

شهزاد قندهاری (نویسنده اصلی)

دکتر امیرحسین مشکواتی

دکتر مجید مزرعه‌فراهانی

سمیه جعفری

## بررسی عملکرد موردی الگوی میان‌مقیاس MMS5 در شبیه‌سازی بارش‌های رگباری حاصل از سلول‌های هم‌رفتی

### چکیده

با عملیاتی شدن یکی از الگوهای میان‌مقیاس پیش‌بینی عددی وضع هوا، مشهور به الگوی MMS5 در سازمان هواشناسی کشور، این امکان به وجود آمده است تا پیش‌بینی بارش‌های رگباری و کوتاه مدت مورد بررسی دقیق‌تری قرار گیرد. در این بررسی سعی شده است الگو برای پیش‌بینی بارش در منطقه‌ی مستعد سیل در ایران، یعنی جنوب و جنوب غرب، تنظیم شود. با بررسی‌های انجام شده روی شش مورد، می‌توان گفت که الگو در بیشترین موارد نتایج نسبتاً قابل قبولی را از لحاظ کیفی تولید نموده و به خوبی توانایی پیش‌بینی بارش‌های رگباری مخصوصهً لحاصل از سامانه‌های سرد را دارد. اما در پیش‌بینی بارش‌های حاصل در ابعاد کوچک و زمانی که وضعیت کُرفشاری تا سطوح فوقانی امتداد نمی‌یابد و اثرات به صورت منطقه‌ای است، نتایج الگوتنباط کمتری با واقعیت دارد.

**کلیدواژه‌ها:** پدیده‌های هم‌رفتی، پیش‌بینی عددی وضع هوا، الگوی mms5 (الگوی عددی میان‌مقیاس)،

کُرفشاری، سامانه‌های سرد

### درآمد:

در میان پدیده‌های آب و هوایی پدیده‌های هم‌رفتی با توجه به شرایط دینامیکی و ترمودینامیکی حاکم بر آنها و اثرات تخریبی، که می‌توانند داشته باشند مورد توجه خاص دانشمندان هواشناس بوده است.

کشور ایران از لحاظ جغرافیایی به دلیل تأثیرپذیری از نوپرفشار جنب حار های و شرایط آب و هوایی حاکم بر این منطقه، از بارش کمی برخوردار است. بارش‌های سالانه‌ی اندک، کوتاه بودن بارش و نزول بارش‌ها بصورت رگبارهای شدید و کوتاه مدت از خصوصیات اقلیمی این منطقه است. بارش‌های رگباری شدید و کوتاه مدت همه ساله در گوشه و کنار کشور ایران، خسارت‌های زیاد و در مواردی غیر قابل جبران را به وجود می‌آورند.

با توجه به اهمیّت اقتصادی و اجتماعی آثار پدیده‌های هم‌رفتی در جو، تلاش زیادی برای شناخت ماهیّت این پدیده‌ها صورت گرفته و می‌گیرد. به همین دلیل دانشمندان برای ارائه‌ی پیش‌بینی به هنگام وقوع پدیده‌های هم‌رفتی برای جلوگیری یا کاهش آثار مخرب آنها، تلاش‌هایی را آغاز نموده‌اند (بایرز و رادبوش، ۱۹۴۸: ۵، واتسون و بلانچارد، ۱۹۸۴: ۶، بلانچارد و لیز، ۱۹۸۵: ۸، نیکولز و همکاران، ۱۹۹۱: ۱۳، بوی بی و رامن، ۱۹۹۲: ۸، پیلکه، ۱۹۸۴: ۹، اتکینز<sup>۷</sup> و همکاران، ۱۹۹۵: ۱۱). بلانچارد و لیز، در مطالعه، الگوهای پایداری را پیدا نمودند که نشان می‌دهند هم‌رفت در بخش جنوبی فلوریدا در نتیجه برهم‌کنش الگوهای گردش عمومی جو (پرفشار جنب حار های آتلانتیک)، مقیاس سینه ویتیکی (امواج و جبهه‌ها)، مقیاس شبه جزیره‌ای (دریا و بادهای دریاچه‌ای)، و مقیاس منطقه‌ای شکل می‌گیرند. پیلکه و همکارانش، نشان دادند که توزیع رطوبت خاک بر دینامیک گردش‌های جوی در تمامی مقیاس‌ها اثر می‌گذارد و همچنین چرخه‌های واداشته شده زمینی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد.

### موقعیّت مورد مطالعه

سیستم فشار زیاد جنب حار های و سیستم کم فشار مانسونی سودان، از جمله سیستم‌هایی هستند که جنوب غرب ایران را تحت تأثیر مستقیم خود قرار می‌دهند و شرایط تغییر یافته و یا تعدیل شده آن ممکن است سایر قسمت‌های کشور را نیز تحت تأثیر قرار دهد. از طرفی فراوانی وقوع سیل در این منطقه جغرافیایی بیش از سایر

- 1- Byers & Rodebush
- 2- Watson & Blanchard
- 3- Blanchard & Lopez
- 4- Nicholls & et al
- 5- Boybeyi & Raman
- 6- Pielke
- 7- Atkins & et al

نقاط کشور است (ع، سبزی پرور، ۱۳۷۰: ۹۱). با توجه به شرایط ذکر شده، منطقه‌ی جنوب غرب ایران به عنوان منطقه‌ی مورد مطالعه در این تحقیق انتخاب و الگوی MMS5 در این منطقه اجرا شده است. در فصول گذر یعنی پاییز و بهار سامانه‌های همرفتی، بسامد بیشتری نسبت به فصول زمستان و تابستان دارند، اما شدت فعالیت این سامانه‌ها در پاییز و بهار یکسان نیست. در فصل بهار با توجه به وجود رطوبت بیشتر و افزایش دمای هوای نزدیک به سطح زمین، که توان جذب رطوبت توسط بخش‌های پایین جو را افزایش می‌دهد و نیز پایین بودن دما در سطوح بالای فرآیندهای همرفتی از شدت بیشتری برخوردار هستند.

### پیشینه‌ی تحقیق

به طور کلی، عمده مطالعات انجام شده در مورد پدیده‌های فرین هوا شناختی، مانند: سیل، طوفان تگرگ و... که غالب آن‌ها ماه‌یت همرفتی دارند و یا نتیجه‌ی پدیده‌های همرفتی هستند) در کشور به روش کیفی و از دیدگاه هم‌دیدگی انجام شده‌اند و تا کنون کمتر مطالعه‌ای بر اساس نتایج حاصل از الگوهای میان مقیاس صورت گرفته است. عملیاتی شدن الگوی MMS5 در سازمان هواشناسی فرصتی را فراهم آورد که چنان مطالعه‌ی انجام شود. سؤال اصلی این است که آیا می‌توان با کمک الگوی MMS5 بارش‌های رگباری حاصل از سلول‌های همرفتی را شبیه‌سازی و پیش‌بینی نمود.

### شبیه‌سازی و پیش‌بینی همرفت

با توجه به این که پدیده‌های همرفتی از نظر ابعاد زمانی و مکانی در گروه پدیده‌های خرد تا میان مقیاس جوی قرار می‌گیرند، بهترین گزینه برای شبیه‌سازی و پیش‌بینی آنها الگوهای خرد و میان مقیاس هستند. در دهه‌های اخیر الگوهای میان مقیاس با دقت شبکه‌ای بیشتر از الگوهای مقیاس سینوپتیکی و جهانی با پارامترهای پیشرفته، ابزار مهمی برای تحقیقات هواشناسی بوده‌اند. کاربرد تحقیقاتی الگوهای میان مقیاس در بررسی طوفان‌های شدید میان مقیاس پیش فیزیکی در خصوص فرآیند شکل‌گیری، فعالیت و از بین رفتن سامانه‌های جوی میان مقیاس (آتس و همکارانش، ۱۹۸۲: ۳)؛ چرخه‌های جنب‌حالی (چن و وانگ، ۱۹۹۵: ۷)؛

سیستم‌های هم‌رفت میان مقیاس (فریچ و همکارانش<sup>۱</sup>:۱۹۸۶:۴)؛ چرخه‌های برون‌حالی (کیو و همکارانش،<sup>۲</sup>:۱۹۸۸:۱۰) و بارندگی‌های شدید (لیون و همکارانش،<sup>۳</sup>:۱۹۹۵:۷) فراهم نموده است. در الگوهای عددی میان مقیاس عملیاتی معمولاً تفکیک افقی شبکه را با گام‌های شبکه‌ی ۲۰ تا ۱۰۰ کیلومتر تنظیم می‌کنند که در این صورت، فرضیه‌ی هیدروستاتیک نقض نمی‌شود، ولی برای پیش‌بینی عددی وضع هوا در مطالعات موردی، شناخت رفتار سیستماتیک و اجرای این الگوها در مقیاس بالا در پیش‌بینی روزانه‌ی هوا مشکل‌ساز می‌شود.

از اوایل دهه‌ی ۹۰ چندین تغییر مهم در الگوسازی‌ای میان مقیاس انجام شد. اولین تغییر، کاربست دینامیک غیرهیدروستاتیک در الگوهای میان مقیاس است، (دودیا،<sup>۴</sup>:۱۹۹۳:۵) بدون محدودیت فرض هیدروستاتیک، الگوهای میان مقیاس غیرهیدروستاتیک می‌توانند برای رفع مشکل قدرت تفکیک ابر (در یک کیلومتر) اجرا شوند. به عنوان نثلی، در چنین دقتی، الگوهای میان مقیاس می‌توانند به راحتی هم‌رفت را شبیه‌سازی کنند و واکنش آن‌ها با سیستم‌های آب و هوایی بزرگ مقیاس‌تر نیز شبیه‌سازی شود.

تغییر مهم دیگر، تمرکز در بهبود مهارت‌های پیش‌بینی عددی وضع هوایی منطقه‌ای است. پیش‌بینی هوای هم‌ظرف برای چند منطقه عملیاتی بزرگ اختصاص پیدا کرده است، زیرا نیاز به تعداد زیاد منابع محاسباتی جهت توسعه و عملیاتی شدن یک الگوی عددی پیش‌بینی هوا در نواحی مناطق طی سال‌های ۱۹۹۰ تغییراتی کرده‌اند. در حال حاضر چندین گروه در ایالات متحده هستند که از پیش‌بینی‌های هم‌زمان بر اساس یک سری تنظیمات بهره‌استفاده می‌کنند. با مطالعات انجام شده توسط کیو و همکارانش در سال ۱۹۹۸ این تلاش به دلیل سه عامل مهم زیر صورت گرفته است:

۱. ایجاد پایگاه‌های محاسباتی با توان اجرایی بالا؛
۲. اشتراک نتایج الگوهای میان مقیاس (مانند RAMS، MM5 و ARPS) محتویات الگو (م‌اند پارامترسازی فیزیکی)؛

1- Fritsch & et al  
2- Kuo & et al  
3- Lyons & et al  
4- Dudhia

۳. دست‌یابی هم‌زمان تحلیل‌ها و پیش‌بینی داده‌ها (در نقاط شبکه) از اجرای عملیاتی مراکز بین‌المللی برای پیش‌بینی‌های محلی.

نتایج تعدادی از الگوهای منطقه‌ای پیش‌بینی عددی حاکی از پیشرفت‌های زیادی در الگوهای عملیاتی است (کل و همکارانش، ۲۰۰۱: ۵).

با کسب موفقیت الگوهای پیش‌بینی عددی میان مقیاس در شبیه‌سازی‌ها، بسیاری از مراکز عملیاتی در دنیا از این الگوها استفاده نموده و الگوی میان مقیاس غیرهیدروستاتیک را به مرحله عملیاتی رسانده‌اند. ما نیز هم اکنون در مرحله‌ای قرار گرفته‌ایم که الگوهای میان مقیاس در بیشترین مرحله‌ی رشد خود قرار دارند.

### ۳. الگوی MMS

الگوی میان مقیاس PSU/NCAR یک الگوی فضای محدود، غیرهیدروستاتیک یا هیدروستاتیک (تنها ورژن دوم)، با مختصات زمینی سیگماست که به منظور شبیه‌سازی یا پیش‌بینی در میان مقیاس منطقه‌ای چرخش جی‌وِکس آ‌سی شده است. این الگو در ایالت پن و انکار به صورت یک الگوی میان مقیاس مشترک بهبود یافته و این بهبود با همکاری‌های کاربران آن در چندین دانشگاه و لابراتوارهای دولتی ادامه پیدا نمود.

پنجمین نسل این الگوی میان مقیاس (MMS)، آخرین ورژن در سری‌هایی است که در ایالت پن توسط آنس<sup>۳</sup> (۱۹۷۷) به کار گرفته شد و سپس در سال ۱۹۷۸ آن را سندسازی نمود. از آن زمان، تغییراتی برای انتشار کاربرد این الگو اوجی شد. این تغییرات شامل: ۱. توانایی چند شبکه‌ای شدن؛ ۲. دینامیک غیرهیدروستاتیک که اجازه می‌دهد الگو در مقیاس‌های کوچکتر (چند کیلومتری) مورد استفاده قرار گیرد؛ ۳. توانایی چند کاره روی حافظه‌ی تقسیم شده و توزیع شده ماشین‌ها؛ ۴. توانایی خوراندن داده‌های چهاربعدی؛ ۵. گزینه‌های فیزیکی بیشتر.

الگوی MMS توسط چندین برنامه‌ی کمکی حمایت شده است که منسوب به سیستم الگوسازی MMS می‌باشد.

1- Colle & et al

2 - MMS Modeling System Version3,2004

3 - Anthes

یک نمودار نمایشی برای بررسی دقیق سیستم الگوسازی تهیه شده است. این نمودار با هدف نمایش دستور برنامه‌ها و جریان داده‌ها و توضیح خلاصه توابع الگویی آن می‌باشد. مستندسازی برای برنامه‌های مختلف در سیستم‌های الگوسازی به صورت آنلاین موجود است.

داده‌های زمینی و هم‌فشار هواشناسی به صورت افقی درونیابی شده است (برنامه‌های TERREIN و REGRID) از یک بخش طول‌عرض تا یک محدوده با دقت بالا روی یک مرکاتور، لامبرت یا یک تصویر استریوگرافیک. بنابراین درونیابی جزئیات میان مقیاس را فراهم نمی‌کند، داده‌های درونیابی شده ممکن است توسط مشاهدات از شبکه‌های استاندارد سطحی و ایستگاههای رادیوسوند با استفاده از روش کرسمن یا طرح‌واره چند ربعی ارتقا یابد. برنامه‌ی INTERPF درونیابی عمودی را از سطوح فشاری تا مختصات سیگمای سیستم MM5 انجام می‌دهد. سطوح سیگمای نزدیک زمین از عوارض زمینی و سطوح سیگمای بالاتر از سطوح فشاری پیروی می‌کنند. به دلیل آنکه دقت عمودی و افقی و سائز منطقه‌ها متغیر است، برنامه‌های الگوسازی ابعاد پارامتریزه شللی را با مقادیر متغیر حافظه‌ی اصلی نیاز دارد. یک‌سری حافظه‌ی جانبی نیز به کار گرفته می‌شود.

بنابراین الگوی MM5 یک الگوی منطقه‌ای است که نیاز به یکسری شرایط الگویی مانند: شرایط مرزی جانبی جهت اجرا نیاز دارد. برای تهیه‌ی شرایط مرزی جانبی جهت اجرای الگو یکی از نیازها داده‌های شبکه شده برای پوشش کل دوره زمانی است که الگو تکمیل نموده است.

با توجه به ابعاد سلول‌های هم‌رفتی و اندازه شتاب قائم که در این سلول‌ها غیر قابل چشم‌پوشی است، لازم است برای شبیه‌سازی این پدیده از دستگاه معادلات غیر هیدروستاتیک استفاده شود. این بدان معنی است که الگوهایی که برای بررسی پدیده‌های هم‌رفتی مورد استفاده قرار می‌گیرند باید از نوع میان‌خرد مقیاس و نیز غیر هیدروستاتیک باشند.

یکی از الگوهای میان‌مقیاس غیر هیدروستاتیک که امروزه به طور نسبتاً گسترده‌ای در مطالعه‌ی فرایندهای هم‌رفتی مورد استفاده قرار می‌گیرد، الگوی MM5 است.

اخیراً قدرت تفکیک الگوهای منطقه‌ای تا چند کیلومتر افزایش یافته است. این گونه الگوها مانند ARPS یا MM5 نمی‌توانند از تقریب هیدروستاتیک بهره‌گیرند، زیرا تقریب هیدروستاتیک در این مقیاس‌ها معتبر

نیست. در سال‌های اخیر الگوهای غیر هیدروستاتیک دیگری توسعه یافته و مورد استفاده روزمره قرار گرفته‌اند. اخیراً استفاده از الگوهای تمام کره‌ای (جهانی) غیر هیدروستاتیک نیز رایج شده است.

## مواد و روش تحقیق

### الف) مواد

چون الگوی MM5 ابتدا برای شبیه‌سازی‌ها و مطالعه‌ی داده‌ی واقعی طراحي شده است، به مجموعه داده‌های زیر جهت اجرا نیاز دارد:

الف-۱) داده‌های توپوگرافی و کاربری زمین؛

الف-۲) داده‌ی شبکه شده که لاقبل، متغیرهای فشار سطح دریا، باد، دما، رطوبت نسبی و ارتفاع ژئوپتانسیل در ترازهای فشاری سطح زمین، ۱۰۰۰، ۸۵۰، ۷۰۰، ۵۰۰، ۴۰۰، ۳۰۰، ۲۵۰، ۲۰۰، ۱۵۰، ۱۰۰ میلی‌باری را شامل شود؛

الف-۳) داده‌های دیدبانی شامل گمانه‌زنی‌ها و گزارش‌های سطحی؛

الف-۴) مجموعه اصلی از داده‌های توپوگرافی، کاربری زمین و پوشش گیاهی را که گستره‌ی جهانی دارند با درجه‌ی تفکیک متفاوتی توسط کاربر برای الگو تعیین می‌شوند.

### ب) روش تحقیق

برای شبیه‌سازی و پیش‌بینی بارش‌های رگباری حاصل از سلول‌های هم‌رفتی با کمک الگوی MM5 روش‌های زیر به کار گرفته شد:

۱. ابتدا مبانی نظری الگوی MM5 و پیشینه‌ی استفاده از آن در شبیه‌سازی بارش‌های رگباری مورد بررسی قرار گرفت؛

۲. سپس مناطقی که بارش‌های رگباری در آن مناطق از فراوانی بیشتری برخوردار هستند، تعیین شدند؛

۳. بارش‌های رگباری در مناطق تعیین شده با استفاده از الگوی MM5 شبیه‌سازی شد؛

۴. خروجی‌های الگو بر اساس الگوهای بارش در منطقه‌ی مورد مطالعه، بررسی گردید؛

۵. توانایی الگو در پیش‌بینی بارش‌های رگباری حاصل از سلول‌های هم‌رفتی بررسی شد.

در این تحقیق با شبیه‌سازی بارش‌های رگباری در منطقه‌ی جنوب غرب ایران توسط این الگو، عملکرد آن مورد ارزشیابی قرار گرفته است.

برای انجام این بررسی، شش مورد را که در آن بارش‌های رگباری شدید رخ داده و شامل پدیده‌های مورد نظر در منطقه‌ی جنوب غرب (با طول و عرض جغرافیایی که در جدول الف مشاهده می‌شود) انتخاب و پس از بررسی نقشه‌های واقعی و الگوی MMS نتایج مورد بررسی قرار گرفت (که دو مورد آن در این جا توضیح داده می‌شود). چون فرایند بارش‌های هم‌رفتی دارای ابعاد افقی کوچک هستند، در این جا از طرح‌واره‌ای استفاده شده که ابعاد افقی حدود ده کیلومتر را بتواند شبیه‌سازی کند. بر اساس تحقیقات انجام شده، مطابق تنظیمات موجود در جدول الف، در مطالعه‌ی حاضر نزدیکترین جواب به واقعیت به دست آمد، لذا مناسب‌ترین طرح‌واره گریل<sup>۱</sup> و طرح‌واره لایه‌ی مرزی، بلکه آدر<sup>۲</sup> شناخته شد.

جدول الف - تنظیمات الگو در این مطالعه برای هریک از دامنه‌ها

طول جغرافیایی	۴۶ تا ۶۰ درجه شرقی
عرض جغرافیایی	۲۶ تا ۳۵ درجه شمالی
تعداد شبکه‌های تو در تو	۲
گام افقی شبکه	۹،۲۷ کیلومتر
طرح‌واره هم‌رفت	Grell
طرح‌واره لایه‌ی مرزی	Blackadar
گام زمانی داده‌ها	۲۱۶۰۰ S
زمان پیش‌بینی	۴۸ ساعت

## نتایج

بررسی نقشه‌ها (نقشه‌های واقعی) در روز ۲۵ و ۲۶ دسامبر ۲۰۰۴ (اشکال ۱ الی ۴) حاکی از نفوذ زبانه‌های پرفشار و سرد سبیری از سمت شمال شرق و همچنین تأثیر زبانه‌های کم فشار و گرم از شمال آفریقا در ساعات میانی این روز روی جنوب غرب کشور بود. همان‌گونه که انتظار می‌رفت، نفوذ این زبانه‌ی پرفشار منجر به

1. Grell
2. Blackadar



بارش‌های رگباری شدید در منطقه شد و با نفوذ هوای گرمی از شمال آفریقا و زبانه‌ی کم فشار به سمت منطقه‌ی مورد نظر و با جریانی که از سمت جنوب و از روی دریا به خشکی ایجاد نمود، زمینه برای شکل‌گیری سلول‌های هم‌رفتی نوع بارش‌های گزارش شده، نشان دهنده‌ی وقوع هم‌رفت در منطقه است. بر اساس تحقیقات انجام شده، نتایج الگو نیز به خوبی این بارش‌ها را شبیه‌سازی نمود. بررسی مقدار بیشینه و کمینه‌ی بارش پیش‌بینی شده توسط الگو و مقایسه‌ی آن با دیدبانی‌ها، نشان می‌دهد که کیفیت نتایج تولید شده مناسب‌اند (اشکال ۹ و ۱۱).

در روز ۱۶ تا ۱۷ نوامبر ۲۰۰۵ (اشکال ۵ الی ۸) همان‌گونه که در فصل قبل اشاره شد، منطقه‌ی جنوب غرب تحت تأثیر پرفشار سبیری و همچنین ناوای کم فشاری، که از جنوب به منطقه نفوذ کرده است، قرار دارد که منجر به شکل‌گیری سلول‌های بسته‌ی کم فشار شده است، لذا بارش‌های حاصل از سلول‌های هم‌رفتی ناشی از همان زبانه‌ی پرفشار و نیز بسته شدن سلول کم فشار در منطقه بوده است.

نتایج الگو برای روز شانزدهم قابل توجه است، اما نتایج روز هفدهم دارای اختلاف زیادی با واقعیت است (اشکال ۱۰ و ۱۲).

در دوره ۲۳ تا ۲۵ دسامبر ۲۰۰۵، نتایج شبیه‌سازی به وسیله‌ی الگو در مقایسه با الگوهای واقعی قابل توجه است و از لحاظ بارندگی نیز مقادیر بیشینه و کمینه‌ی مخصوصه در روز بیست و پنجم انطباق خوبی را نشان می‌دهند.

از نظر آماری می‌توان گفت، از ۵۲ درصد بهترین نتیجه تا ۹۵ درصد نامناسب‌ترین نتیجه حاصل شد.

جدول ب) نتایج مقایسه‌ی آماری بین نتایج الگو و مشاهده

روز	بایاس ۱	میانگین خطای مطلق ۲
۲۵ دسامبر ۲۰۰۴	-۰.۲۰۴	۱۱.۷۳
۱۶ نوامبر ۲۰۰۵	۰.۰۳۱	۱۲.۵۸
۱۷ نوامبر ۲۰۰۵	۱۳.۳۶۱۶	۱۵.۷۹

1 - Bias

2 - Mean Absolut Error (MAE)

همچنین در تصاویر ۱۳ الی ۱۶، می‌توان پهنه‌بندی داده‌های واقعی و داده‌های حاصل از الگو را مشاهده نمود.

با نتایج به دست آمده می‌توان گفت که الگوی مذکور توانایی پیش‌بینی بارش‌های حاصل از سیستم‌ها را به خوبی داراست. بر اساس نقشه‌های واقعی در بهترین مورد مطالعه که الگو پاسخ مناسبی را به دست داد، الگوهای واقعی نشان‌دهنده‌ی کُرفشاری تا سطوح بالایی بودند و ناپایداری را تا سطوح بالایی به خوبی می‌توان مشاهده نمود. اما در مورد دیگر، یعنی روز ۱۷ نوامبر، که الگو جواب نامناسبی داد، در نقشه‌های واقعی ناپایداری‌ها تنها در سطوح پایین نشان داده می‌شود و کُرفشاری نیز تنها در سطوح پایین است و این نشان‌دهنده‌ی این است که بارش‌ها در این روز حاصل از شرایط محلی بوده و الگو توانایی پیش‌بینی این نوع بارش‌ها را نداشته است.

بطور کلی می‌توان عوامل ایجاد خطا در نتایج به دست آمده را به شرح زیر دسته‌بندی نمود:

۱. با توجه به این‌که اطلاعات مربوط به دمای سطح دریا، که نقش شو و مه می‌در شکل‌گیری گردش‌های محلی و همچنین گردش‌های بزرگ مقیاس دارد، در دسترس نبوده و این اطلاعات به الگو داده نشده است؛

۲. احتمال خطا در تعیین رطوبت خاک در الگو؛

۳. انتشار خطا در الگو به دلیل استفاده از شبکه‌های تودرتو، که در این روش نتایج الگو در شبکه‌های بزرگ‌تر به عنوان شرایط مرزی برای شبکه‌های کوچک‌تر در نظر گرفته می‌شود؛

۴. همچنین باید توجه داشت که هم‌رفت پدیده‌ای است که در بازه‌ی زمانی و مکانی بسیار کوچک شکل می‌گیرد، لذا پیش‌بینی آن با توجه به محدودیت قدرت تفکیک در الگوی MM5 (۵ کیلومتر و بیشتر) کاری دشوار و همراه با خطا خواهد بود؛

۵. خطا در اطلاعات ثبت شده در ایستگاه‌ها (مانند خطا در ثبت میزان باران یا پدیده‌ها)؛

۶. خطا در مقادیر عددی بارش که توسط نرم‌افزار ترسیمی گردزاده‌های بارش درون‌یابی شده است.

## مشکلات و پیشنهادها

### الف) مشکلات

- به طور کلی می توان عوامل ایجاد خطا در نتایج به دست آمده را به شرح زیر دسته بندی نمود:
۱. خطا در اطلاعات ثبت شده در ایستگاهها (مانند خطا در ثبت میزان باران یا پدیدهها)؛
  ۲. با توجه به این که اطلاعات مربوط به دمای سطح دریا که نقش مؤثری در شکل گیری گردشهای محلی و همچنین گردشهای بزرگ مقیاس دارند دسترس نبوده این اطلاعات به الگو داده نشده است؛
  ۳. احتمال خطا در تعیین رطوبت خاک در الگو؛
  ۴. انتشار خطا در الگو به دلیل استفاده از شبکه های تودرتو، که در این روش نتایج الگو در شبکه های بزرگ تر به عنوان شرایط مرزی برای شبکه های کوچک تر در نظر گرفته می شود؛
  ۵. همچنین باید توجه داشت که همرفت پدیده ای است که در بازه های زمانی و مکانی بسیار کوچک شکل می گیرد، لذا پیش بینی آن با توجه به محدودیت قدرت تفکیک در الگوی MMS (۵ کیلومتر و بیشتر) کاری دشوار و همراه با خطا خواهد بود؛
  ۶. خطا در مقادیر عددی بارش، که توسط نرم افزار ترسیمی GrADS داده های بارش درون یابی شده است.

### ب) پیشنهادها

- با بررسی های انجام شده روی موارد نمونه های مطالعه می توان گفت که الگو در بیشترین موارد نتایج نسبتاً قابل قبولی را تولید کرده است و در برخی موارد توانایی پیش بینی بارش های رگباری را دارد. اما به دلیل این که همرفت پدیده ای است که در بازه های زمانی و مکانی بسیار کوچک شکل می گیرد، لذا به نظر می رسد که می توان راهکارهای زیر را جهت تولید نتایجی با کیفیت کمیت بهتر ارائه کرد:
۱. کاربرد طرح وارهای لایه ای مرزی مختلف تا بتوان نتایج را مقایسه نمود و توانایی الگو را بهتر ارزشیابی نمود؛
  ۲. باید ورودیهای لایه الگو و یا به عبارتی شرایط مرزی از قبیل توپوگرافی را با دقت بیشتری تعیین نمود و همچنین خطای مقادیر مشاهداتی را در نظر گرفت؛
  ۳. اطلاعات منطقه ای (بخش little-r در الگو) به عنوان ورودی در بخشی از الگو وارد شود؛
  ۴. اطلاعات مربوط به سطح آب و یا به عبارتی داده های ایستگاهی دریایی در نظر گرفته شود؛
  ۵. نوشتن برنامه ای جهت درون یابی دقیق داده های بارندگی توسط الگو؛
  ۶. با توجه به این که در بیشتر موارد مورد مطالعه، اریبی منفی به دست آمده است، (به عبارتی مقادیر الگو از مقادیر دیدبانی شده کمتر است) پیشنهاد می شود با مطالعه ای موارد بیشتر در منطقه ای مورد مطالعه یک ضریب تصحیح برای نتایج الگو پیدا نمود.

### تقدیر و تشکر

در نهایت از مرکز پیش بینی و خدمات ماشینی سازمان هواشناسی و به خاطر همکاری های بی دریغ شان سپاسگزاری می نمایم.

## منابع و مأخذ

۱- سبزی پرور، علی اکبر، (۱۳۷۰)، بررسی سینوپتیکی سامانه‌های سیل‌زا در جنوب غرب ایران، پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، مؤسسه ژئوفیزیک.

- 2-Anthes, R.A., Y.H.Kuo, S.G.Benjamin, Y.F.Li, 1982: *The evolution of the mesoscale environment of severe local storms*, Preliminary modeling result. *Mon. Wea. Rev.* 110, 1187-1213.
- 3-Anthes, T.A., 1977, *A Cumulus Parameterization Scheme Utilizing a One Dimensional Cloud Model*, *Monthly Weather Review*, 105, 270-286.
- 4-Atkins, N.T., R.M. Wakimoto, and T.M. Weckwerth, 1995: *Observations of the sea-breeze front during CAPE*. Part II: dual-Doppler and aircraft analysis. *Mon. Wea. Rev.*, 944-969.
- 5-Blanchard, D. O, and R. E. Lopez, 1985: *Spatial Patterns of Convection in South Florida*. *Mon. Wea. Rev.*, 113, 1282 - 1299.
- 6-Boybeyi, Z, and S. Raman, 1992: *A three-dimensional numerical sensitivity study of convection over the Florida peninsula*. *Bound. Lay. Meteorol*, 60 325 - 359.
- 7-Byers, H. R., and H. R. Rodebush, 1948: *Causes of thunderstorms of the Florida Peninsula*. *J. Meteor.*, 5, 275 - 280.
- 8-Chen, Y.-L., and J.-J. Wang, 1995: *The effects of precipitation on the surface temperature and airflow over the Island of Hawaii*. *Mon. Wea. Rev.*, 123, 681 - 694.
- 9-Colle, B.A, C.F. Mass, 2000, *Sensitivity studies and evaluation of the MM5 precipitation forecasts*. *Mon. Wea. Rev.* 128, 593-617.
- 10- Dudhia, J., 1993: *A nonhydrostatic version of the Penn-State-NCAR mesoscale model: Validation tests and simulation of an Atlantic cyclone and cold front*. *Mon. Wea. Rev.* 121, 1493 - 1513.
- 11- Kain, J.S, and J.M. Fritsch, 1990: *A one dimensional entraining/detraining plume model and its application to convective parameterization*. *J. Atmos. Sci.*, 47, 2784-2802.
- 12- Kingsmill, D. E., 1995: *Convection initiation associated with a sea-breeze front, a gust front, and their collision*. *Mon. Wea. Rev.*, 123, 2913 - 2933.
- 13- Lyons, W. A., C. J. Tremback, and R. A. Pielke, 1995: *Applications of the Regional Atmospheric Modeling System (RAMS) to provide input to photochemical grid models for the Lake-Michigan Ozone study (LMOS)*. *J. Appl. Meteorol.*, 34, 1762 - 1786.

- 14- Nichols, M.E., R.A. Pielke, W.R. Cotton, 1991: *A two-dimensional numerical investigation of the interaction between sea breezes and deep convection over the Florida peninsula*. Mon. Wea. Rev., 119, 298 - 323.
- 15- Pielke, R. A., 1984: *Mesoscale Numerical Modelling*. Academic Press, New York, 612 pp.
- 16- PSU/NCAR Mesoscale Modeling System, *Tutorial Class Notes and User's Guide:MM5 Modeling System Version3,2004*
- 17- Watson, A. I., and D. O. Blanchard, 1984: *The relationship between total area divergence and convective precipitation in south Florida*. Mon. Wea. Rev., 112,673 - 685.

#### مشخصات نویسندگان:

دکتر امیر حسین مشکواتی، استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

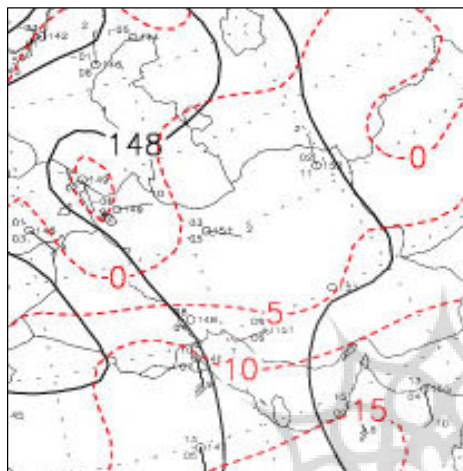
دکتر مجید مزرعه فراهانی، عضو هیأت علمی مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

شهرزاد قندهاری، کارشناس ارشد پژوهشکده اقلیم شناسی مشهد.

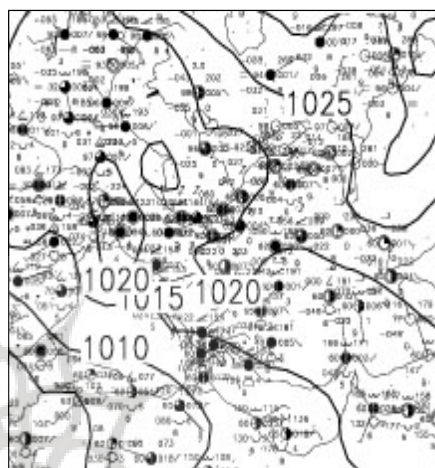
سمیه جعفری، کارشناس سازمان هواشناسی کشور.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

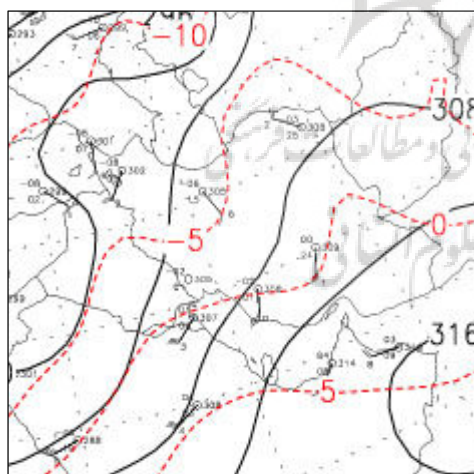
## نقشه‌های واقعی سطح زمین



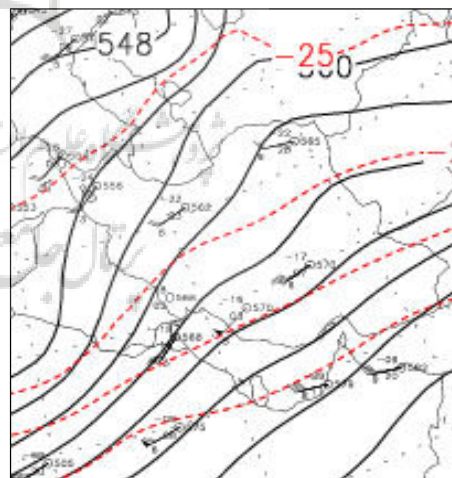
شکل ۲- نقشه سطح ۸۵۰ میلی باری روز ۲۵ دسامبر



شکل ۱- نقشه سطح زمین روز ۲۵ دسامبر ۲۰۰۴

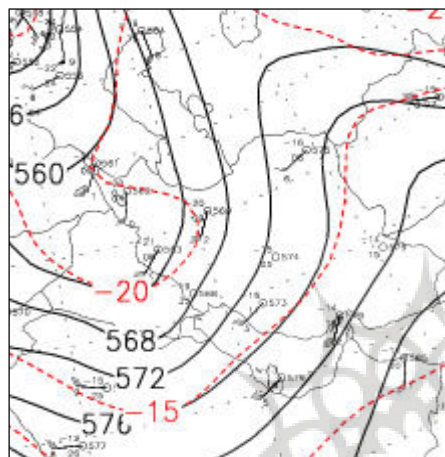


شکل ۴- نقشه سطح ۷۰۰ میلی باری روز ۲۵ دسامبر ۲۰۰۴

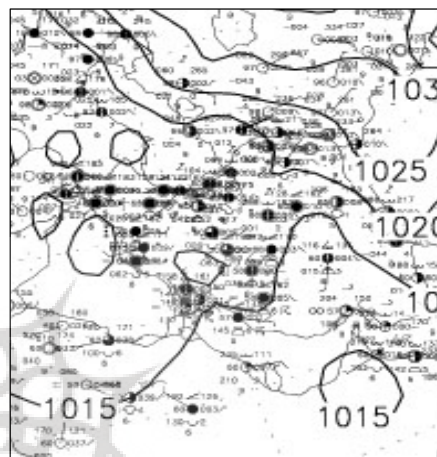


شکل ۳- نقشه سطح ۵۰۰ میلی باری روز ۲۵ دسامبر ۲۰۰۴

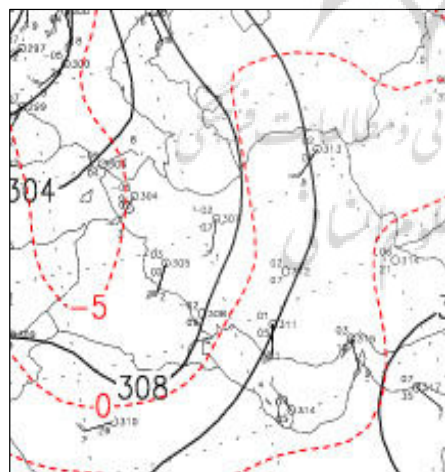
## نقشه های واقعی سطح زمین



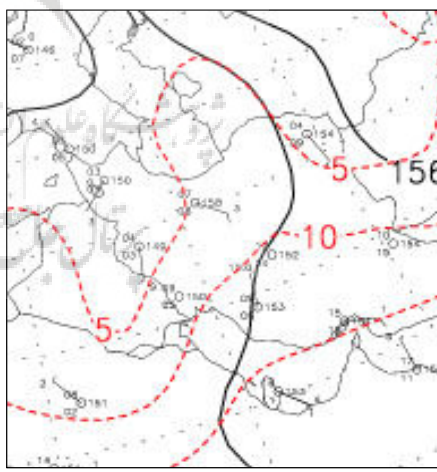
شکل ۶- نقشه سطح ۸۵۰ میلی باری  
روز ۱۷ نوامبر ۲۰۰۵



شکل ۵- نقشه سطح زمین  
روز ۱۷ نوامبر ۲۰۰۵

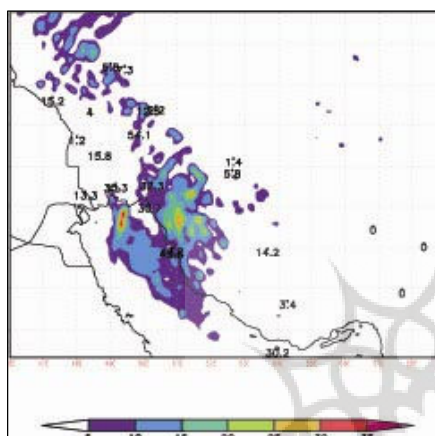


شکل ۸- نقشه سطح ۷۰۰ میلی باری  
روز ۱۷ نوامبر ۲۰۰۵

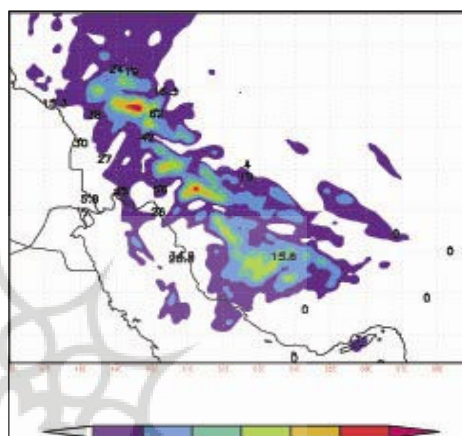


شکل ۷- نقشه سطح ۵۰۰ میلی باری  
روز ۱۷ نوامبر ۲۰۰۵

## نقشه‌های حاصل از مدل



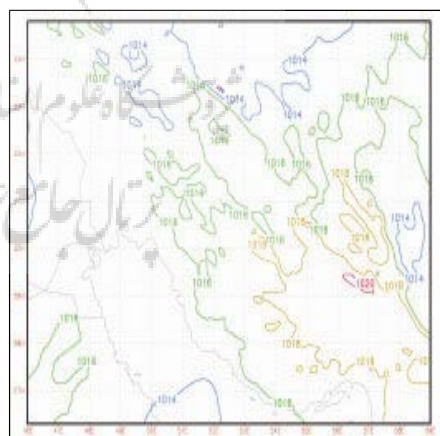
شکل ۱۰- نقشه بارندگی  
روز ۱۷ نوامبر ۲۰۰۵



شکل ۹- نقشه بارندگی  
روز ۲۵ دسامبر ۲۰۰۴



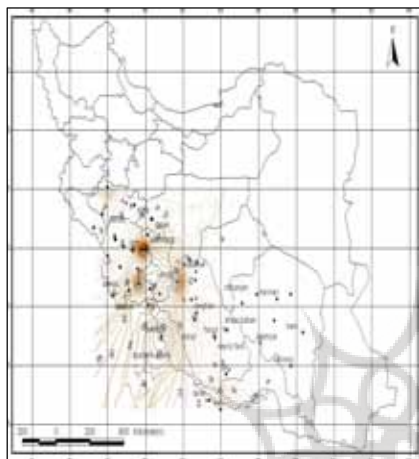
شکل ۱۲- نقشه سطح فشاری  
روز ۱۷ نوامبر ۲۰۰۵



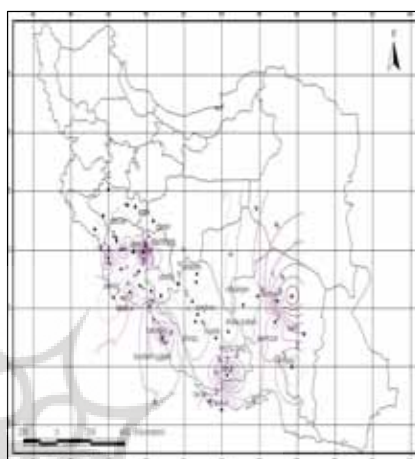
شکل ۱۱- نقشه سطح فشاری  
روز ۲۵ دسامبر ۲۰۰۴



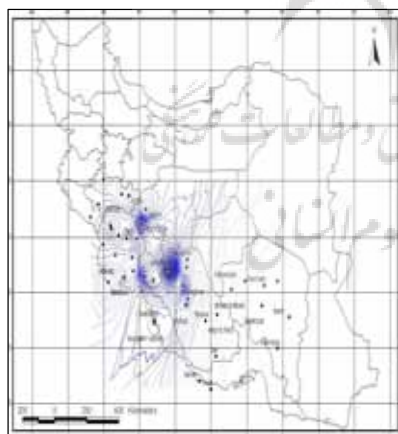
مقایسه پهنه بندی داده های واقعی و داده های حاصل از مدل با استفاده



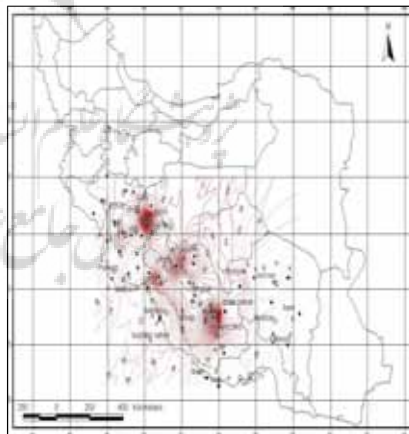
شکل ۱۴- نتایج بارندگی حاصل  
از مشاهدات



شکل ۱۳- نتایج بارندگی حاصل  
از مدل



شکل ۱۶- نتایج بارندگی حاصل از  
مشاهدات



شکل ۱۵- نتایج بارندگی حاصل  
از مدل