌بینی کامل و یک برای پیش‌بینی کاملاً نادرست |

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

## یافته‌های تحقیق

راست‌آزمایی برای بارندگی تجمعی ۲۴ و ۴۸ ساعته با در نظر گرفتن رخداد یا عدم رخداد بارش و نیز با در نظر گرفتن آستانه‌های متفاوت برای بارش انجام و با تشکیل جدول توافقی، امتیازهای آماری (جدول ۲) برای سراسر ایران محاسبه شد.

ابتدا نتایج راست‌آزمایی برای ۱۲۷ ایستگاه ایران با در نظر گرفتن آستانه بارش ≤ ۰/۱ میلی‌متر برای چندین طرحواره ارائه شده است. مقادیر a، b، c، d و n طبق تعاریف آورده شده در جدول۱، برای بارندگی ایستگاه‌های دیدبانی کشور به دست آمده و با تشکیل جدول توافقی (۲×۲)، کمیته ای نرده‌ای وابسته به این جدول، محاسبه و نتایج در جدول۴ خلاصه شده است. مقادیر نسبت صحیح (PC) در پیش‌بینی ۴۸ ساعته در حالت بارش ≤۰/۱ نشان می‌دهد که بیش از ۷۵ درصد موارد، پیش‌بینی رخداد یا عدم رخداد بارش به درستی انجام شده است و کمیت، اریبی (B) نزدیک به یک دارد؛ بدین

معنی که پیش‌بینی بارش بدرستی انجام شده و نتایج رضایت‌بخش است. از مقایسه طرحواره‌های مختلف در می‌یابیم که دو طرحواره KFMYJ و GDMYJ با مقادیر PC بزرگتر از ۰/۸ و B (اریبی) بزرگتر از ۱، نسبت به سایرین از دقت بالاتری برخوردار هستند.

در واکاوی کمیت نسبت هشدارهای نادرست (FAR) دیده می‌شود که به طور نسبی کمتر از ۴۰ درصد موارد پیش‌بینی‌ها نادرست بوده و بیش از ۶۰ درصد موارد نتایج پیش‌بینی پدیده منطبق بر نتایج دیدبانی‌هایی است که پدیده مورد نظر اتفاق افتاده است. آهنگ برخورد (H) مقادیر بیش از ۰/۸ را داراست و برای دو طرحواره مذکور مقادیر بالای ۰/۹ را به خود اختصاص داده است؛ بدین معنی که تعداد پیش‌بینی‌های مثبت درست به تعداد کل دیدبانی‌ها در ۹۰ درصد موارد صحیح است. پس نتایج مدل تحقیقاتی WRF در خصوص بارش ۴۸ ساعته برای آستانه بزرگتر یا مساوی ۰/۱ از دقت قابل قبولی برخوردار است. همچنین راست‌آزمایی برای پیش‌بینی‌های ۲۴ ساعته انجام شده و نتایج نشان می‌دهد که برای دو طرحواره فوق، مدل دارای دقت بسیار خوبی است.

سپس نتایج راست‌آزمایی برای ۱۲۷ ایستگاه ایران با در نظر گرفتن آستانه‌های بارش ارائه شده است. به عبارت دیگر، مهارت مدل برای پیش‌بینی رخداد بارش در آستانه‌های مختلف با طرحواره‌های مختلف برای تمام کشور سنجیده شده است. بدین منظور، چهار آستانه بارش تعریف شده است:

۱ـ بدون بارش ($\geq ۰/۱$)

۲ـ بارش کمتر یا مساوی ۱ میلی‌متر ($۱ \geq$ و $>۰/۱$)

۳ـ بارش کمتر یا مساوی ۱۰ و بیشتر از ۱ میلی‌متر ($۱۰ \geq$ و $>۱$)

۴ـ بارش بیشتر از ۱۰ میلی‌متر ($<۱۰$)

عملیاتی مشابه آنچه که برای راست آزمایی پدیده بارش مدل در آستانه مقادیر بزرگتر از یک دهم انجام شد، برای تمامی طرحواره های انتخابی انجام گردید که در نهایت به نتایج مشابه منتهی شد. همچنین، در بین چهار بازه تعریف شده، نتایج گویای آن است که مدل برای دو آستانه بدون بارش و بارش‌های بیشتر از ده میلی متر از دقت و صحت بالاتری برخوردار است که به عنوان نمونه نتایج طرحواره GDMYJ برای دو پیش بینی ۲۴ و ۴۸ ساعته به تفصیل آورده شده است.

جدول۵ نتایج فرایند راست‌آزمایی را با توجه به این چهار آستانه در پیش‌بینی ۲۴ ساعته نشان می‌دهد. همان گونه که در جدول دیده می‌شود، تعداد دفعاتی که پدیده رخ نداده و رخداد آن نیز پیش‌بینی نشده است، بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است. با بررسی امتیازهای مهارتی مشاهده می‌شود که مهارت مدل برای پیش‌بینی عدم بارش و نیز بارش بیش از ۱۰ میلیمتر بیشتر است و براساس نسبت صحیح (PC) به ترتیب در ۸۲ و ۹۴ درصد موارد، پیش‌بینی مدل درست بوده است. کمیت اریبی (B) یعنی مقدار انحراف میانگین پیش‌بینی از میانگین دیدبانی متناظر آنها به ترتیب ۰/۸۲ و ۰/۶۴ و نسبت هشدارهای نادرست (FAR) به ترتیب ۰/۶ و ۰/۵۵ است. این کمیت که برای پیش‌بینی کامل صفر است، نشان می‌دهد که مهارت مدل در پیش‌بینی عدم بارش بسیار بالا بوده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، مدل در پیش‌بینی بارش‌های خیلی کم ($۱ \geq$ و $>۰/۱$) موفقیت کمتری داشته است. آهنگ برخورد (H) که مقدار ۰/۳ را دارد، نشان می‌دهد که تنها در ۳۰ درصد کل دیدبانی‌ها، رخداد پدیده درست پیش‌بینی شده است.

جدول ۶، نتایج فرایند راست‌آزمایی را با توجه به چهار آستانه برای پیش‌بینی ۴۸ ساعته نشان می‌دهد. همان‌گونه که در جدول دیده می‌شود، بسامدی که پدیده اتفاق نیفتاده و رخداد آن نیز پیش‌بینی نشده است، بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است. در این حالت نیز مهارت مدل در پیش‌بینی عدم بارش و بارش بیش از ۱۰ میلیمتر بیشتر است. مشاهده می‌شود که مدل در پیش‌بینی بارش‌های بین یک تا ۱۰ میلیمتر از دقت پایین‌تری برخوردار است و در ۷۲ درصد موارد، درست پیش‌بینی کرده است. اگر چه نسبت صحیح مربوط به بارش‌های کمتر از یک میلیمتر در این مورد بیشتر است، اما با مقایسه دیگر امتیازها می‌توان نتیجه گرفت که در این مورد نیز مانند پیش‌بینی ۲۴ ساعته، مدل در پیش‌بینی بارش‌های کمتر از یک میلیمتر ضعیف‌تر عمل کرده است.

## نتیجه‌گیری

در مقاله حاضر نتایج حاصل از راست‌آزمایی برونداد مدلWRF برای پیش‌بینی بارش تجمعی ۲۴ و ۴۸ ساعته مربوط به ۱۲۷ ایستگاه ایران با استفاده از چندین طرحواره ارائه شده است. راست‌آزمایی با در نظر گرفتن تنها رخداد یا عدم رخداد بارش و نیز با در نظر گرفتن آستانه‌های متفاوت برای بارش انجام و با تشکیل جدول توافقی چند امتیاز آماری محاسبه شده است.

بررسی ها نشان داد که در وضعیت رخداد یا عدم رخداد برای دو طرحواره KFMYJ و GDMYJ نتایج مدل تحقیقاتی WRF در خصوص بارش ۲۴ و ۴۸ ساعته برای آستانه بزرگتر یا مساوی ۰/۱ از دقت قابل قبولی برخوردار است. همچنین، نتایج حاصل از راست‌آزمایی پیش‌بینی ۲۴ ساعته مدل در این دو طرحواره دارای دقت بسیار خوبی است. برای وضعیت چهار آستانه‌ای و برای دو پیکربندی مذکور، مهارت مدل در پیش‌بینی عدم بارش و بارش‌های بیش از ۱۰ میلی‌متر در هر دو پیش‌بینی ۲۴ و ۴۸ ساعته زیاد بوده است، اما در پیش‌بینی بارش‌های کم، دقت و صحت مدل کمتر است.

نسبت صحیح (PC) در حالت بارش > ۰/۱ برای کلیه پیکربندی‌ها بجز پیکربندیNOMYJ بیش از ۸۰ درصد و در مورد پیکربندی NOMYJ در ۷۵ درصد موارد، پیش بینی رخداد یا عدم رخداد بارش بدرستی انجام شده است.کمیت اریبی (B) در سه پیکربندی که در آن از طرحواره لایه مرزی Mellor-Yamada-Janjic استفاده شده، مقدار عددی بیش از یک را داراست که نشان می‌دهد تعداد روزهایی که پیش بینی بارندگی شده بیشتر از مقدار واقعی بوده است، ولی در مورد سه پیکربندی که در آن از طرحواره لایه مرزی MRF scheme استفاده شده است، این کمیت مقداری کمتر از یک را داراست که نشان می‌دهد در این طرحواره تعداد روزهایی که پیش بینی بارندگی شده، کمتر از مقدار واقعی بوده است. در واکاوی کمیت نسبت هشدارهای نادرست (FAR) دیده می‌شود که به طور نسبی در کلیه پیکربندی‌ها در کمتر از ۲۵ درصد موارد، پیش بینی‌ها نادرست بوده و در بیش از ۷۵ درصد موارد، نتایج پیش بینی رخداد پدیده منطبق بر نتایج دیدبانی‌هایی است که پدیده مورد نظر اتفاق افتاده است.

**جدول۳- گزینه‌های انتخاب شده برای فیزیک مدل**

| WRF Model configuration | Cumulus | Planetary Boundray layer | Microphysic | Long wave radiation | Short wave radiation | Surface layer | Land surface |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| KFMRF | Kain-Fritsch (new Eta) | MRF | Kessler | RRTM | Dudhia | Monin_Obukhov | NOAH |
| GDMRF | Grell_Devenyi esemble | MRF | Kessler | RRTM | Dudhia | Monin_Obukhov | NOAH |
| BMMRF | Betts_Miller Janjic | MRF | Kessler | RRTM | Dudhia | Monin_Obukhov | NOAH |
| NOMRF | None | MRF | Kessler | RRTM | Dudhia | Monin_Obukhov | NOAH |
| GDYSU | Grell-Devenyi ensemble | YSU scheme | Ferrier | RRTM | Goddard | M-O-Janic | NOAH |
| KFYSU | Kain_Fretsch | YSU scheme | Lin | RRTM | Dudhia | Monin_Obukhov | NOAH |
| KFMYJ | Kain_Fretsch | Mellor-Yamada-Janjic | Lin | RRTM | Goddard | M-O-Janic | NOAH |
| NOMYJ | None | Mellor-Yamada-Janjic | Ferrier | RRTM | Goddard | M-O-Janic | NOAH |
| GDMYJ | Grell-Devenyi ensemble | Mellor-Yamada-Janjic | WSM3 | RRTM | Dudhia | Eta similarity | 5 layer thermal diffusion |

**جدول ٤- مقادیر تعریف شده در جدول ۱ و نتایج راست‌آزمایی پیش‌بینی‌های ٢٤ و ٤٨ ساعته برای بارش‌های ≤ ۰/۱**

| | a | b | c | d | PC | B | FAR | TS | H | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۲۴ ساعته | ۶۱۴۸ | ۳۰۲۱ | ۶۶۹ | ۱۰۱۹۸ | ۰/۸۲ | ۱/۳۴ | ۰/۳ | ۰/۶ | ۰/۹ | ۰/۲ |
| ۴۸ ساعته | ۸۹۶۳ | ۲۶۷۱ | ۸۶۱ | ۵۲۳۹ | ۰/۸۰ | ۱/۱۸ | ۰/۲ | ۰/۷ | ۰/۹ | ۰/۳ |

**جدول ٥- مقادیر تعریف شده در جدول ۲ و نتایج راست‌آزمایی پیش‌بینی ٢٤ ساعته**

| | PC | B | FAR | TS | H | F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰/۱ ≥ | ۰/۸۲ | ۰/۸۲ | ۰/۰۶ | ۰/۷۳ | ۰/۸ | ۰/۱ |
| ۱ ≥ و >۰/۱ | ۰/۷۹ | ۱/۳۶ | ۰/۷۷ | ۰/۱۵ | ۰/۳ | ۰/۱ |
| ۱۰ ≥ و >۱ | ۰/۸۲ | ۱/۲۴ | ۰/۵۲ | ۰/۳۷ | ۰/۶ | ۰/۱ |
| ۱۰< | ۰/۹۴ | ۰/۶۴ | ۰/۵۵ | ۰/۳۸ | ۰/۷ | ۰/۰۴ |

**جدول ٦- مقادیر تعریف شده در جدول ۲ و نتایج راست آزمایی پیش‌بینی‌های ٤٨ ساعته**

| | PC | B | FAR | TS | H | F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰/۱ ≥ | ۰/۸۰ | ۰/۷۷ | ۰/۱۴ | ۰/۵۹ | ۰/۷ | ۰/۰۸ |
| ۱ ≥ و >۰/۱ | ۰/۷۶ | ۱/۰۵ | ۰/۷۴ | ۰/۱۵ | ۰/۳ | ۰/۱ |
| ۱۰ ≥ و >۱ | ۰/۷۲ | ۱/۱۱ | ۰/۴۸ | ۰/۳۷ | ۰/۶ | ۰/۲ |
| ۱۰< | ۰/۸۸ | ۱/۵۴ | ۰/۵۲ | ۰/۴۱ | ۰/۷ | ۰/۱ |

## منابع


[1] Michalakes, J., S. Chen, J. Dudhia, L. Hart, J. Klemp, J. Middlecoff, and W. Skamarock, "Development of a Next Generation Regional Weather Research and Forecast Model.", Developments in Teracomputing: Proceedings of the Ninth ECMWF Workshop on the Use of High Performance Computing in Meteorology. Eds. Walter Zwieflhofer and Norbert Kreitz. World Scientific, Singapore., pp 269-276, 2001.

[2] Skamarock, W. C., J. B. Klemp, and J. Dudhia, "Prototypes for the WRF (Weather Research and Forecasting) Model." Preprints, Ninth Conf. on Mesoscale Processes, Fort Lauderdale, FL, Amer. Meteor. Soc., J11-J15, 2001.

[3] Souleymane F., D. Niyogi, U. C. Mohanty, "Application of weather prediction models for hazard mitigation planning: a case study of heavy off-season rains in Senegal", Springer Science+Business Media B.V. 2002.

[4] Shing Y., "Verification of WRF Forecast over Northeastern United States", Department of Geology & Meteorology, Kean University, Union 07083, 2005.

[5] Sukhumvit Rd., "Microphysics Schemes Simulation of Heavy Rain falls in the Low Pressure Trough passed the North of Thailand", Thai Meteorological Department, 2006.

[6] Muller, R.H., "Verification of short-range weather forecasts (a survey of the literature)". Bull.Am.Motoroi.SOC.,25,18-27,47-53,88-95

[7] Stansky, I.R. Wilson, l. j. and Burrows, W.R. (1989). Survey of common verification methods in Meteorology World Weather Watch Technical Report No.8.World Meteorological Organization, Geneva.

[8] Kamol Promasakha na Sakolnakhon, Microphysics Schemes Simulation of Heavy Rainfalls in low Pressure Trough passed the North of Thailand. 4353 Numerical Weather Prediction (NWP), Thai Meteorological Department, Sukhumvit Rd., Bangna, Bangkok, Thailand, 10260.

[9]W. A. Gallus, Jr. and M. Pfeifer. Intercomparison of simulations using 5WRF microphysical scheme with dual-Polarization data for a German squall line. Adv. Geosci., 16, 109–116,2008.

[۱۰] آزادی، مجید، تقی زاده، احسان، معماریان، محمد حسین، (اردیبهشت۱۳۸۹). «مقایسه پیش بینی بارش دو مدل منطقه ای بر روی ایران WRF و MM5 »، چهاردهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران: تهران، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

[۱۱] آزادی، مجید، کلاته سیفری، زهرا، جعفری، سمیه.(اردیبهشت ۱۳۸۸). ارزیابی عملکرد مدلWRFدر ایران برای پیش بینی بارش با استفاده از طرحواره‌های فیزیکی مختلف: مطالعه موردی، دوازدهمین کنفرانس دینامیک شاره‌ها، تهران: انجمن فیزیک ایران،دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل.

[۱۲] آزادی، مجید، قاضی میرسعید، سیده مژگان، جعفری، سمیه. (اردیبهشت ۱۳۸۸). ارزیابی عملکرد مدل WRF برای پیش بینی بارش بر روی ایران به مدت یکماه، دوازدهمین کنفرانس دینامیک شاره‌ها، تهران – انجمن فیزیک ایران: دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل.