به نام خداوند جان و خرد

# «گواهی ارائه مقاله»

## شبیه سازی بارش فصل زمستان در استان فارس با استفاده از مدل اقلیمی منطقه ای RegCM4


**آذر زرین: استادیار گروه جغرافیا دانشگاه فردوسی مشهد**
**فهیمه محمدی: کارشناس ارشد جغرافیا دانشگاه فردوسی مشهد**
**ایمان بابائیان: عضو هیات علمی پژوهشکده اقلیم شناسی مشهد**


مقاله فوق در همایش «آب و هواشناسی» از نخستین کنگره آبیاری و زهکشی ایران به تاریخ ۲۳ و ۲۴ اردیبهشت ماه ۱۳۹۴ در دانشگا فردوسی مشهد ارائه گردیده است.

دانشگاه فردوسی مشهد
امین علیزاده
رئیس کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران

محمود رائینی
رئیس همایش آب و هواشناسی

نخستین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران
۲۳ و ۲۴ اردیبهشت ۱۳۹۴
دانشگاه فردوسی مشهد

# شبیه سازی بارش فصل زمستان در استان فارس با استفاده از مدل اقلیمی منطقه‌ای RegCM۴

آذر زرین*، استادیار اقلیم شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
فهیمه محمدی،کارشناسی ارشد آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
ایمان بابائیان، عضو هیأت علمی پژوهشکده اقلیم شناسی، سازمان هواشناسی کشور، مشهد، ایران
*تلفن نویسنده اصلی: ۰۹۱۵۵۰۱۵۹۲۱ پست الکترونیکی: zarrin@um.ac.ir

## چکیده

مدل اقلیمی RegCM4 برای شبیه سازی بارش ماههای فصل زمستان (دسامبر، ژانویه و فوریه) برای دوره ی بیست ساله(۱۹۹۰-۲۰۱۰) در استان فارس به کار گرفته شد. داده های دوباره تحلیل شده مراکز ملی پیش بینی محیطی/ مرکز ملی پژوهش جوی (NCEP/NCAR) با تفکیک افقی ۲/۵ × ۲/۵ درجه به عنوان شرایط مرزی ثانویه استفاده گردید. داده های شرایط اولیه شامل داده های توپوگرافی، عمق دریاچه، پوشش گیاهی، کاربری زمین، نوع و رطوبت خاک با تفکیک افقی سی ثانیه و داده های میانگین هفتگی دمای سطح اب با تفکیک افقی یک درجه از سایت مرکز فیزیک نظری عبدالسلام و داده بارش مشاهداتی ماهانه از اداره کل هواشناسی استان فارس اخذ گردید. با اجرای مدل منطقه ای RegCM4 داده های با تفکیک افقی ۲/۵ × ۲/۵ درجه به داده های ۲۰×۲۰ کیلومتر مربع ریز مقیاس شدند. سپس با هدف افزایش کارآیی مدل RegCM4، برونداد با تفکیک افقی ۲۰ ×۲۰ کیلومتر مربع با بکارگیری روش رگرسیون چند متغیره مورد پس پردازش آماری قرار گرفت. دوسری داده های بارش تولید شده به روش های مذکور با داده های بارش مشاهداتی ماهانه مقایسه شدند تا کارایی ریز مقیاس نمایی دینامیکی و پس پردازش آماری بر روی برونداد مدل RegCM4 مورد مطالعه قرار گیرد. نتایج نشان داد که ریز مقیاس نمایی بوسیله مدل اقلیمی تا حد قابل قبولی می تواند بارش های فصل زمستان در استان فارس را شبیه سازی کند. در عین حال، مقایسه نتایج به دست آمده از عمل با نتایج حاصل از انجام پس پردازش اماری و داده های مشاهداتی نشان داد که استفاده از روش پس پردازش آماری موجب افزایش کارآیی مدل نمی شود. نتیجه آن که با بکارگیری روش پس پردازش آماری، تفاوت معنی داری بین داده های ریزمقیاس شده با تفکیک افقی ۲۰ ×۲۰ کیلومتر مربع و داده های پس پردازش شده به روش رگرسیون چندمتغیره وجود ندارد.

**کلمات کلیدی**: RegCM4، ریز مقیاس نمایی، استان فارس، بارش.

### ۱. مقدمه

مدل های گردش عمومی وضعیت جریانات هوا و مشخصه های اصلی گردش جوی را در مقیاس کلان نشان می دهند؛ اما قادر به آشکارسازی رفتار اقلیم در مقیاس کوچک نیستند. به خصوص در ارائه پیش بینی های مربوط به نزولات منطقه ای از آن جاییکه

تحت تاثیر فرایند های با مقیاس ریزتر از شبکه مدل قرار می گیرند باید خروجی آنها را به مقیاس منطقه ای تبدیل کرد (کروری، ۲۰۰۸). با ریز مقیاس نمودن خروجی مدل ها می توان فرایندهای کوچک مقیاس و منطقه ای را شناسایی و پیش بینی کرد (روان و ناظم السادات، ۱۳۹۰). تحقیقات مدل سازی در مقیاس منطقه ای نشان می دهد که ریزمقیاس نمایی دینامیکی و آماری خروجی مدل های جهانی را بهبود می بخشند (هیوتسن و همکاران، ۲۰۰۵). یکی از روش های ریز مقیاس نمایی برونداد مدل های گردش عمومی جو، به کارگیری مدل های دینامیکی منطقه ای می باشد. پال و همکاران (۲۰۰۳)، مهمترین قابلیت مدل منطقه ای RegCM را امکان استفاده از خروجی مدل های گردش جهانی به عنوان داده های اولیه و ارائه کد موازی این مدل برای ریز مقیاس نمودن و صدور پیش بینی اقلیمی دانستند. پال و همکاران (۲۰۰۷)، توانمندی مدل اقلیمی RegCM را در شبیه سازی بارش و دمای دوره ۲۰۰۰-۱۹۸۷ مناطق هندوستان و آمریکای جنوبی(آمازون) مورد بررسی قرار دادند که بر اساس آن مدل RegCM توانسته نواحی با بارش بیشینه را در این ناحیه به خوبی مدل سازی کند. اسلام و همکاران (۲۰۰۷)، در پژوهشی با استفاده از مدل اقلیمی مقیاس منطقه ای RegCM3 به شبیه سازی فراسنج های هواشناسی در کشور بنگلادش پرداخته اند. نتایج شبیه سازی فراسنج بارندگی فصلی در مقایسه با ۲۹ ایستگاه نشان داده است که اجرای مدل با طرحواره گرل FC بارش دوره پیش مونسون را بیشتر و بارش دوره مونسون را کمتر از مقدار واقعی تخمین زده است؛ در حالی که طرحواره گرل AS (دوره ۱۹۹۵ -۲۰۰۰) نتواسته است شبیه سازی مناسبی داشته باشد. بنابراین طرحواره گرل FC (دوره ۱۹۹۱-۱۹۹۴-۱۹۹۶-۱۹۹۹) بهتر از طرحواره دیگر بارش را برآورد کرده است. باسیت و همکاران (۲۰۱۲)، با هدف شناسایی توانایی مدل میان مقیاس منطقه ای در پیش بینی رخدادهای شدید آب و هوایی با اشاره به بارش مونسونی منحصر به فرد دوره گرم بر فراز کوه های شمالی و نواحی جنوبی پاکستان به پارامتره کردن طرحواره های رشد ابر پرداختند. بطورکلی بارش مونسونی بر روی نواحی کوهستانی پاکستان از طریق طرحواره گرل بطور رضایت بخشی قابل پیش بینی می باشد. ادنی (۲۰۱۴)، در مطالعه ای در غرب آفریقا با عنوان حساسیت سنجی طرحواره های مختلف همرفتی مدل RegCM4 به منظور شبیه سازی بارش ماه های سپتامبر سال های ۱۹۸۹ و ۱۹۹۸ از روش مدل سازی آماری – دینامیکی استفاده کرده است. نتایج وی بیان کننده این است که طرحواره کو و گرل بارش کمتری را در مقایسه با داده های مشاهداتی شبیه سازی کردند در حالی که بارش تخمین زده شده توسط طرحواره امانوئل برای ماه سپتامبر سال های (۱۹۸۹ و ۱۹۹۸) بیشتر از مقدار مشاهداتی است. در یکی از اولین پژوهش های انجام شده توسط مدل RegCM بر روی بارش های ایران، میرزایی و همکاران(۱۳۸۳) مدل RegCM3 را جهت بررسی سهم خلیج فارس و دریای عمان در تامین رطوبت بارش ها در زمستان ۲۰۰۳-۲۰۰۴ به خدمت گرفتند. این بررسی نشان داد که مدل به خوبی قادر به پیش بینی مکانی و زمانی بارندگی بر روی منطقه مورد مطالعه می باشد. در پژوهش دیگر بابائیان و همکاران(۱۳۸۶)، با استفاده از مدل اقلیمی RegCM3 بارش ماه های سرد سال های ۱۳۷۶ و ۱۳۷۹ را شبیه سازی کرده اند. در این پژوهش هدف حساسیت سنجی مدل RegCM نسبت به طرحواره های مختلف بارش همرفتی می باشد که برهمین اساس نتایج تحقیق بیان کرده است که بهترین طرحواره ها برای جنوب غرب، جنوب شرق و شمال شرق کشور طرحواره کو و برای غرب و مرکز کشور طرحواره امانوئل و طرحواره های گرل FC وکو برای شمال غرب کشور مناسب هستند. تحلیل مقادیر میانگین دو سال بارش شبیه سازی شده در کل کشور حاکی از توانمندی های خوب طرحواره گرل، با خطای تقریبی ۲۰ درصد است. ایران نژاد و همکاران (۱۳۸۸)، نقش روش های متفاوت پارامترسازی همرفت در شبیه سازی میدان های دما و بارش زمستانی را با مدل RegCM3 برای یک دوره سه ماهه ژانویه تا مارس ۱۹۹۹ بر روی ایران بررسی نمودند. چهار اجرای متفارت با شرایط مرزی یکسان ولی هر بار استفاده از یکی از طرح واره های آراکاوا-شوبرت، فریچ-چپل، بتس-میلر و کو-آنتس نشان داد که نتیجه شبیه سازی ها با استفاده از طرح واره های مختلف همرفت در ایران بسیار شبیه یکدیگر می باشد و مقادیر بارش مدل با مشاهدات تفاوت بسیار زیاد دارد. کریمیان و همکاران (۱۳۸۸)، با استفاده از چهار طرحواره شکل

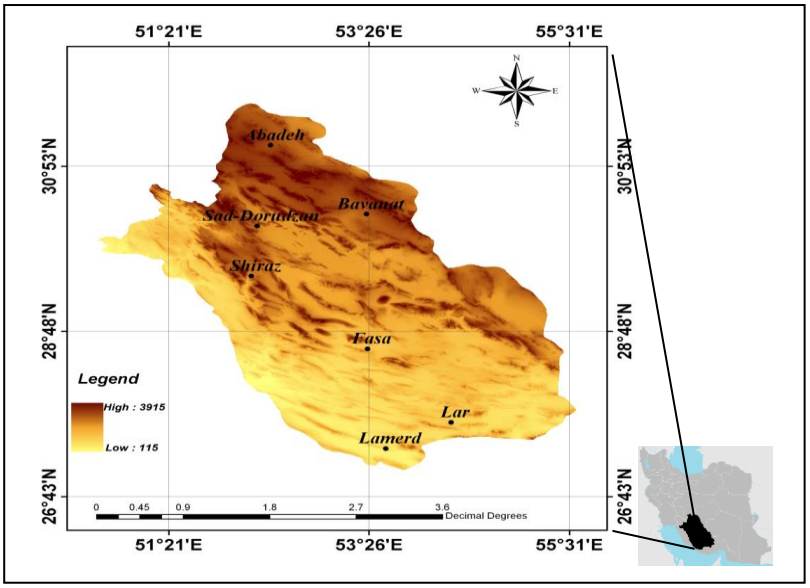
گیری ابر، شامل گرل FC و گرل AS ، امانوئل و کو، نسخه دارای قابلیت آشیانه سازی مدل اقلیمی RegCM3 را ارزیابی کرد. نتایج وی بیان کننده این مطلب است که اریبی ماهانه و فصلی طرحواره های گرل FC و گرل AS به ترتیب با مقادیر ۲/۱ و ۱- میلی متر در مقایسه با بارش دیدبانی شده، از سایرین کمتر است در نتیجه از این مدل می توان در طراحی مدل های اقلیمی پیش بینی در کشورمان استفاده کرد. مفیدی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از مدل RegCM نقش دریای خزر در بارش های سواحل جنوبی این دریا را بررسی نمودند. نتایج این بررسی نشان داد که مدل RegCM4 قادر است به خوبی روند بارش های ماهانه را در منطقه خزری شبیه سازی نماید، اگرچه در برآورد مقادیر واقعی بارش اریبی مثبت را برای ماههای بهاری نشان می دهد.

با توجه به منابع موجود سوال اصلی این تحقیق این است که آیا بکارگیری مدل اقلیمی می تواند در شبیه سازی بارش بر روی استان فارس موفق عمل کند؟ همچنین آیا به کار گیری تکنیک پس پردازش آماری خروجی های مدل را ارتقا می بخشد؟

## ۲. مواد و روش ها

### ۱,۲. منطقه مورد مطالعه

حوزه جغرافیایی پژوهش حاضر، منطقه خاورمیانه با تاکید بر نتایج روی استان فارس می باشد. این استان با وسعتی بالغ بر ۱۲۲ هزار کیلومتر مربع در نیمه جنوبی ایران، ۱/۸ درصد از مساحت این کشور را به خود اختصاص داده است و در بین طول های جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و عرض های جغرافیایی ۲۷ درجه و ۲ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی واقع شده است. در پژوهش حاضر با توجه به دوره آماری و آمار در دسترس داده های ایستگاهی، مطالعات بر روی ۷ ایستگاه سینوپتیک استان فارس که از پراکندگی نسبی در سطح استان برخوردارند انجام شده است. شکل ۱.



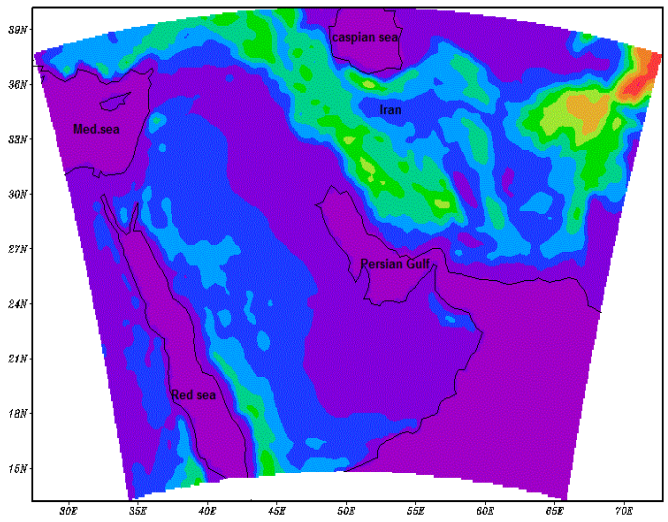

شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و ایستگاه های هواشناسی سینوپتیک مورد مطالعه در استان فارس.

به منظور امکان سنجی و مطالعه کارآیی مدل دینامیکی RegCM در پیش بینی بارش استان فارس، از نسخه مدل RegCM4.1.1 استفاده شده است. به دلیل محدودیت آمار موجود در ایستگاه های استان فارس، تنها ۷ ایستگاه در دوره آماری ۱۹۸۸-۲۰۱۰

مطالعه و بررسی شده اند. داده های مورد نیاز در اجرای مدل منطقه ای اقلیمی RegCM4 از مرکز ICTP[1] با فرمت NetCDF شامل سه دسته داده های وضع جوی NNRP1 در مقیاس ۶ ساعته با تفکیک افقی ۲/۵ × ۲/۵ درجه از پایگاه داده های دوباره واکاوی شده مرکز ملی پیش بینی محیطی آمریکا[2]، داده های میانگین هفتگی دمای آب سطح دریا با شبکه بندی ۱ درجه از سازمان ملی اقیانوس و جو آمریکا برای دوره ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۰ دریافت شدند. همچنین داده های سطح زمین که شامل سه دسته داده های توپوگرافی، کاربری اراضی و نوع خاک با دقت ۳۰ ثانیه از سازمان زمین شناسی ایالت متحده آمریکا تهیه شد. دسته دوم از داده ها شامل داده های دیدبانی مجموع بارش ماهانه ایستگاه های هواشناسی سینوپتیک استان فارس، که از سازمان هواشناسی این استان دریافت گردید.

## ۲,۲. مدل سازی دینامیکی بارش

مدل RegCM از طرحواره های فیزیکی گوناگونی استفاده می کند که در این میان طرحواره های بارش همرفتی نقش مهمی در مدل سازی بارش دارند. بنابراین به منظور انتخاب طرحواره بارشی مناسب، مدل برای یک دوره آزمایشی از تاریخ ۱۵ اوت ۱۹۹۶ تا ۱ ژوئن ۱۹۹۷ به صورت مجزا با هر سه طرحواره کو، امانوئل و گرل موجود در کد RegCM4، با شرایط یکسان از داده های مرزی و اولیه به اجرا گذاشته شد. نتایج نشان داد که طرحواره گرل به نسبت دو طرحواره کو و امانوئل دارای کمترین خطا (۱/۶۳- ) در شبیه سازی بارش است؛ لذا به عنوان طرحواره اصلی انتخاب شد. مدل با گام زمانی ۶ ساعته، قدرت تفکیک ۲۰ × ۲۰ کیلومتر مربع؛ تعداد نقاط شبکه ۱۴۸ در عرض و ۱۹۸ در طول جغرافیایی؛ در دوره آماری ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۰ با دو سال دوره پایدارسازی[3] (۱۹۸۸- ۱۹۸۹) اجرا گردید. محدوده جغرافیایی اجرا شده در مدل از طول شرقی ۳۰ تا ۷۰ و عرض شمالی ۱۵ تا ۳۰ می باشد (شکل ۲).




شکل ۲. محدوده اجرا شده در مدل RegCM4

۱۴سال اول (۱۹۹۰-۲۰۰۳) به عنوان دوره آموزشی جهت استفاده در مرحله پس پردازش آماری مورد استفاده قرار گرفته است. با مقایسه بارش خروجی مدل در این دوره با داده های واقعی بارش، ابتدا درصد خطای مدل نسبت به دیده بانی برآورد شد. با بهره

[1] International Centre for Theoretical Physics
[2] NCEP/NCAR
[3] Spin up

گیری از روش پس پردازش آماری به روش رگرسیون چند متغیره (MLRM[1]) ، معادلات پس پردازش ماهانه استخراج شدند. داده های بارش پس پردازش شده در دوره واسنجی با داده های بارش دیدبانی مقایسه شدند. با استفاده از شاخص های آماری، ضریب رگرسیون و میزان خطای نسبی؛ معادلات طراحی شده ماهانه که بصورت روابط تجربی بدست آمده اند، در راستی آزمایی پیش بینی بارش در ۷ سال انتهایی( ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۰) مورد آزمون و ارزیابی قرار گرفتند.

## ۳,۲.پس پردازش خروجی های مدل

روشی که برای پس پردازش خروجی مدل RegCM4 در مطالعه حاضر استفاده شده است، رگرسیون چند متغیره می باشد. رگرسیون چند متغیره روشی برای ساختن معادله مدل از سری داده های گذشته می باشد. این روش برای بیان ارتباط بین متغیرهای مدل شده و مشاهداتی بوده که شکل کلی آن به صورت رابطه زیر می باشد:

$$y_t = \alpha + \beta_1 x_{1t} + \beta_2 x_{2t} + \beta_3 x_{3t} + \ ... + \beta_n x_{nt} \qquad (۱)$$

در این معادله $y_t$ متغیر وابسته یا پیش بینی شونده و $x_{nt}$ متغیرهای مستقل یا پیش بینی کننده ها هستند. پیش بینی کننده ها خروجی های مدل RegCM4 می باشند که می توانند رطوبت نسبی، باد مداری، باد نصف النهاری و امگا در سطح تراز های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، نسبت اختلاط بخار آب[2]، دمای سطح ۲ متری، و بارش (بر حسب میلی متر در روز) و فشار (بر حسب هکتوپاسکال)، باشند. به استثنای بارش حاصل از مدل، که مجموع آن در ماه محاسبه شده، برای سایر پیش بینی کننده ها مقدار میانگین آنها با به کارگیری نرم افزار گردس[3] محاسبه و در معادلات استفاده شدند. پیش بینی کننده های نهایی دارای همبستگی معنی دار با بارش دیدبانی در مرحله پس پردازش مورد استفاده قرار گرفتند. پس پردازش آماری بر روی بارش با استفاده از برونداد مدل دینامیکی برای دوره آموزشی ۱۹۹۰ – ۲۰۰۳ (دوره واسنجی) با استفاده از فرمول زیر صورت گرفت:

$$tpr_{pp} = \alpha + A_1 x_1 + A_2 x_2 + A_3 x_3 \qquad (۲)$$

$\alpha$ عرض از مبداء، $tpr_{pp}$ بارش پس پردازش شده بر حسب میلی متر، $A_1$، $A_2$، $A_3$ ضریب زاویه رگرسیون خطی بارش برآورد شده و $X_1$، $X_2$ ، $X_3$ به ترتیب متغیر پیش بین کننده اول ، دوم و سوم. با بدست آمدن ضرایب زاویه رگرسیون خطی که ضرایبی برای توصیف ارتباط بین خروجی های مدل و مقدار بارش دیدبانی شده هستند، مقادیر بارش مدل سازی شده برای ۱۴سال اول دوره آزمایش، مدلسازی شده است. با استفاده از ضرایب بدست آمده و معادله (۲) پیش بینی ۷ سال دوره صحت سنجی نیز انجام شده است.

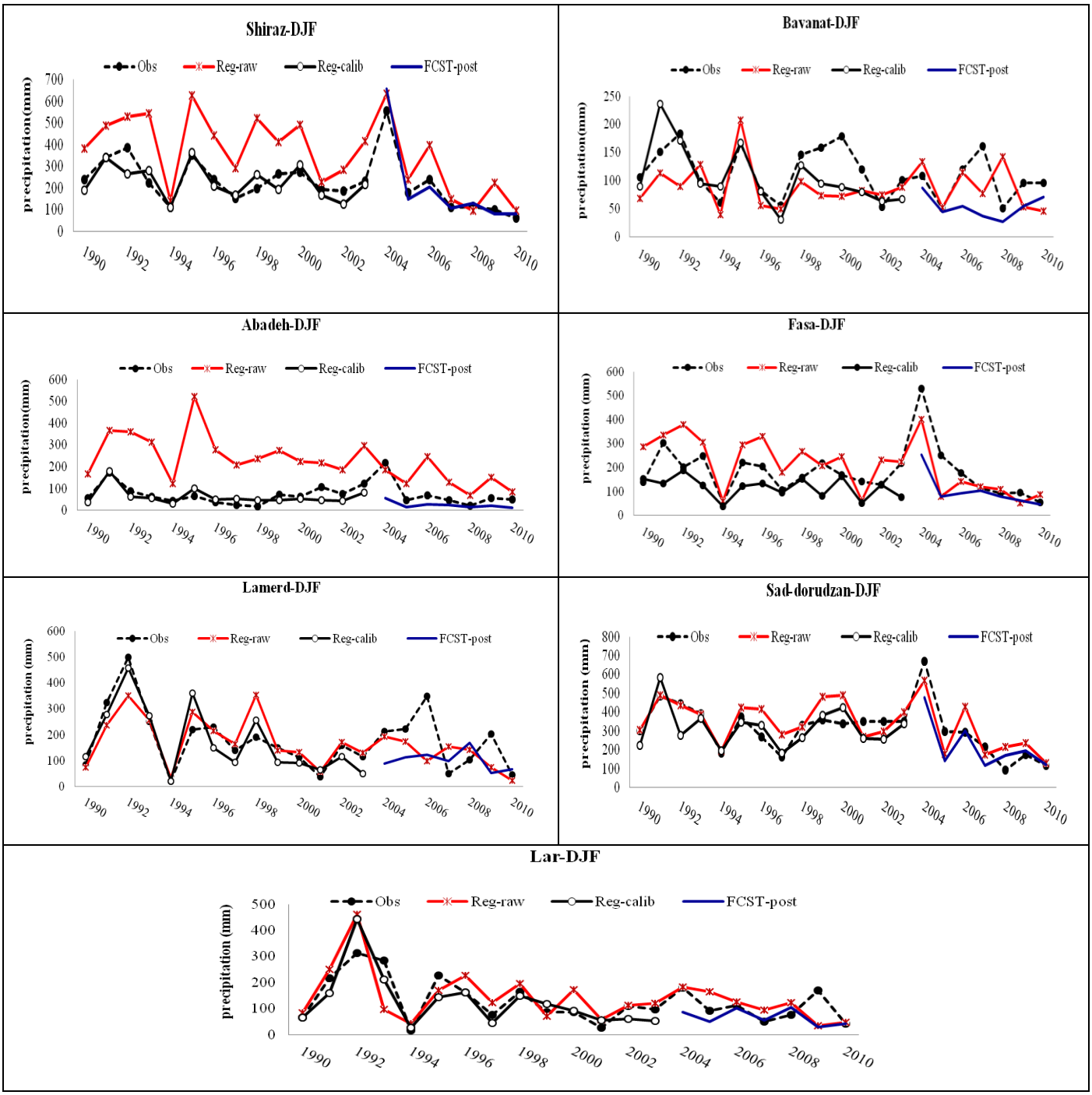
به منظور بررسی دقت و برآورد میزان خطای پیش بینی در مقایسه با بارش دیدبانی شده، از شاخص های آماری همبستگی، خطای میانگین ، میانگین خطای اریبی، میانگین خطای نسبی، انحراف از معیار و خطای طبقه بندی بارش استفاده شد.

## ۳. تحلیل نتایج

با هدف افزایش صحت مدل سازی از روش رگرسیون چند متغیره خطی برای تبدیل داده های شبکه ای به ایستگاهی استفاده شده است. بررسی ها در دوره زمانی زمستان (دسامبرتا فوریه) انجام شده است. بررسی توانمندی مدل RegCM4 در پیش بینی بارش های زمستانه استان فارس نشان می دهد که در ۴ ایستگاه استان فارس بوانات، لامرد، لار و سد درود زن خروجی بارش مدل بدون

[1] Multiple Linear Regression Method
[2] Vapour mixing ratio
[3] Grid Analysis and Display System (GrADS)

اعمال پس پردازش پاسخ بهتری در مقایسه با مقادیر پس پردازش شده بارش دارد. در مورد شیراز و آباده انجام پس پردازش آماری (روش دینامیکی-آماری) موفق تر عمل نموده و دریک مورد باقی مانده ایستگاه فسا هیچ یک از دو حالت یاد شده ارجحیتی نسبت به یکدیگر ندارند (شکل ۳ و جدول ۱).

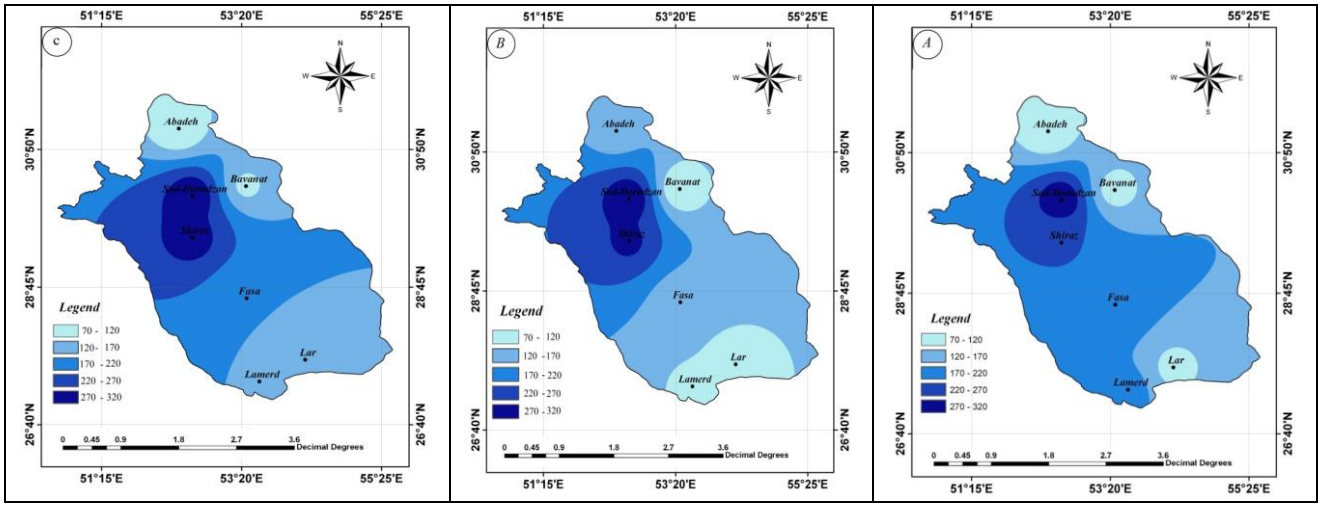



شکل۳. نمودار مدل سازی بارش فصل زمستان ایستگاه های استان فارس با استفاده از مدل منطقه ای RegCM4. خط منقطع مشکی با دایره توپر: بارش دیدبانی، خط پیوسته مشکی با دایره توخالی: دوره واسنجی ۱۹۹۰-۲۰۰۳، خط پیوسته قرمز ستاره دار: برونداد پس پردازش نشده مدل و خط پیوسته آبی ساده: دوره راستی آزمایی ۲۰۰۴-۲۰۱۰.

مقایسه الگوهای فضایی بارش دیدبانی در شکل A-۴ و بارش شبیه سازی شده بدون پس پردازش آماری در شکل B-۴ در فصل زمستان دوره مذکور، نشان دهنده عدم تطابق و یا شباهت اندک میان آنها است. بطوریکه در الگوی بارش دیدبانی دوره پیش بینی فصل زمستان، نواحی مرکزی ایستگاه فسا و جنوب غربی استان نیز الگوهای حداکثری بارش را تجربه کردند؛ در حالیکه در الگوهای شبیه سازی بارش توسط مدل RegCM4 و پس پردازش آماری چنین حالتی مشاهده نمی شود. مقایسه و بررسی الگوهای فضایی بارش پس پردازش شده دوره پیش بینی در شکل C-۴ با داده های دیدبانی در شکل A-۴ و داده های خام مدل شکل B-۴ مشابهت تقریبی خوبی را با مدل نشان می دهد.

جدول ۱. بررسی کارآیی مدل دینامیکی و روش دینامیکی-آماری در پیش بینی بارش فصل زمستان.

| ایستگاه | | اریبی (میلیمتر) | خطای نسبی (درصد) | صحت طبقه ای (درصد) | نسبت انحراف معیار (مدل/ مشاهداتی) | خطای مربعات (میلیمتر) | همبستگی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شیراز | دینامیکی | ۶۷/۹۹ | ۳۵ | ۱۰۰ | ۱/۱۵ | ۶۱/۹۸ | ۰/۹۵ |
| | *دینامیکی-آماری | ۶/۵۷ | ۳ | ۹۶/۴ | ۱/۲۲ | ۳۱ | ۰/۹۸ |
| بوانات | *دینامیکی | -۸/۹۹ | -۹ | ۵۳/۶ | ۱/۰۵ | ۳۸/۳۵ | -۰/۰۳ |
| | دینامیکی-آماری | -۴۴/۰۳ | -۴۵ | ۶۷/۹ | ۰/۵۲ | ۴۰/۷۵ | ۰/۲۰ |
| آباده | دینامیکی | ۶۹/۲۱ | ۹۰ | ۸۵ | ۰/۹۳ | ۳۹/۶۴ | ۰/۵ |
| | *دینامیکی-آماری | ۴۷/۹۰ | ۶۰ | ۸۲ | ۰/۲۳ | ۴۷/۷۶ | ۰/۹۶ |
| فسا | دینامیکی | -۴۶/۱۲ | -۲۵ | ۷۸/۶ | ۰/۷۲ | ۵۹/۶۰ | ۰/۹۰ |
| | دینامیکی-آماری | -۸۵/۱۲ | -۴۵ | ۷۵ | ۰/۴۲ | ۸۹/۹۳ | ۰/۹۳ |
| لامرد | *دینامیکی | -۴۵/۶۶ | -۲۷ | ۶۰/۷ | ۰/۵۴ | ۸۲/۳۴ | ۰/۲ |
| | دینامیکی-آماری | -۶۶/۹۴ | -۴۰ | ۴۲/۹ | ۰/۳۵ | ۸۷/۹۸ | ۰/۰۸ |
| درودزن | *دینامیکی | ۹/۹۹ | ۰/۰۴ | ۸۹/۳ | ۰/۸۳ | ۶۷/۳۶ | ۰/۸۵ |
| | دینامیکی-آماری | -۴۸/۲۵ | -۰/۱۸ | ۹۲/۹ | ۰/۶۷ | ۷۴/۰۷ | ۰/۸۸ |
| لار | *دینامیکی | ۶/۲۲ | ۶ | ۷۱/۴ | ۱/۰۱ | ۴۴/۴۲ | ۰/۲۵ |
| | دینامیکی-آماری | -۳۶/۱۳ | -۳۵ | ۶۴/۳ | ۰/۵۵ | ۴۷/۳۳ | ۰/۰۶ |




شکل ۴. میانگین بارش فصل زمستان دوره (۲۰۰۴-۲۰۱۰) ایستگاه های مطالعه شده استان فارس. شکل (۴-A) الگوی فضایی بارش دیدبانی شده، شکل (۴-*B*) الگوی فضایی بارش شبیه سازی شده توسط مدل RegCM4 بدون اعمال پس پردازش آماری، شکل (۴- C) الگوی فضایی بارش پیش بینی شده با اعمال پس پردازش آماری.

## ۴. نتیجه گیری

در این پژوهش هدف بررسی توانایی مدل دینامیکی RegCM4 در مدل سازی بارش فصل زمستان استان فارس با و بدون اعمال پس پردازش آماری روی داده های بارش در مقیاس مکانی ۲۰×۲۰ کیلومترمربع است. با توجه به نتایج به دست آمده تعداد ایستگاه هایی که عدم انجام پس پردازش آماری در آنها دارای عملکرد بیشتری در برابر انجام پس پردازش آماری داشته اند، بیشتر است، بطوریکه در ۴ مورد از ۷ ایستگاه عدم اجرای پس پردازش بر اجرای پس پردازش آماری برتری داشته است (۵۷ درصد موارد)؛ در حالیکه تعداد ایستگاه هایی که در آنها اجرای پس پردازش آماری برتری دارد، ۲ مورد (۲۹ درصد) است. یک ایستگاه نیز (۱۴درصد) ارجحیت خاصی در بکارگیری دو روش فوق ندارد. در روش دینامیکی-آماری صحت طبقه ای بارش فصل زمستان در مقایسه با روش دینامیکی در حدود ۱۴ درصد (۱ مورد از مجموع ۷ ایستگاه) است و این درحالی است که مقادیر صحت طبقه ای پیش بینی بارش بدون اجرای پس پردازش آماری در فصل زمستان حدود ۸۰ درصد می باشد. بنابراین روش دینامیکی در این وضعیت نتایج مساعدتری در مقایسه با روش دینامیکی– آماری داشته است. بنابراین در مطالعه حاضر که با تفکیک مکانی ۲۰×۲۰ کیلومتر مربع انجام شده است، برونداد بارش مدل منطقه ای RegCM4 بدون اجرای پس پردازش آماری برروی آن نتایج بهتری نسبت به هنگامی که بر روی بارش پس پردازش آماری اجرا می شود، دارد.

## ۵. منابع


۱. ایران نژاد،پ.، احمدی گیوی، ف.، پازوکی،ر.،۱۳۸۸، نقش روش های متفاوت پارامترسازی همرفت در شبیه سازی میدان های دما و بارش زمستانی با مدل منطقه ای – اقلیمی RegCM در منطقه ایران، فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۵، شماره ۱،صفحه ۱۰۱-۱۲۰.

۲. بابائیان،ا.، مدیریان،ر.، کریمیان،م.، حبیبی نوخندان،م.، ۱۳۸۶، شبیه سازی بارش ماه های سرد سال های ۱۳۷۶ و ۱۳۷۹ با استفاده از مدل اقلیمی RegCM3، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۰، صفحه ۵۵ -۷۲.

۳. روان،و.، ناظم السادات، س م.، ۱۳۹۰، پیش بینی نوسان های دما و بارش در پهنه مرکزی استان فارس برای دوره زمانی ۲۰۱۱-۲۰۴۰، مجله مهندسی منابع آب، شماره ۴، صفحه ۵۱-۶۲.

۴. کریمیان،م.، مدیریان،ر.، بابائیان،ا.، ۱۳۸۸، بررسی توانمندی مدل RegCM3 در مدل سازی بارش و دمای استان خراسان، مطالعه موردی : زمستان های دوره ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۰، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۷، صفحه ۱۶۸-۱۸۶.

۵. مفیدی،ع.،کارخانه،م.،زرین،آ.،۱۳۹۲، شبیه سازی نقش دریای خزر در وقوع بارش های منطقه ای با استفاده از مدل اقلیمی مقیاس منطقه ای RegCM پیوندخورده با مدل دریاچه، نخستین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان.

۶. میرزایی،ا.،آزادی،م.،محب الحجه،ع.،۱۳۸۳، مطالعه کمی اثر خلیج فارس و دریای عمام در تغذیه رطوبتی سامانه های همدیدی در ایران با استفاده از مدل منطقه ای اقلیمی RegCM ، نهمین کنفرانس دینامیک شاره ها، دانشگاه شیراز.

7. Adeniyi, M., 2014, Sensitivity of different convection schemes in RegCM4 for simulation of precipitation during the Septembers of 1989 and 1998 over West Africa, Theoretical and Applied Climatology,115:305-322. DOI 10.1007/s00704-013-0881-5.
8. Basit, A., Shoaib R., Irfan, N., Avila, R., 2012, Simulation of Monsoon Precipitation over South-Asia Using RegCM3, International Scholarly Research Network (ISRN) Meteorology,Vol 201, PP: 1-14.
9. Hewitson, B., C., R., G., Crane, 2005, Consensus between GCM Climate Change Projections with Empirical Downscaling: Precipitation Downscaling over South Africa, Journal of Climatology, Vol 26, PP: 1315-1337.
10. Islam, N., Rahman1, M., 2007, Uddin Ahmed, A., Romee, A., Comparison of RegCM3 simulated meteorological parameters in Bangladesh: Part I- preliminary result for rainfall, Sri Lankan Journal of Physics,Vol 8, PP: 1-9.
11. Karori, M., 2008, Downscaling NCC CGCM Output for Sesonal Precipitation Predication over ISLAMABAD- PAKISTAN, Pakistan journal of meteorology, Vol 4, PP: 59-72.
12. Nazemosadat M.J., and A. R. Ghasemi, 2004: Quantifying the ENSO-Related Shifts in the Intensity and Probability of Drought and Wet Periods in Iran. *J. Climate*, **17**, 4005–4018.
13. Pal, J., Giorgi, F., Bi X., Elguindi N., Eltahir E., Francisco R., 2003, Developments in the Latest Version of the RegCM, ICTP Workshop on the Theory and Use of Regional Climate Models, Trieste Italy.
14. Pal, J., Giorgi, F., BiX., Elguindi, N., Salmon, F., Gao X., Rauscher, S., Francisco, R., Zakey, A., Winter, J., Ashfagh, M., Syed, F.,S., Bell, J., Diffenbaugh, J.,K., Konare, A., Martinez, D., Rocha, R., Sloan, L., Steiner, A., 2007, Regional Climate modeling for the Developing World, the ICTP and RegCNET, Bulletin of American meteorological society, Vol , PP: 1396-1409.