

## ارزیابی آماری خروجی مدل CMORPH در برآورد بارش شمال شرق ایران (مطالعه موردی: خراسان شمالی)

آمنه میان آبادی<sup>\*۱</sup> - امین علیزاده<sup>۲</sup> - حسین ثنائی نژاد<sup>۳</sup> - محمد بنایان اول<sup>۴</sup> - علیرضا فریدحسینی<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۵/۲۰

### چکیده

بارش یکی از پارامترهای ورودی مهم مدل‌های مختلف گیاهی و هیدرولوژی می‌باشد. در پروژه‌های مختلف مدیریتی و پژوهشی بیشتر از داده‌های بارش زمینی برداشت شده در ایستگاه‌ها استفاده می‌شود. از آنجا که این ایستگاه‌ها دارای پوشش جغرافیایی بسنده ای نیستند، کاربرد آن‌ها با خطا همراه است. گرچه بهره‌گیری از روش‌های گوناگون درون یابی از راهکارهای پذیرفته شده برای برآورد بارش در مناطق بدون ایستگاه است، کاربرد این روش‌ها همراه با کاستی‌های فراوانی نیز هست. در گذر چند دهه گذشته، با در هم آمیختن دانش و فناوری سنجش از دور با پدیده‌های هواشناسی، مدل‌های پیشرفته‌ای برای برآورد ویژگی‌های بارش پیشرفت داده شده اند که دارای توانایی‌های بالای آشکارسازی مکانی و زمانی هستند. در این پژوهش از بین مدل‌های ارائه شده، صحت سنجی مدل CMORPH در برآورد بارش شمال شرق ایران بررسی شده است. یافته‌ها نشان داد که این مدل در مقیاس روزانه دستاورد چندان پذیرفتنی ندارد، اما در مقیاس ماهانه و فصلی، یافته‌ها از ریزینی بالاتری برخوردار هستند. بیشترین همبستگی مدل با داده‌های ایستگاه‌ها در مقیاس روزانه در ایستگاه فاروج و نامانلو و به میزان ۰/۳۱ بود. در مقیاس ماهانه بیشترین همبستگی در ایستگاه‌های بارزو، نامانلو و سه یک آب و به میزان ۰/۶۲ و در مقیاس فصلی در ایستگاه غلامان و به میزان ۰/۶۳ دیده شد. گرچه مدل CMORPH در آشکارسازی روزهای بارانی تا اندازه‌ای کارایی داشته، اما در برآورد روزهای تر و خشک، میانگین بارش سالانه و تعیین تعداد روزهای غیر بارانی نتایج قابل قبولی را به همراه نداشت.

واژه‌های کلیدی: بارش، درون‌یابی، سنجش از دور، مدل CMORPH

### مقدمه

مختلف درون‌یابی استفاده می‌شود که هر کدام از این روش‌ها دارای معایبی می‌باشد که به عنوان مثال می‌توان به عدم دقت مناسب روش‌ها یا نیاز به داده‌های فراوان اشاره کرد. در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی جهت توسعه روش‌های مختلف تخمین بارش با استفاده از تصاویر ماهواره ای برای افزایش دقت تخمین بارش در پهنه‌های بدون ایستگاه صورت گرفته است. در همین زمینه مدل‌هایی با استفاده از فن سنجش از دور و تصاویر ماهواره ای در مقیاس جهانی و با توان تفکیک بالای مکانی و زمانی ارائه شده است که از آن جمله می‌توان به مدل PERSIANN<sup>(۸)</sup> (۸ و ۱۶)، CMORPH<sup>(۱۱)</sup> (۱۱)، PERSIANN-CCS<sup>(۷)</sup> (۷) و TMPA (۹) اشاره

یکی از مهمترین پارامترهای ورودی مدل‌های مختلف هیدرولوژی و گیاهی بارش می‌باشد. بنابراین کیفیت و فراهم بودن داده‌های مناسب بارش در مناطق مختلف جهت استفاده در زمینه‌های کشاورزی، هیدرولوژی و مدیریت منابع آب و آبیاری دارای اهمیت زیادی است. هم‌اکنون بیشترین داده‌های بارش از ایستگاه‌های زمینی هواشناسی و بارانسنجی گردآوری می‌شود. این در حالی است که شبکه ایستگاه‌های اندازه‌گیری بارش در بیشتر مناطق و به ویژه در کشورهای در حال پیشرفت از پوشش مکانی خوبی برخوردار نمی‌باشد. از طرفی برای تخمین بارش در مناطق فاقد ایستگاه از روش‌های

6- Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information Using Artificial Neural Networks  
7- Climate Prediction Center (CPC) morphing technique  
8- PERSIANN-Cloud Classification System

۱، ۲، ۳ و ۵- به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد، دانشیار و استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد  
(\*) - نویسنده مسئول: (Email: amianabadi@stu.um.ac.ir)  
۴- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

این مدل از عرض ۶۰ درجه جنوبی تا ۶۰ درجه شمالی را پوشش می‌دهد. داده‌های میکروویو غیر فعال در مدل CMORPH توسط سنجنده SSM/I در ماهواره‌های DMS13، DMS14 و DMS15، سنجنده AMSU-B در ماهواره‌های NOAA15، NOAA16 و NOAA17 و نیز سنجنده TMI در ماهواره TRMM تهیه می‌شوند. تصاویر مادون قرمز نیز از طریق ماهواره‌های GOES-5، GOES-8، GOES-10، GMS-5 و Meteosat-7، Meteosat-5 به دست می‌آید (۱۱). شدت و شکل بارش توسط تصاویر میکروویو و با توجه به میزان پراکنش و انتشار از قطرات باران محاسبه می‌شود. در زمان‌هایی که این تصاویر موجود است، بین بارش حاصل از این تصاویر و دمای بالای ابر به دست آمده از تصاویر مادون قرمز رابطه‌ای به دست می‌آید که با استفاده از این رابطه در زمان‌هایی که تصاویر میکروویو موجود نیست، مقدار بارش با استفاده از تکنیک مورفینگ<sup>۴</sup> تخمین زده می‌شود. توضیح بیشتر در مورد این تکنیک منبع جویس و همکاران (۱۱) آمده است.

جویس و همکاران (۱۱) در تحقیق خود جهت معرفی مدل CMORPH، با مقایسه خروجی مدل با ایستگاه‌ها در استرالیا و ایالات متحده به این نتیجه رسیدند که مدل فوق با مقدار RMSE معادل ۴ تا ۱۴ میلی‌متر تخمین خوبی از بارش در این مناطق ارائه می‌دهد (۱۱). جیانگ و همکاران (۱۰) با مقایسه مدل‌های TMPA و CMORPH به این نتیجه رسیدند که مدل CMORPH نسبت به TMPA دقت کمتری در تخمین بارش دارد (۱۰). نتایج تحقیق رومیلی و جبرمایکل (۱۵) در حوضه رودخانه اتیوپی نشان داد که مدل CMORPH نسبت به مدل PERSIANN از دقت بیشتری در تخمین بارش حوضه برخوردار است، اما نسبت به مدل TMPA دقت کمتری دارد (۱۵). زیوولدی و جبرمایکل (۲۱) مقادیر بارش حاصل از مدل CMORPH را با رادار مقایسه نموده و مشاهده نمودند که مدل CMORPH در تخمین بارش در زمستان فروروبر آورد و در تابستان فراب‌آورد داشته است (۲۱).

داده‌های حاصل از تصاویر ماهواره ای معمولاً دارای خطاهایی هستند که ناشی از عواملی همچون تناوب نمونه برداری، میدان دید غیر یکنواخت سنجنده‌ها و عدم قطعیت در الگوریتم‌های استخراج بارش می‌باشد. همچنین میزان دقت مدل در بعضی موارد به رژیم بارندگی و ارتفاع نیز بستگی دارد که می‌تواند باعث خطا در مدل شود (۱۵). بنابراین صحت سنجی این مدل‌ها با استفاده از داده‌های بارش زمینی برای بررسی میزان قابل اعتماد بودن محصولات ماهواره ای در این زمینه ضروری است (۱۴). از آنجا که کارایی مدل CMORPH تاکنون در ایران ارزیابی نشده است، هدف اصلی این پژوهش، بررسی و صحت سنجی این مدل در تخمین بارش منطقه

کرد. این مدل‌ها می‌توانند نقشه‌های جهانی بارش را با توان تفکیک زمانی کمتر از ۳ ساعت و مکانی کوچکتر از ۰/۲۵ درجه را فراهم کنند. این مدل‌ها باید پیش از استفاده در زمینه‌های مختلف با داده‌های زمینی مقایسه شده و دقت آن‌ها در تخمین بارش مورد بررسی قرار گیرد. در این زمینه تحقیقات مختلفی در سراسر جهان انجام شده است که در این پژوهش‌ها خروجی مدل‌ها با مقادیر بارش ثبت شده در ایستگاه‌های بارانسنجی و یا رادارها مقایسه گردیده است (۱، ۲، ۳، ۵، ۱۲، ۱۷ و ۱۹). بیشتر این تحقیقات نشان داده است که این مدل‌ها از دقت قابل قبولی در تخمین بارش برخوردار می‌باشند. برخی از پژوهشگران نیز به منظور افزایش دقت تخمین، بارش به دست آمده از مدل‌ها را با استفاده از تکنیک‌های مختلف با بارش ثبت شده در ایستگاه‌ها ترکیب کرده اند (۴، ۱۰، ۱۳ و ۲۰). اما این روش‌ها در شرایطی که مدل‌های سنجش از دور تخمین خوبی از بارش نداشته باشند و یا تعداد ایستگاه‌های بارانسنجی کافی نباشد، دقت چندانی نخواهد داشت (۱۰).

تصاویر حاصل از طیف مادون قرمز از سنجنده‌هایی به دست می‌آیند که در ماهواره‌های زمین‌آهنگ قرار دارند، بنابراین علی‌رغم داشتن تفکیک زمانی بسیار بالا، دارای تفکیک مکانی چندان مناسبی نمی‌باشد. همچنین از آن‌جا که این تصاویر دمای بالای ابر را نشان می‌دهند، نمی‌توان ادعا کرد که بین بارش رخ داده و دمای بالای ابر رابطه خوبی وجود دارد (۱۱). همچنین به دلیل عدم تمایز مناسب بین ابرهای مختلف توسط این تصاویر، نمی‌توان به خوبی بارش باران را پیش بینی نمود. لذا استفاده از این تصاویر به تنهایی ثمربخش نیست (۱۱). از طرفی سیگنال‌های میکروویو غیر فعال<sup>۱</sup> می‌تواند با جذب انتشار حرارتی قطرات باران و پراکنش تابش ناشی از وجود ذرات یخ و سیستم‌های همرفتی، به پیش بینی وقوع بارش کمک کند. همچنین به دلیل استفاده از سنجنده‌های آن در ماهواره‌های مدار قطبی، این تصاویر از توان تفکیک مکانی بهتری نسبت به تصاویر مادون قرمز برخوردار هستند. بنابراین ترکیب این دو نوع تصاویر می‌تواند باعث تخمین بهتر بارش با استفاده از فن سنجش از دور شود (۱۱).

مدل CMORPH در سال ۲۰۰۴ توسط جویس و همکاران (۱۱) در مرکز پیش بینی اقلیم NOAA<sup>۲</sup> ارائه شد. خروجی این مدل مقدار بارش بر مبنای تصاویر ماهواره ای است و از دسامبر ۲۰۰۲ تاکنون بر روی سایت NOAA<sup>۳</sup> قرار دارد. تفکیک زمانی و مکانی این مدل به ترتیب ۳ ساعت و ۰/۲۵ درجه می‌باشد. نسخه دیگری از مدل فوق نیز ارائه شده است که دارای تفکیک زمانی و مکانی ۳۰ دقیقه و ۸ کیلومتر می‌باشد، اما داده‌های آن تنها برای دو ماه اخیر موجود است.

1- Passive MicroWave (PMW)

2 - National Oceanic and Atmospheric Administration

3 - ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov

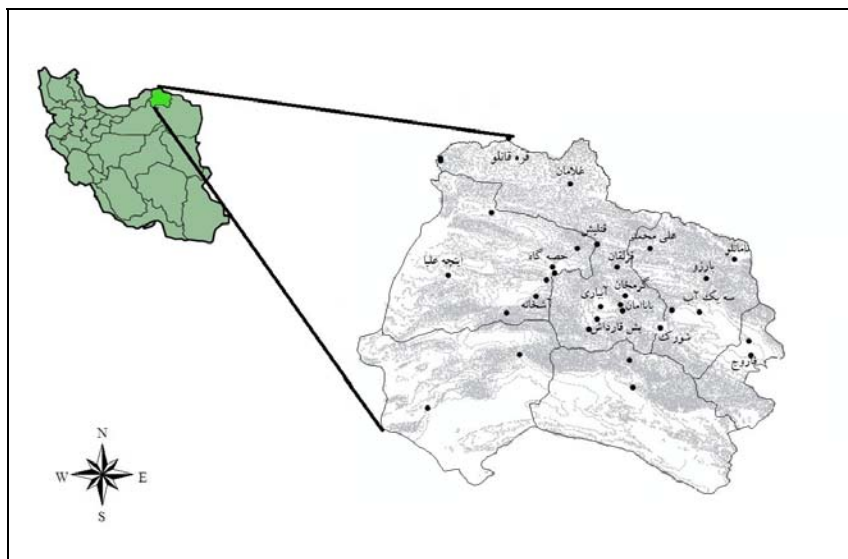
4- Morphing

شمال شرق ایران می‌باشد.

مختلف و صحت سنجی آن از تعداد ۱۷ ایستگاه بارانسنجی سازمان آب منطقه ای خراسان شمالی که دارای داده‌های کاملی در فاصله زمانی ۲۰۰۳-۲۰۰۸ بودند، استفاده شد. مشخصات این ایستگاه ها در جدول ۱ و موقعیت جغرافیایی آنها در شکل ۱ آمده است.

### مواد و روش‌ها

برای بررسی دقت مدل CMORPH در تعیین میزان بارش نقاط



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های بارانسنجی در خراسان شمالی (نام ایستگاه‌های مورد مطالعه در شکل آمده است)

جدول ۱- مختصات ایستگاه‌های بارانسنجی مورد بررسی در خراسان شمالی

نام ایستگاه	طول جغرافیایی		عرض جغرافیایی		ارتفاع از سطح دریا متر
	درجه	دقیقه	درجه	دقیقه	
گرمخان	37	31	57	28	946
فاروج	37	14	58	13	1194
نامانلو	37	40	58	7	1830
سد شورک	37	22	57	41	1168
آشخانه	37	33	56	55	751
شیروان (سه یک آب)	37	24	57	55	1138
علی محمد	37	44	57	37	1300
بارزو	37	36	57	57	1423
اینچه علیا	37	37	56	24	748
بابالمان	37	28	57	26	1019
قرلقان	37	39	57	24	1052
قتلیش	37	48	57	18	977
حصه گاه	37	40	57	2	800
غلامان	38	3	57	8	1239
قره قانلو	38	15	56	44	943
بش قارداش	37	24	57	17	1116
آبیاری بجنورد	37	27	57	19	1087

دقت مدل در تعیین تعداد روزهای خشک و تر و میانگین مجموع بارش سالانه نیز مورد بررسی قرار گرفت.

## نتایج و بحث

یافته‌های آماری نشان داد که مدل فوق در مقیاس‌های مختلف زمانی نتایج قابل قبولی ارائه نمی‌دهد. همان گونه که در جدول ۲ دیده می‌شود، ضریب همبستگی اسپیرمن در مقیاس روزانه در ایستگاه‌های مورد بررسی از ۰/۳۱ (فاروج و نامانلو) بیشتر نمی‌باشد که این مقدار همبستگی چندان قابل توجه نیست. کمترین مقدار همبستگی نیز در ایستگاه‌های علی محمد، قره قانلو و غلامان و به میزان ۰/۲۱ دیده می‌شود.

در مقیاس ماهانه، ضریب همبستگی بهتر از مقیاس روزانه بوده و در بعضی از ایستگاه‌ها تا ۰/۶۲ همبستگی (بارزو، نامانلو و سه یک (آب) دیده می‌شود. در این مقیاس کمترین همبستگی برابر ۰/۳۷ و مربوط به ایستگاه آشخانه می‌باشد. در مقیاس فصلی دامنه ضریب همبستگی از ۰/۳۵ در قره‌قانلو تا ۰/۶۳ در غلامان تغییر می‌کند. بررسی‌های انجام شده نشان داد که ضریب همبستگی در ایستگاه‌هایی که روزهای بارانی بیشتری دارند، بالاتر است. کمترین اختلاف بین نتایج مدل و بارش ایستگاه‌ها، در فصل تابستان و بیشترین اختلاف در فصل زمستان دیده می‌شود که این امر می‌تواند به دلیل رژیم مدیترانه‌ای بارش‌های ایران باشد. خصوصیت اصلی رژیم بارندگی مدیترانه‌ای بارش‌های زمستانه و خشکی تابستانه آن است.

شکل ۲ نیز همبستگی خروجی مدل با ایستگاه‌ها را به ترتیب در مقیاس‌های روزانه، ماهانه و فصلی برای سه ایستگاه نامانلو، فاروج و سه یک آب به عنوان نمونه نشان می‌دهد. خروجی‌های مدل CMORPH نشان می‌دهد که بارش حاصل از مدل نسبت به ایستگاه‌ها از پراکنش زمانی بیشتری در طول سال برخوردار بوده و مقدار آن نیز کمتر است که این مسئله می‌تواند بر میزان ضریب همبستگی، MBE و RMSE اثر قابل توجهی داشته باشد. مقادیر MBE و RMSE در مقیاس‌های مختلف زمانی در جدول ۲ دیده می‌شود. در مقیاس روزانه، تعداد زیاد روزهای بدون بارش اثر قابل توجهی بر میزان ضریب همبستگی، MBE و RMSE گذاشته است و بنابراین علیرغم وجود همبستگی بسیار کم روزانه، مقادیر این دو معیار در مقیاس روزانه بسیار کمتر از مقادیر آن‌ها در مقیاس ماهانه و فصلی می‌باشد. همچنین می‌توان گفت به دلیل اینکه مدل از نظر همزمانی وقوع بارش با ایستگاه نیز دقت قابل قبولی را نشان نمی‌دهد، بنابراین مجموع بارش ماهانه و فصلی در مدل هماهنگی چندانی با ایستگاه‌ها نداشته و به دلیل اختلاف زیاد بین دو مجموعه داده، مقادیر بالایی

برای صحت سنجی مدل، داده‌های بارش ۳ ساعته برای سالهای ۲۰۰۳-۲۰۰۸ از سایت NOAA تهیه شد. خروجی مدل CMORPH شامل شبکه‌ای از نقاط با فاصله ۰/۲۵ درجه می‌باشد و لذا داده‌های بارش ایستگاه‌هایی که بر روی نقاط شبکه موجود نیستند، با درونیابی مقادیر بارش ۴ نقطه اطراف ایستگاه به دست آمد. به این منظور برنامه‌ای جهت خواندن خروجی مدل برای منطقه مورد نظر و تعیین بارش در نقاط مربوط به هر ایستگاه با زبان برنامه نویسی C نوشته شد. لازم به ذکر است که برای عرض‌های جغرافیایی، ۰/۲۵ درجه برابر ۲۷/۸ کیلومتر می‌باشد، در حالی که برای طول‌های جغرافیایی مختلف این مقدار از ۲۲/۲ کیلومتر در عرض ۳۷ درجه شمالی یا جنوبی تا ۲۷/۸ کیلومتر در استوا تغییر می‌کند (۱۸). معیارهای خطا سنجی مورد استفاده جهت بررسی دقت مدل شامل RMSE, MBE و ضریب همبستگی ناپارامتریک اسپیرمن می‌باشد. این معیارها در سه مقیاس روزانه، ماهانه و فصلی مورد بررسی قرار گرفت. جهت محاسبه ضریب همبستگی اسپیرمن بین داده‌های بارش اندازه‌گیری شده و خروجی مدل از نرم افزار SPSS 11.5 استفاده شد. همچنین سه شاخص آماری طبقه بندی<sup>۱</sup> شامل احتمال آشکارسازی (POD<sup>۲</sup>)، نرخ هشدار اشتباه (FAR<sup>۳</sup>) و شاخص آستانه موفقیت (CSI<sup>۴</sup>) برای میزان دقت مدل در تخمین روزهای بارانی مورد بررسی قرار گرفت. شاخص احتمال آشکارسازی نشان دهنده میزان دقت مدل در تشخیص وقوع بارش است. نسبت آشکارسازی اشتباه نیز مواردی را نشان می‌دهد که در آن مدل وقوع بارش را نشان داده است، اما در ایستگاه بارشی رخ نداده است. شاخص بحرانی موفقیت نیز نشان دهنده نسبتی از وقوع بارش است که توسط مدل به درستی تشخیص داده شده است. برای محاسبه این شاخص‌ها از معادلات ۱ تا ۳ استفاده می‌شود (۶).

$$POD = \frac{RR}{RN + RR} \quad (1)$$

$$FAR = \frac{NR}{RR + NR} \quad (2)$$

$$CSI = \frac{RR}{RR + RN + NR} \quad (3)$$

در این معادلات حرف R نشانه وقوع بارش و حرف N نشانه عدم وقوع بارش است. در هر ترکیب حرف اول مربوط به ایستگاه و حرف دوم مربوط به مدل می‌باشد. به عنوان مثال NR معرف تعداد روزهایی است که در ایستگاه بارشی رخ نداده اما مدل وقوع بارش را نشان می‌دهد. در بهترین حالت ممکن مقادیر POD, FAR و CSI به ترتیب برابر ۱، ۰ و ۱ می‌باشد. علاوه بر معیارهای نام برده، میزان

1 - categorical statistical indices

2 - Probability Of Detection

3 - False Alarm Ratio

4 - Critical Success Index

مختلف نشان می‌دهد. بیشترین مقدار POD در ایستگاه فاروج و به میزان ۰/۸۳، کمترین مقدار FAR در ایستگاه بابامان و به میزان ۰/۷۵ و بیشترین مقدار CSI برابر ۰/۲۴ و برای ایستگاه نامانلو به دست آمد. مقادیر بالای POD نشان دهنده این است که مدل به خوبی توانسته است روزهای بارانی را آشکارسازی کند، اما در مقابل مقادیر بالای FAR نشان می‌دهد که تعداد روزهای غیر بارانی در مدل و ایستگاه‌ها دارای تطابق خوبی نمی‌باشند. مقادیر CSI نیز نشان می‌دهد که به طور کلی مدل CMORPH در منطقه شمال شرق به خوبی نتوانسته است روزهای بارانی و غیر بارانی را از هم تفکیک کند.

جدول ۴ نشان می‌دهد که مدل CMORPH در تخمین متوسط بارش سالانه و تعداد روزهای تر و خشک منطقه شمال شرق ایران نیز از دقت خوبی برخوردار نمی‌باشد. تفاوت بسیار زیاد تعداد روزهای تر نیز نشان دهنده توزیع بارش تخمین زده شده توسط مدل CMORPH در طول سال می‌باشد.

### نتیجه گیری

در تحقیق حاضر صحت سنجی مدل CMORPH در تخمین بارش شمال شرق ایران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی این مدل در منطقه خراسان شمالی نشان داد که مدل فوق در تخمین بارش روزان هاین منطقه دارای دقت خوبی نمی‌باشد.

از MBE و RMSE دیده می‌شود. کمترین مقدار RMSE در مقیاس‌های روزانه، ماهانه و فصلی به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های فاروج (۲/۵۱)، فاروج (۲۰/۸۳) و اینچه علیا (۴۵/۳۳) و بیشترین آن مربوط به ایستگاه‌های علی محمد (۴/۲۵)، آشنخانه (۳۵/۳۰) و حصه گاه، (۷۹/۲۷) می‌باشد. با توجه به مقادیر MBE مشاهده می‌شود که مقدار بارش تخمین زده شده توسط مدل CMORPH در بعضی از ایستگاه‌ها فرابرد و در برخی دیگر فرورآورد داشته است و هیچ‌گونه خاصی در تخمین بارش توسط مدل در هیچ یک از مقیاس‌های زمانی دیده نمی‌شود.

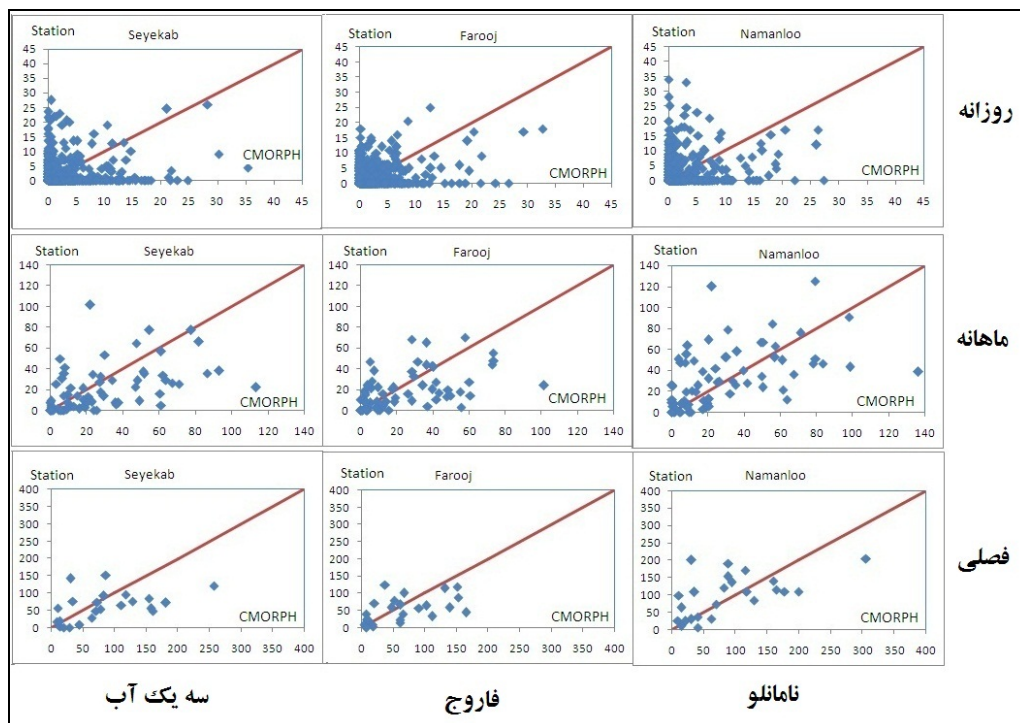
به نظر می‌رسد یکی از دلایل اصلی اختلافات موجود، شبکه مدل CMORPH می‌باشد. با وجود فاصله ۰/۲۵ درجه ای بین نقاط شبکه که تقریباً برابر ۲۸ کیلومتر می‌باشد، احتمال آشکارسازی برخی از سیستم‌های همرفتی ضعیف بوده و لذا احتمال دارد که مدل نتواند بارش‌های سنگین را به خوبی برآورد کند. با توجه به این که این مدل بیشتر در گستره‌های پرباران دقت خوبی در برآورد بارش نشان داده است، لذا می‌توان گفت که در مناطق خشک و نیمه خشک به علت اینکه ابرها پس از تشکیل دوام زیادی نداشته و به سرعت از بین می‌روند، لذا سنجنده‌ها نمی‌توانند به خوبی دمای بالای ابر را روندیابی کنند که این مسئله می‌تواند باعث کاهش دقت آنها در تخمین بارش در این مناطق شود.

جدول ۳ نیز شاخص‌های آماری طبقه بندی را برای ایستگاه‌های

جدول ۲- معیارهای خطا سنجی محاسبه شده در ایستگاه‌های مورد بررسی

شاخص	ضریب همبستگی اسپیرمن*		RMSE		MBE		مقیاس
	روزانه	ماهانه	فصلی	روزانه	ماهانه	فصلی	
آبیاری بجنورد	0.24	0.59	0.50	3.22	22.58	4.38	13.99
علی محمد	0.21	0.53	0.42	4.25	32.76	-9.46	-28.39
آشنخانه	0.24	0.37	0.56	3.57	35.30	-6.22	-18.66
بابا امان	0.25	0.58	0.47	3.35	24.51	-1.63	-4.90
بارزو	0.25	0.62	0.53	3.83	29.51	3.50	10.49
بش قارداش	0.25	0.59	0.48	3.32	23.01	3.09	9.26
فاروج	0.31	0.61	0.57	2.51	20.83	4.60	13.80
گرمخان	0.23	0.61	0.47	3.42	24.05	-1.11	-3.32
قره قانلو	0.21	0.49	0.35	3.80	25.88	7.68	23.04
قتلیش	0.27	0.61	0.55	3.00	21.34	1.99	5.96
قرقلان	0.25	0.52	0.39	3.19	25.44	6.25	18.75
غلامان	0.21	0.55	0.63	3.65	29.67	5.62	16.86
حصه گاه	0.26	0.47	0.36	3.91	32.94	-10.88	-32.63
اینچه علیا	0.24	0.52	0.40	3.11	22.31	-2.93	-8.78
نامانلو	0.31	0.62	0.61	3.49	28.46	-3.36	-10.07
سه یک آب	0.23	0.62	0.54	3.23	25.61	7.94	23.82
شورک	0.22	0.61	0.51	3.22	24.41	0.26	0.77

\*- ضریب همبستگی اسپیرمن در سطح ۹۹ درصد معنی دار می‌باشد.



شکل ۲- همبستگی خروجی مدل CMORPH با بارش ثبت شده در سه ایستگاه نامانلو، فاروج و سه یک آب (محور افقی خروجی مدل و محور عمودی بارش ایستگاه ها را نشان می‌دهد، خط ممتد نیز خط ۱:۱ می‌باشد)

جدول ۳- شاخص‌های آماری طبقه بندی محاسبه شده در ایستگاه‌های مورد بررسی

ایستگاه	POD	FAR	CSI	ایستگاه	POD	FAR	CSI
آبیاری بجنورد	0.69	0.77	0.21	قتلیش	0.73	0.79	0.20
علی محمد	0.70	0.83	0.15	قزلقان	0.75	0.81	0.18
آشخانه	0.65	0.77	0.20	غلامان	0.66	0.79	0.19
بابا امان	0.67	0.75	0.22	حصه گاه	0.69	0.78	0.20
بارزو	0.75	0.77	0.21	اینچه علیا	0.63	0.79	0.19
بش قارداش	0.68	0.79	0.19	نامانلو	0.79	0.75	0.24
فاروج	0.83	0.82	0.17	سه یک آب	0.75	0.83	0.16
گرمخان	0.69	0.82	0.16	شورک	0.65	0.79	0.19
قره قانلو	0.75	0.86	0.13				

توسط الگوریتم مدل آشکارسازی نشود. همچنین همان طور که گفته شد، میزان دقت مدل در بعضی موارد به رژیم بارندگی و ارتفاع نیز بستگی دارد که می‌تواند باعث خطا در مدل شود. به طوری که در مناطق خشک و نیمه خشک به دلیل تشکیل و از بین رفتن سریع ابرها امکان رونمایی دمای ابر توسط سنجنده ها به خوبی امکان پذیر نمی‌باشد. یکی دیگر از موارد خطا در الگوهای تخمین بارش توسط تصاویر ماهواره ای همپوشانی ابرها می‌باشد. درحالی که تصاویر مادون قرمز دمای ابر بالایی را نشان می‌دهند، تصاویر مایکروویو بارش حاصل از ابر پایین را نشان می‌دهند. البته در صورت ارائه

اگرچه این مدل در آشکارسازی روزهای بارانی تا حدودی موفق بوده است، اما در تخمین روزهای تر و خشک، متوسط بارش سالانه و تعیین تعداد روزهای غیر بارانی از دقت قابل قبولی برخوردار نمی‌باشد. نتایج نشان داد که در ایستگاه هایی که دارای تعداد روزهای بارانی بیشتری هستند، دقت مدل بیشتر از سایر ایستگاه ها می‌باشد. هرچند که می‌توان گفت بخشی از خطای موجود در بارش به دست آمده از مدل، ناشی از درونمایی داده‌های آن جهت تخمین بارش در ایستگاه‌ها می‌باشد، اما شبکه ۰/۲۵ درجه ای این مدل باعث می‌شود که در بعضی موارد، بارش‌های ناشی از سامانه‌های همرفتی محلی به خوبی

داده‌های کامل نسخه دیگر مدل با توان تفکیک مکانی ۸ کیلومتر، در ترکیب این مدل ها با داده‌های بارانسنجی و یا رادار ها می‌تواند باعث آینده احتمال حصول نتایج دقیق تر وجود خواهد داشت. همچنین افزایش دقت تخمین بارش شود.

جدول ۴- متوسط بارش سالانه و تعداد روزهای تر و خشک در دوره ۲۰۰۸-۲۰۰۳ در ایستگاه‌های مورد بررسی

ایستگاه	متوسط بارش سالانه		متوسط تعداد روزهای تر		متوسط تعداد روزهای خشک	
	ایستگاه	CMORPH	ایستگاه	CMORPH	ایستگاه	CMORPH
آبیاری بجنورد	244	288	57	160	309	205
علی محمد	395	281	37	176	328	190
آشخانه	341	267	55	157	310	209
بابا امان	297	278	59	159	307	206
بارزو	333	375	57	187	309	178
بش قارداش	249	286	50	158	316	207
فاروج	209	264	36	167	329	198
گرمخان	293	280	41	159	324	206
قره قانلو	260	352	36	191	330	175
قتلیش	262	286	53	180	313	185
قزلقان	257	332	46	184	319	181
غلامان	308	375	61	190	305	176
حصه گاه	391	260	56	171	310	195
اینچه علیا	270	235	47	139	319	227
نامانلو	391	350	64	200	302	165
سه یک آب	232	327	43	185	322	180
شورک	258	262	49	156	316	210

## منابع

- ۱- بارانی زاده، بهیار م، جوانمرد س. و عابدینی ی. ۱۳۹۰. صحت سنجی برآوردهای بارندگی الگوریتم ماهواره ای PERSIANN با داده‌های بارش زمینی شبکه بندی شده (APHRODITE) در ایران. مقاله نامه کنفرانس فیزیک ایران، ۲۶۱۸-۲۶۱۵.
- ۲- غضنفری مقدم م، علیزاده ا، موسوی بایگی م، فریدحسینی ع. و بنایان اول م. ۱۳۹۰. مقایسه مدل PERSIANN با روش‌های درون‌یابی به منظور کاربرد در تخمین مقادیر بارندگی روزانه (مطالعه موردی: خراسان شمالی). نشریه آب و خاک ۲۵:۲۱۵-۲۰۷.
- 3- Behrangi A., Khakbaz B., Jaw T., AghaKouchak A. and Hsu K. 2011. Hydrologic evaluation of satellite precipitation products over a mid-size basin. *Journal of Hydrology*, 397: 225-237.
- 4- Chiang Y., Hsu K., Chang F., Hong Y. and Sorooshian S. 2007. Merging multiple precipitation sources for flash flood forecasting. *Journal of Hydrology*, 340:183-196.
- 5- Grimes D. 2003. Satellite-based rainfall estimation for river flow forecasting in Africa. I: Rainfall estimates and hydrological forecasts. *Hydrological Sciences*, 48(4): 567-584.
- 6- Ebert E.E., Janowiak J.E. and Kidd C. 2007. Comparison of near-real-time precipitation estimates from satellite observations and numerical models. *Bulletin American Meteorological Society* 88, 47-64.
- 7- Hong Y., Hsu K., Sorooshian S. and Gao X. 2004. Precipitation estimation from remotely sensed imagery using artificial neural network-cloud classification system. *Journal of Applied Meteorology* 43:1834-1852.
- 8- Hsu K., Gao X., Sorooshian S. and Gupta H. 1997. Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information Using Artificial Neural Networks. *Journal of Applied Meteorology*, 36: 1176-1190.
- 9- Huffman G., Adler R., Bolvin D., Gu G., Nelkin E., Bowman K., Hong Y., Stocker E. and Wolff D. 2007. The TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis (TMPA): Quasi-Global, Multi-Year, Combined-Sensor Precipitation Estimates at Fine Scales. *Journal of Hydrometeorology*, 8:38-55.
- 10- Jiang Sh., Ren L., Hong Y., Yong B., Yang X., Yuan F. and Ma M. 2012. Comprehensive Evaluation of Multi-satellite Precipitation Products with a Dense Rain Gauge Network and Optimally Merging their Simulated Hydrological Flows using the Bayesian Model Averaging Method. *Journal of Hydrology*, 452-453:213-225.
- 11- Joyce R., Janowiak J., Arkin Ph. and Xie P. 2004. CMORPH: A Method that Produces Global Precipitation

- Estimates from Passive Microwave and Infrared Data at High Spatial and Temporal Resolution. *Journal of Hydrology*, 5:487-503.
- 12- Juglea S., Kerr Y., Mialon A., Lopez-Baeza E., Braithwaite D. and Hsu K. 2010. Evaluation of PERSIANN database in the framework of SMOS Calibration/Validation activities over Valencia Anchor Station. *EGU, Hydrology and Earth System Sciences*, 7:1143–1166.
  - 13- Li M. and Shao Q. 2010. An improved statistical approach to merge satellite rainfall estimates and raingauge data. *Journal of Hydrology*, 385:51-64.
  - 14- Li X., Zhang Q. and Xu Ch. 2012. Suitability of the TRMM satellite rainfalls in driving a distributed hydrological model for water balance computations in Xinjiang catchment, Poyang lake basin. *Journal of Hydrology*, 426-427:28-38.
  - 15- Romilly T.G. and Gebremichael M. 2011. Evaluation of satellite rainfall estimates over Ethiopian river basins, *EGU, Hydrology and Earth System Sciences*, 15:1505-1514.
  - 16- Sorooshian S., Hsu K., Gao X., Gupta H., Imam B. and Braithwaite D. 2000. Evolution of the PERSIANN system satellite-based estimates of tropical rainfall. *Bulletin American Meteorological Society*, 81(9):2035–2046.
  - 17- Vernimmen R., Hooijer A., Mamenun, and Aldrian E. 2011. Evaluation and bias correction of satellite rainfall data for drought monitoring in Indonesia. *EGU, Hydrology and Earth System Sciences*, 8:5969–5997.
  - 18- Vrieling A., Strek G. and Jong S. 2010. Satellite-based estimation of rainfall erosivity for Africa. *Journal of Hydrology*, 395:235-241.
  - 19- Yilmaz K., Hogue T., Hsu K., Soorooshian S., Gupta H. and Wagener Th. 2005. Intercomparison of Rain Gauge, Radar, and Satellite-Based Precipitation Estimates with Emphasis on Hydrologic Forecasting. *Journal of Hydrology*, 6:497-517.
  - 20- Yilmaz M., Houser P., Sherestha R. and Anantharaj V. 2010. Optimally merging precipitation to minimize land surface modeling errors. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 49:415-423.
  - 21- Zeweldi D. and Gebremichael M. 2009. Evaluation of CMORPH Precipitation Products at Fine Space–Time Scales. *Journal of Hydrometeorology*, 10:300-307.





## The Statistic Assessment of CMORPH Model Output For Precipitation Estimation Over The Northeast of Iran (Case Study: North Khurasan Province)

A. Mianabadi<sup>1\*</sup> - A. Alizadeh<sup>2</sup> - H. Sanaeinejad<sup>3</sup> - M. Bannayan Awal<sup>4</sup> - A. Faridhosseini<sup>5</sup>

Received:31-10-2012

Accepted:11-08-2013

### Abstract

Precipitation is a key input to different crop and hydrological models. Usually, the rain gauge precipitation data is applied for the most management and researching projects. But because of non-appropriate spatial distribution of rain gauge network, this data does not have a desirable accurate. So estimation of daily areal rainfall can be obtained by spatial interpolation of rain gauges data. However, direct application of these techniques may produce inaccurate results. In the last years, applying the remote sensing for estimation of rainfall have got so popular all around the world and many techniques have been developed based on the satellite data with high temporal and spatial resolution. In this paper, CMORPH model was validated for precipitation estimation over the northeast of Iran. Results showed that this model could not estimate precipitation accurately in daily scale, but in monthly and seasonal scale the estimation was more accurate. Farooj and Namanloo station had the highest correlation equal to 0.31 in daily scale. The highest correlation in monthly scale was equal to 0.62 for Barzoo, Namanloo and Se yekAb station. In Seasonal scale Gholaman station had the highest correlation which was equal to 0.63. Also, the probability of detection has been estimated accurately by CMORPH. But this technique did not have an accurate estimation for wet and dry days, mean annual precipitation and the number of non-rainy days.

**Keywords:** Precipitation, Interpolation, Remote sensing, CMORPH model

---

1, 2, 3, 5- PhD Student, Professor, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Respectively

(\*- Corresponding Author Email: amianabadi@stu.um.ac.ir)

4- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad