

## ارزش اقتصادی پیش بینی وضع هوا جهت انجام فعالیت‌های دریایی شمال کشور

جواد گیلانی پور<sup>۱\*</sup>، بهرام قلی زاده<sup>۲</sup>

### چکیده

امروزه پیش بینی صحیح وضع هوا یکی از مهمترین مسایل در زندگی بشری می‌باشد. از دیدگاه اقتصادی، کاربران و سرمایه گذاران خصوصا دریانوردانی که در فعالیت‌های دریانوردی حضور دارند، همواره انتظار دارند نسبت به درستی پیش بینی‌هایی که دریافت کرده اند، توجیه شوند. یا به بیان دیگر بتوانند عملکرد سامانه‌های متفاوت پیش بینی را با هم مقایسه کنند. در این تحقیق به ارزیابی مدل‌های هواشناسی در پیش بینی بارش شمال کشور و ارزیابی اقتصادی آن پرداخته شده است. خروجی‌های مدل استفاده شده برای دوره‌ای زمانی ۲۴،۴۸ و ۷۲ ساعته بوده و داده‌های مشاهداتی بارش کمی نیز از اندازه‌گیری‌های ایستگاه‌های باران سنجی و همدیدی در داخل استان گلستان بدست آمد. نتایج نشان داد که پیش بینی مدل در دوره مورد مطالعه حدود ۸۰ درصد موارد برای وقوع یا نبود بارش صحیح بوده است. همچنین در پیش بینی ۲۴ ساعته بیشینه مقدار ارزش اقتصادی برای نسبت هزینه - ضرر ۰/۷۳ است، یعنی در صورت استفاده از پیش بینی این کاربر می‌تواند بیش از ۷۳ درصد در هزینه خود صرفه جویی کند. واژگان کلیدی: راستی آزمایی پیش‌بینی بارش، جدول توافقی، ارزش اقتصادی پیش‌بینی، گلستان

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۱۰/۰۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۰۲/۱۵

۱- استادیار اقتصاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور، (نویسنده مسئول: Gilanipour@yahoo.com)

۲- کارشناس هواشناسی مرکز تحقیقات هواشناسی کاربردی استان مازندران

## مقدمه

پیش‌بینی صحیح وضع هوا در تمام بخش‌های زندگی عادی و روزمره اجتناب ناپذیر است. همچنین استفاده از مدل‌های منطقه‌ای پیش‌بینی عددی وضع هوا برای صدور پیش‌بینی دقیق وضع هوا دارای رشد فزاینده ای است به طوری که هر ساله این مدل‌ها در جهان بهبود یافته و متنوع‌تر می‌شوند (ماسون<sup>۱</sup>، ۱۹۸۲: ۲۹۴). پیش‌بینی‌های هواشناسی را به دو گروه می‌توان تقسیم کرد. پیش‌بینی‌های "قطعی" یا "غیراحتمالی" که فاقد بیان عدم قطعیت هستند و پیش‌بینی‌های "احتمالی" که وضعیت و مقدار هر یک از کمیت‌های هوا شناختی را در آینده به صورت احتمال بیان می‌کنند (مالمبر<sup>۲</sup>، ۲۰۰۸: ۳). مدل‌های پیش‌بینی عددی وضع هوا که بر پایه پایستاری جرم، تکانه و انرژی استوارند، با بکارگیری معادلات دینامیکی جو و نیز استفاده از ساده‌سازی‌های مناسب، برای پیش‌بینی وضع هوا یا شبیه‌سازی پدیده‌های جوی بکار می‌روند (پیرس<sup>۳</sup>، ۱۹۸۴: ۴۵۴). این مدل‌ها از نظر حوضه مورد مطالعه، فرایندهای فیزیکی، شرایط مرزی و اولیه و نیز انتخاب روش‌های عددی با هم تفاوت دارند (مک برید<sup>۴</sup>، ۲۰۰۰: ۱۱۰). برخی از مدل‌های پیش‌بینی عددی برای تهیه پیش‌بینی میان مدت و نیز شبیه‌سازی اقلیمی بکار برده می‌شوند و برخی نیز برای تهیه پیش‌بینی کوتاه مدت و شبیه‌سازی فرایندهای کوچک مقیاس مورد استفاده قرار می‌گیرند (تقوی و نیستانی، ۱۳۹۱: ۶۲). استفاده کاربر جهت برنامه ریزی‌های اقتصادی می‌تواند نقش مهمی در سود یا زیان‌های تجاری با دریافت اطلاعات پیش‌بینی‌های هواشناسی داشته باشد (پالمر، ۲۰۰۲: ۷۵۰).

در مدل عددی کوتاه مدت میدان‌های باد افقی، دما، فشار و رطوبت در هر چهار مرز مشخص می‌شوند و در صورت در دسترس بودن اطلاعات می‌توانند میدان‌های میکرو فیزیکی تعریف شده‌ای را نیز داشته باشند (مسینگر و اراکاوا<sup>۵</sup>، ۱۹۷۶: ۱۱۴). در این تحقیق به ارزیابی مدل‌های هواشناسی در پیش‌بینی بارش شمال کشور و ارزیابی اقتصادی پیش‌بینی‌های صادره پرداخته می‌شود. مقایسه خروجی داده‌های بارش با داده‌های واقعی ایستگاه‌های هواشناسی در تاریخ‌های مورد نظر گویای صحت پیش‌بینی خروجی مدل‌های هواشناسی بوده است، بنابراین می‌توان از این نقشه‌ها به عنوان یک مرجع قابل اعتماد برای پیش‌بینی بارش‌های شدید در شمال کشور و صدور اطلاعیه‌ها و اختاربه‌های لازم استفاده نمود (مرفی<sup>۶</sup>، ۱۹۹۶: ۱۰). از دیدگاه اقتصادی، کاربران و سرمایه‌گذاران همواره انتظار دارند نسبت به درستی پیش‌بینی‌هایی که دریافت کرده‌اند، توجیه شوند. یا به بیان دیگر بتوانند عملکرد سامانه‌های متفاوت پیش‌بینی را با هم مقایسه کنند. برای نمونه اگر در کشوری کاربران در ازای دریافت خدمات پیش‌بینی وضع هوا، مبلغی را می‌پردازند، ضروری است که با اجرای فرایند راست آزمایی، از درصد درستی آنچه دریافت کرده‌اند، مطمئن شوند (سویتس<sup>۷</sup>، ۱۹۸۶: ۱۰۵). یک کاربر پیش‌بینی برای اتخاذ تصمیم تعدادی انتخاب در پیش‌رو دارد و انتخاب او تا حدی تحت تاثیر پیش‌بینی است. هر اقدامی هزینه‌ای به همراه دارد که بسته به این که رویداد رخ دهد یا خیر منجر به سود یا ضرر اقتصادی می‌شود. وظیفه تصمیم‌گیرنده انتخاب اقدامی مناسب است تا ضرر مورد انتظار در بلند مدت کمینه شود (یا سود مورد انتظار بیشینه شود). کاربری را در نظر بگیرید که نسبت به یک واقعه خاص هوا، برای مثال وقوع بارش، حساس باشد. فرض کنید خسارتی که به این کاربر وارد می‌شود، در صورتی که واقعی اتفاق بیافتد و او اقدام حفاظتی در برابر آن انجام نداده باشد L و در صورتی که اقدام حفاظتی را انجام دهد باید هزینه C (اضافه بر هزینه معمول) را برای این اقدام بپردازد (ویلکس<sup>۸</sup>، ۲۰۰۲: ۲۷۲). کارشناسان متعددی در

- 1- Mason
- 2- Malmber
- 3- Peirce
- 4- MacBride
- 5- Mesinger & Arakawa
- 6- Murphy
- 7- Swets
- 8- Wilks

زمینه ارزشگذاری اقتصادی پیش بینی های هواشناسی در تصمیم گیری جهت برآورد سود و زیان انجام دادند. جدول توافقی ۲\*۲ جهت برآورد سود و زیان بیانگر مزایای بالای اقتصادی با دریافت پیش بینی های هواشناسی می باشد (مرادی و اختر کاوان، ۱۳۸۸: ۱۱۶).

دزفولی و آزادی به ارزیابی اقتصادی مدل منطقه ای پیش بینی بارش و دما در روی ایران پرداختند نتایج نشان داد که ارزش پیش بینی های ۲۴ و ۴۸ ساعته حدوداً ۷۰ درصد و بیش از ارزش اقتصادی پیش بینی ۷۲ ساعته می باشد (دزفولی و آزادی، ۱۳۸۹: ۱۲۴). آزادی و همکاران در مطالعه ای نشان دادند که در صورت استفاده کاربر از پیش بینی هواشناسی حدود ۶۰ درصد در هزینه های خود صرفه جویی می کند (آزادی و تقی زاده، ۱۳۹۱: ۱۵۰).

### ساختار مدل WRF

سامانه مدل سازی پیشرفته WRF (ARW)<sup>۱</sup> در طی چند سال گذشته در حال توسعه بوده است. نسخه ای که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است، آخرین نسخه این مدل (نسخه سوم) در هنگام انجام این تحقیق می باشد که در آوریل سال ۲۰۰۸ ارائه شده است (مالمبر<sup>۲</sup>، ۲۰۰۸: ۴). مدل (WRF) یا (ARW) یک مدل انعطاف پذیر می باشد که می تواند در جاهای مختلف و با حالت های پردازش موازی به اجرا درآید. می توان از مدل ARW برای اهداف مختلفی استفاده نمود، چرا که گستره بزرگی از مقیاس ها از چندین متر تا هزاران کیلومتر را می توان با این مدل شبیه سازی نمود (وندیشین و بوکس<sup>۳</sup>، ۲۰۰۲: ۴۵۷).

### راست آزمایی مدل

طیف گسترده ای از شیوه های راست آزمایی پیش بینی وجود دارد. اما همه آنها شامل محاسبات ارتباط بین امر پیش بینی و انطباق داده های دیدبانی با پیش بینی است. بر پایه یک نظریه اساسی راست آزمایی پیش بینی، شامل بررسی مشخصات مشترک داده های دیده بانی و پیش بینی است (آکوف<sup>۴</sup>، ۱۹۶۲: ۳۲۰).

جدول (۱) روش های راست آزمایی انواع پیش بینی (آزادی و تقی زاده ۱۳۹۱)

ردیف	نوع پیش بینی	روش راست آزمایی
۱	یقینی	دیداری، دو حالتی، چند دسته ای، پیوسته
۲	احتمالی	دیداری، احتمالی، همادی
۳	کیفی	دیداری، دو حالتی، چند دسته ای
۴	سری زمانی	دیداری، دو حالتی، چند دسته ای، پیوسته
۵	توزیع فضایی	دیداری، دو حالتی، چند دسته ای، پیوسته، احتمالی، فضایی
۶	فضا و زمان	دو حالتی، چند دسته ای، پیوسته، احتمالی، همادی
۷	دو حالتی	دیداری، دو حالتی، احتمالی، فضایی، همادی
۸	چند دسته ای	دیداری، چند دسته ای، احتمالی، فضایی
۹	پیوسته	دیداری، پیوسته، احتمالی، فضایی، همادی

1- Advanced Research WRF

2- Malmber

3- Wandishin & Brooks

4- Ackoff

## روش‌های راست آزمایی پیش بینی دو حالتی (جدول توافقی ۲×۲)

برای اجرای فرایند راستی آزمایی به تابع احتمال مشترک پیش بینی- دیده بانی نیاز داریم. ساده ترین راه برای راست آزمایی پیش بینی ها تشکیل جدول توافقی (۲\*۲) است. با فرض اینکه پیش بینی و دیده بانی به ترتیب با  $Y$  و  $O$  نشان داده شوند، جدول ۲ را به شکل زیر تشکیل می دهیم.

جدول (۲) جدول توافقی (۲\*۲) ویلکس<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶

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

که متغیرهای آن به ترتیب عبارتند از:

$O_1$ : دیده بانی‌های مثبت (وقوع پدیده)

$O_2$ : دیده بانی‌های منفی (نبود پدیده)

$Y_1$ : پیش بینی‌های مثبت (وقوع پدیده)

$Y_2$ : پیش بینی‌های منفی (نبود پدیده)

$a$ : تعداد دفعاتی که پدیده رخ داده است و وقوع آن پیش بینی شده باشد

$b$ : تعداد دفعاتی که پدیده اتفاق نیافتاده ولی وقوع آن پیش بینی شده باشد

$c$ : تعداد دفعاتی که پدیده اتفاق افتاده ولی وقوع آن پیش بینی نشده باشد

$d$ : تعداد دفعاتی که پدیده اتفاق نیافتاده و وقوع آن پیش بینی نشده باشد (استنکی و همکاران<sup>۲</sup>، ۱۹۸۹: ۷۵).

## کمیت‌های نرده‌ای وابسته به جدول توافقی ۲×۲

الف) نسبت صحیح: یکی از مشهورترین کمیت‌های نرده‌ای وابسته به جدول توافقی ۲\*۲ برای سنجش دقت پیش بینی ها نسبت صحیح است.

این کمیت برابر نسبت مجموع پیش بینی های صحیح به تعداد کل پیش بینی ها است و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$PC = \frac{a+d}{n}$$

مقدار این کمیت برای پیش بینی کامل یک و برای پیش بینی کاملاً نادرست صفر است.

ب) اریبی: کمیت اریبی مقدار انحراف میانگین پیش بینی از میانگین دیدبانی متناظر آن است. این کمیت هیچ آگاهی از این تناظرها به صورت جداگانه نمی‌دهد، بلکه میانگین‌ها را باهم مقایسه میکند. طبق تعریف مقدار این کمیت از رابطه زیر بدست می آید.

1- Wilks

2- Stansky et al

$$B = \frac{a+b}{a+c}$$

بهترین مقدار این کمیت برای پیش بینی کامل یک است و ممکن است کمتر و یا بیشتر از یک باشد. این کمیت، کیفیت پیش بینی را بیان نمی کند، به همین دلیل ممکن است یک پیش بینی بسیار بد باشد اما از نظر اریبی بسیار خوب نشان دهد.

ج) نسبت هشدارهای نادرست: این کمیت بنا به تعریف، نسبت تعداد پیش بینی های نادرست به تعداد کل پیش بینی های مثبت است، یعنی نسبت پیش بینی هایی را که نادرست بوده اند اندازه میگیرد. بنابراین هر چه مقدار آن کوچکتر باشد بهتر است. مقدار این کمیت برای پیش بینی کامل صفر و برای پیش بینی کاملا نادرست یک می شود:

$$F = \frac{b}{a+b}$$

د) کمیت TS: این کمیت مشابه نسبت صحیح است، با این تفاوت که بویژه برای موقعی که فراوانی پدیده مورد نظر کوچک باشد (پدیده نادر) بسیار مناسب است. مطابق تعریف مقدار آن برابر است با نسبت تعداد پیش بینی های صحیح مثبت به مجموع تعداد پیش بینی های صحیح مثبت، تعداد پیش بینی های نادرست منفی و تعداد پیش بینی های نادرست مثبت. عبارت دیگر  $d$  که پیش بینی های منفی درست است در مخرج حذف شده است، بدین معنا که هرچه پیش بینی منفی درست زیاد باشد (پدیده نادر) تاثیری در مقدار کمیت ندارد.

$$TS = \frac{a}{a+b+c}$$

مقدار آن نیز مشابه نسبت صحیح همواره بین صفر برای پیش بینی نادرست و یک برای پیش بینی کامل است. ه) آهنگ برخورد: بنا به تعریف نسبت تعداد پیش بینی های مثبت درست به تعداد کل دیده بانی هایی است که پدیده مورد نظر اتفاق افتاده است. مقدار آن نیز صفر برای پیش بینی نادرست و یک برای پیش بینی کامل است.

$$H = \frac{a}{a+c}$$

ی) آهنگ هشدارهای تقلبی: بنا به تعریف نسبت تعداد کل پیش بینی های نادرست مثبت (پیش بینی محقق نشده) به تعداد کل دیده بانی هاست که پدیده مورد نظر اتفاق نیفتاده است (مسینگر<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸:۱۴۰) و (ویلیکس ۲۰۰۶:۲۷۲)

$$F = \frac{b}{b+d}$$

### ارزش اقتصادی پیش بینی وضع هوا

در مدل های تحلیلی تصمیم گیری مورد بحث قرار می گیرد. یک تصمیم گیرنده (کاربر پیش بینی) برای اتخاذ تصمیم تعدادی انتخاب در پیش رو دارد و انتخاب او تا حدی تحت تاثیر پیش بینی است. کاربری را در نظر بگیرید که، نسبت به یک واقعه خاص وضع هوا،  $A$ ، حساس باشد. فرض کنید خسارتی که به این کاربر وارد می شود، در صورتی که واقعه اتفاق بیافتد و او اقدام حفاظتی در برابر آن به انجام نرسانده باشد  $L$  و در صورتی که اقدام حفاظتی را عملی کند باید هزینه  $C$  برای این اقدام پردازد تا از خسارت  $L$  جلوگیری شود (مرادی و اختر کوان، ۱۳۸۸:۱۱۶). ارزش پیش بینی در واقع مبلغی است که کاربر در صورت استفاده از پیش بینی صرفه جویی خواهد کرد. بنابراین پیش بینی در صورتی دارای ارزش اقتصادی است که بتواند هزینه کاربر را با استفاده از پیش بینی  $(E)_{forecast}$  نسبت به

هزینه کاربر در صورتی که فقط به پیش‌بینی اقلیمی دسترسی داشته باشد  $E_{climate}$  کمتر کند. ارزش نسبی پیش-بینی با رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$R.V = \frac{E_{climate} - E_{forecast}}{E_{climate} - E_{perfect}}$$

که در آن

$$(E_{climate}) = \min(C, sL)$$

$S$  فراوانی نسبی اقلیمی واقعه یا کسری از روزهاست که واقعه اتفاق می‌افتد. در پیش‌بینی دو حالتی با تشکیل جدول توافقی می‌توان ارزش پیش‌بینی را به شکل زیر محاسبه کرد:

$$(E_{forecast}) = \frac{a}{n}c + \frac{b}{n}c + \frac{c}{n}l$$

که در آن  $n$  تعداد کل جفت دیدبانی / پیش‌بینی است. برای برآورد کردن  $E_{climate}$  فرض می‌شود که نرخ اقلیمی واقعه با نرخ وقوع واقعه در نمونه برابر است با ارزش نسبی به این صورت نوشته خواهد شد:

$$(RV) = \frac{\min(a, s) - F(l - s)\alpha + Hs(l - \alpha) - s}{\min(\alpha, s) - s\alpha}$$

که در آن

$$\alpha = \frac{C}{L}, H = \frac{a}{a+c}, F = \frac{b}{b+d}$$

### روش تحقیق

ارزیابی یا آزمون مدل بخش اساسی فرایند تحقیق کاربردی است. در یک روش بنیادی هر مدل یک ابزار پیش‌بینی است و در نتیجه آزمون مدل به طور کلی شامل آزمون توانایی آن برای پیش‌بینی است. بنابراین راست‌آزمایی پیش‌بینی‌ها به درستی به عنوان نقش مهمی در زمینه هواشناسی فرض می‌شود (تمپر و رچ، ۱۹۹۱: ۶۷۰).

فرایند ارزیابی شامل چندین مرحله مجزا و مرتب است که در هر یک از این مرحله‌ها عناصری از این فرایند تعریف می‌شوند. توجه به این هدف منجر به تعریف دو شکل مجزا از ارزیابی می‌شود: ارزیابی عملیاتی که با مقدار پیش‌بینی‌ها برای کاربر سروکار دارد و ارزیابی تجربی یا راست‌آزمایی که با کمال پیش‌بینی‌ها یعنی هم‌خوانی بین پیش‌بینی‌ها و مشاهدات سروکار دارد.

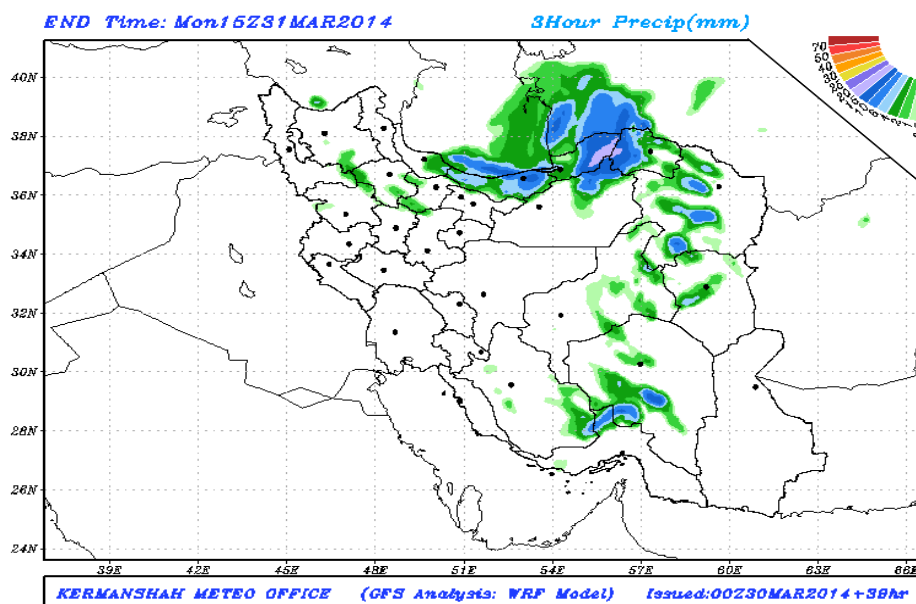
در این مطالعه حوزه شبیه‌سازی مدل منطقه ای شامل ایران می‌باشد، خروجی‌های مدل استفاده شده از ساعت ۰۰ گرینویچ تا ۰۰ گرینویچ برای دوره ای زمانی ۲۴،۴۸ و ۷۲ ساعته در یک دوره زمانی چند ماهه بهار و تابستان در سال ۲۰۱۴ بوده (شکل ۱) و دلیل انتخاب این دوره زمانی، تغییر پذیری آب و هوایی در این فصل‌ها و اهمیت آن برای کشاورزی و خطر بروز سیل در منطقه می‌باشد (هرستیر<sup>۲</sup>، ۲۰۰۵: ۴۲).

داده‌های مشاهداتی بارش کمی نیز از اندازه‌گیری‌های ایستگاه‌های باران سنجی و همدیدی در داخل استان گلستان بدست آمد. شکل ۱ پراکندگی ایستگاه‌های در دسترس را نشان می‌دهد. در بیشتر ایستگاه‌ها دیده‌بانی‌های

1-Temper & Roch

2- Horsteyer

بارندگی به صورت تجمعی شش ساعته در ساعت ۰۶، ۱۲ و ۱۸ UTC بودند. اما آنچه در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت بارندگی تجمعی ۲۴ ساعته بود، پیش بینی های بارش تجمعی ۲۴ ساعته برای سه برد پیش بینی ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعته مورد استفاده قرار گرفتند.



شکل (۱) نقشه خروجی بارندگی توسط مدل WRF (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۲)

### یافته‌ها

در این بررسی ابتدا خروجی‌های مدل برای فصل‌های زمستان ۱۳۹۲ و بهار و تابستان و پاییز ۹۳ تهیه و سپس بارندگی‌های تجمعی ۲۴ ساعته در پیش بینی‌های تا ۷۲ ساعته برای همه ایستگاه‌های هواشناسی همدیدی با مقادیر متناظر دیده بانی مقایسه شد. نتایج در ۳ گروه تقسیم بندی شد:

### نتایج راستی آزمایی پیش بینی وقوع یا نبود بارش

در این بخش، فرایند راستی آزمایی برای تمام استان گلستان بدون در نظر گرفتن آستانه ای برای بارش و یا منطقه بندی صورت می گیرد و سپس با تشکیل جدول توافقی  $2 \times 2$ ، بعضی کمیتهای نرده ای وابسته به این جدول محاسبه و نتایج در جدول (۳) خلاصه شده است.

جدول (۳) نتایج راستی آزمایی پیش بینی در حالت  $(2 \times 2)$

	a	b	c	d	pc	B	FAR	TS	H	F
۲۴ ساعت	۲۱۰	۴۰	۴۴	۳۸۵	۰/۷۱	۰/۶۳	۰/۱۷	۰/۸۶	۰/۸۳	۰/۰۹
۴۸ ساعت	۲۱۰	۴۰	۴۰	۳۵۵	۰/۵۶	۰/۵۰	۰/۱۷	۰/۶۷	۰/۷۲	۰/۱۱
۷۲ ساعت	۱۱۰	۲۲	۵۴	۳۹۰	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۳۳	۰/۴۳	۰/۷۸	۰/۰۸

همانگونه که در جدول بالا دیده می شود، در ردیف مربوط به پیش بینی ۷۲ ساعته مقدار عددی a یا دیده بانی های مثبت که درست پیش بینی شده اند از دو ردیف پیش بینی های ۴۸ و ۲۴ ساعته کمتر است. بررسی سایر کمیتهای جدول به شرح زیر می باشد:

PC: همانطور که در جدول ۳ مشاهده می شود مقدار کمیت عددی نسبت صحیح برای پیش بینی ۲۴ ساعته ۷۱ درصد، ۴۸ ساعته ۵۶ درصد و ۷۲ ساعته ۲۹ درصد می باشد، به عبارتی در مورد پیش بینی های ۲۴ ساعته ۷۱ درصد موارد پیش بینی وقوع یا نبود بارش مدل درست بوده است. به همین ترتیب برای پیش بینی های ۴۸ ساعته ۵۶ درصد و برای ۷۲ ساعته ۲۹ درصد پیش بینی های مدل صحیح می باشد.

B: کمیت آریبی مقدار عددی  $۰/۶۳$ ،  $۰/۰$ ،  $۰/۲۵$  برای پیش بینی ۲۴، ۴۸، ۷۲ ساعته دارد این مطلب نشان می دهد که تعداد مواردی که پیش بینی وقوع بارش با مدل صورت گرفته است به طور میانگین کمتر از تعداد مواردی است که بارندگی اتفاق افتاده است به عبارت دیگر مدل در پیش بینی رخداد بارش برآورد کمتری دارد.

FAR: این کمیت با نسبت هشدارهای نادرست نشان می دهد که که نزدیک به ۱۷ درصد برای پیش بینی های ۲۴ و ۴۸ ساعته و ۳۳ درصد برای پیش بینی های ۷۲ ساعته پیش بینی ها نادرست می باشد.

TS: این کمیت که مشابه نسبت صحیح است، نشان می دهد در پیش بینی های ۲۴ ساعته به طور میانگین در ۸۶ درصد از مواردی که پیش بینی یا دیده بانی یا هر دو، مثبت بوده اند پیش بینی درست بوده است زیرا در مخرج کسر پیش بینی های منفی درست حذف شده است به گونه ای که هرچه پیش بینی منفی درست زیاد هم باشد (پدیده نادر) تاثیری در مقدار کمیت ندارد. در مورد پیش بینی های ۴۸ و ۷۲ ساعته این مقدار ۶۷ و ۴۳ درصد می باشد.

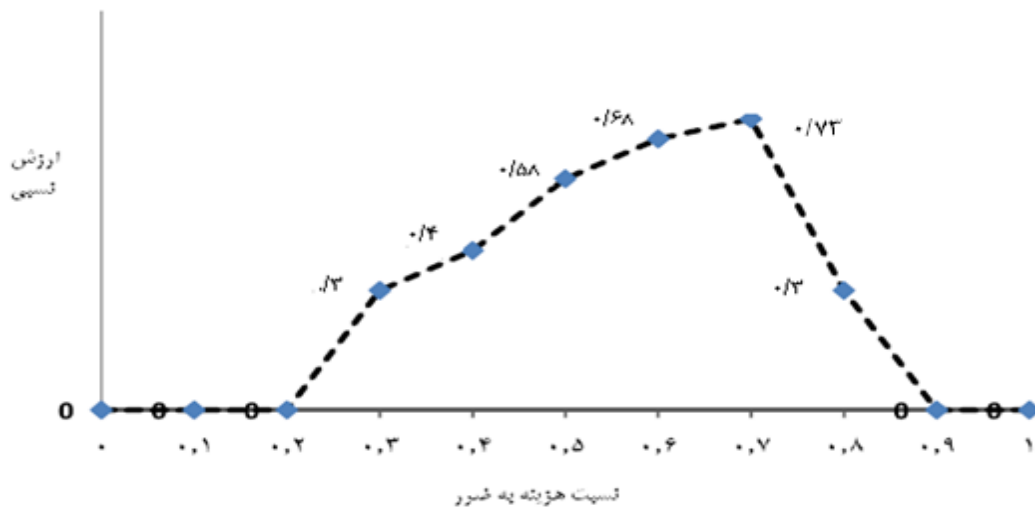
H: بررسی این کمیت یا آهنگ برخورد نشان می دهد که در پیش بینی های ۲۴ ساعته، ۸۳ درصد مواردی که در آن وقوع بارش مثبت بوده است،  $(a+C)$  درست پیش بینی شده اند.

F: این کمیت نشان می دهد که در پیش بینی های صادره، نسبت تعداد پیش بینی های محقق نشده به تعداد کل دیده بانی ها حدوداً یک درصد بوده است.

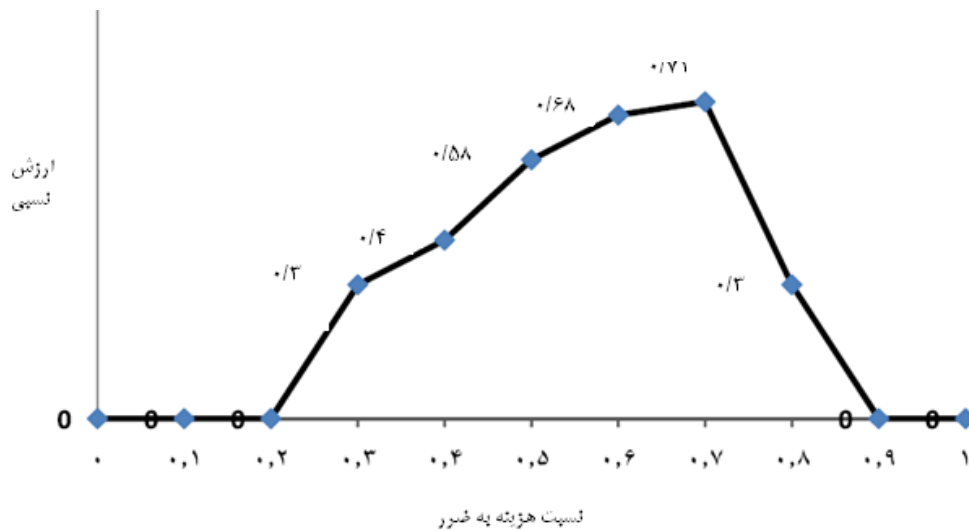
از آنجا که بارش در مناطق گوناگون استان گلستان با در نظر گرفتن ویژگیهای ناهموازی و اقلیمی به خصوص در فصلهای بهار و تابستان بسیار اهمیت دارد سعی شده از خروجی مدل در این فصلها بیشتر استفاده شود. جدول ۳ راستی آزمایی پیش بینی های صادره را در منطقه گلستان نشان می دهد. در اکثر کمیت های برآورد شده مهارت مدل برای پیش بینی ۲۴ و ۴۸ ساعته قایل قبول و دقیقتر از پیش بینی ۷۲ ساعته است. شایان ذکر است که متاسفانه به علت محدود بودن تعداد دیده بانی ها در دسترس در زمان اجرای این تحقیق، نتایج راستی آزمایی نیز با محدودیت هایی مواجه است.

شکل های ۲ تا ۴ ارزش نسبی پیش بینی را برای پیش بینی های ۲۴ و ۴۸ و ۷۲ ساعته نشان می دهد. محور افقی نشان دهنده مقدار نسبت هزینه اقدام حفاظتی (C) برای یک کاربر خاص به میزان خسارت (L) در صورت نبود اقدام حفاظتی را نشان می دهد. به عبارت دیگر محور افقی نشان دهنده طیف گسترده ممکن کاربران است. این شکلها با استفاده از جدول توافقی (جدول شماره ۳) رسم شده است. شکل های ۲ تا ۴ نشان می دهد که ارزش نسبی پیش بینی ۲۴ و ۴۸ ساعته در حدود ۷۰ درصد در  $C/L=۰/۷$  می باشد که بیشتر از پیش بینی های ۷۲ ساعته (۵۳ درصد) است. این شکل نشان می دهد که پیش بینی مربوط به ۴۸ ساعته همانند ۲۴ ساعته دقت نسبتاً زیادی دارد. از این رو در تحلیل ارزش اقتصادی پیش بینی و راست آزمایی مدل به این نتیجه می رسیم که نتایج بدست آمده دقت خوبی داشته اند.

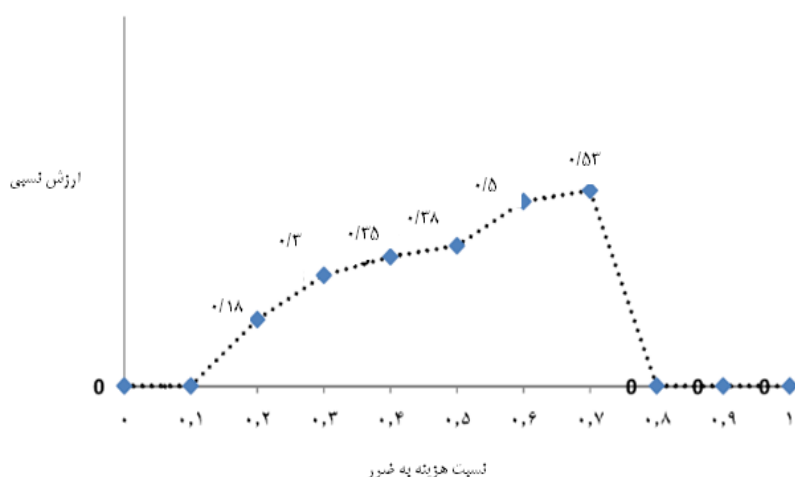




شکل (۲) ارزش نسبی پیش بینی های ۲۴ ساعته بر حسب نسبت هزینه برای حفاظت به میزان خسارت



شکل (۳) ارزش نسبی پیش بینی های ۴۸ ساعته بر حسب نسبت هزینه برای حفاظت به میزان خسارت



شکل (۴) ارزش نسبی پیش بینی‌های ۷۲ ساعته بر حسب نسبت هزینه برای حفاظت به میزان خسارت

### نتیجه گیری

نتایج نشان می‌دهد که پیش بینی مدل در دوره مورد مطالعه حدود ۸۰ درصد موارد برای وقوع یا نبود بارش صحیح بوده است، در مورد پیش بینی های ۴۸ و ۷۲ ساعته این مقدار حدوداً ۷۰ و ۴۵ درصد می باشد. همچنین در پیش بینی ۲۴ ساعته بیشینه مقدار ارزش برای نسبت هزینه - ضرر ۰/۷۳ است، یعنی در صورت استفاده از پیش بینی این کاربر می تواند بیش از ۷۳ درصد در هزینه خود صرفه جویی کند. برای پیش بینی های ۴۸ و ۷۲ ساعته حدوداً صرفه جویی در هزینه ۷۱ و ۵۳ درصد می باشد. به طور کلی کمیت های نردهای و ارزش اقتصادی استفاده از پیش بینی های این مدل را توصیه پذیر نشان می دهند. همچنین با اجرای منطقه ای آن بر اساس ویژگی های اقلیمی هر منطقه انتظار نتایجی با کارایی بالاتر می رود. برای افزایش دقت راست آزمایی پیشنهاد می شود که مدل های منطقه ای پیش بینی با دقت بالاتر و در سطوح با وسعت کمتر تولید تا بتوان با اطمینان بیشتری در اختیار کاربران قرار داد. چنان که مطرح شد در این تحقیق تنها مقایسه پیش بینی بارندگی با یک مدل انجام شد حال آن که لازم است تا این فرایند با چند مدل توسعه یافته هواشناسی و برای سایر کمیت های هواشناسی مانند دما، باد انجام شود. پیشنهاد می گردد در مطالعات آتی تجزیه و تحلیل اقتصادی به صورت موردی از یک محصول خاص که نسبت به عوامل هواشناسی در استان حساسیت و آسیب پذیری بیشتری دارد صورت گیرد.

### منابع

- آزادی، م؛ تقی زاده، ا. (۱۳۹۱)، راست آزمایی پیش بینی بارش مدل تحقیقات آب و هوایی WRF و پیش بینی وضع هوا روی کشور ایران در دوره هشت ماهه نوامبر ۲۰۰۸ تا ژوئن ۲۰۰۹، فصلنامه تحقیقات منابع آب ایران، ۸(۲).
- تقوی، ف؛ نیستانی، ا. (۱۳۹۱)، راست آزمایی پیش بینی بارش کوتاه مدت دما و بارش مدل عددی WRF روی ایران، مجموعه مقالات پانزدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران، تهران، اردیبهشت.
- هدایتی دزفولی، اکرم و مجید آزادی. (۱۳۸۹). راستی آزمایی پیش بینی بارش مدل منطقه ای MM5 روی ایران، مجله فیزیک زمین و فضا، ۳۶(۳).
- مرادی، ا؛ اختر کاوان. (۱۳۸۸). روش شناسی مدل های تحلیل تصمیم گیری چند معیاره، نشریه آرمان شهر، شماره دوم، ۸۱۹۵۲۱۱۱
- وکیلی، غ؛ مجید آ. (۱۳۸۰). مروری بر پیش بینی عددی وضع هوا در ایران. اولین همایش پیش بینی عددی وضع هوا، ایران، تهران.

- Palmer, T.( 2002). the economic value of ensemble forecasts as a tool for risk assessment: From days to decades, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 128, 747–774.
- Wilks, D.S.(2006). *Statistical Methods in the Atmospheric Science*, R.Dmowska and H.ThomasRossby (Eds), Department of Earth and Atmospheric Science Cornell University Press, 270-275.
- Malmber, J.( 2008). Water, Forecast Verification: Past, Present, and Future. *International West Climate Summary*, 4(1), 2-4.
- Murphy. A. H.(1996). the Finley Affair: A Signal Event in the History of Forecast Verification, *Weather and Forecasting*, 11(1), 3-20.
- Ackoff, R.L.(1962). *Scientific Method: Optimizing Applied Research Decisions*. New York, John Wiley and Sons, 464 pp.
- Horstmeyer, S. L.(2005). An Outline of the History of Meteorology, available online: <http://www.shorstmeyer.com/msj/geo165>., 56pp.
- Mason., I. B.(1982). A model for assessment of weather forecasts. *Australian meteorological Magazine*, 30, 291–303.
- McBride, J. L.(2000). Verification of quantitative precipitation forecasts from operational numerical weather prediction models over Australia. *Wea. Forecasting*, 15, 103-121.
- Mesinger, F.(2008). Bias adjusted precipitation threat scores. *Adv. Geosci.*, 16, 137-142.
- Mesinger, F., Arakawa, A.(1976). *Numerical Methods Used in Atmospheric Models*. GARP Publication Series, 17, Vol. 1, 64pp. 114.
- Peirce, C.S..(1984). the numerical measure of the success of predictions. *Science*, 4, 453–454.
- Stanski, H.R., Wilson, L.J., William R. (1989). *Survey of Common Verification Methods in Meteorology*. World Weather Watch Technical Report No. 8, World Meteorological Organization, TD No. 358, 114 pp.
- Swets, J.A.(1986). Indices of discrimination or diagnostic accuracy: their ROCs and implied models. *Psychol. Bull*, 99, 100–117.
- Temperton, C. , Roch , M.( 1991). Implicit normal mode initialization for an operational regional model. *Mon. Wea. Rev*, 119, 667-677.
- Wandishin, M.S., Brooks H.E.( 2002). On the relationship between Clayton’s skill score and expected value for forecasts of binary events. *Meteorological Applications*, 9, 455–459.