



# یازدهمین کنگره ملی مهندسی عمران

۱۱ و ۱۲ اردیبهشت ۱۳۹۸

دانشگاه شیراز، شیراز، ایران



## مقایسه داده‌های پایگاه‌های ماهواره‌ای بارش GPCP، GPCC، PERSIANN و TRMM با ایستگاه‌های زمینی واقع در حوضه دریاچه ارومیه

سهیلا یونس زاده<sup>۱</sup>، سمیه سیما<sup>۲</sup>، علیرضا عرب زاده<sup>۱\*</sup>، محسن قلیزاده<sup>۱</sup>، مصطفی جوادیان<sup>۱</sup>،  
مسعود تجریشی<sup>۳</sup>

۱- کارشناس مرکز تحقیقات سنجش از دور دانشگاه صنعتی شریف (RSRC)

۲- استادیار دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس

۳- استاد دانشکده مهندسی عمران و رییس مرکز تحقیقات سنجش از دور، دانشگاه صنعتی شریف (RSRC)

۱- s.younes-zadeh@gmail.com

۲- s.sima@modares.ac.ir

۳- aralireza74@gmail.com

۴- gholizadeh.mohsen90@gmail.com

۵- mostafa.javadian@yahoo.com

۶- tajrishy@sharif.edu

### خلاصه

بارندگی یکی از متغیرهای اقلیمی است که به‌عنوان محرک چرخه هیدرولوژیکی از اهمیت زیادی برخوردار است. در این تحقیق دقت داده‌های تولیدی بارش در حوضه آبریز دریاچه ارومیه توسط پایگاه‌های ماهواره‌ای بارش مورد توجه قرار گرفته است. بدین منظور منابع اطلاعاتی زمینی موجود از میزان بارندگی ماهانه در حوضه دریاچه ارومیه در سال ۲۰۱۰ میلادی (شامل ایستگاه‌های سینوپتیک سازمان هواشناسی و ایستگاه‌های باران‌سنجی وزارت نیرو) با داده‌های ماهواره‌ای بارش در این سال مقایسه شده است. بر این اساس از داده‌های پایگاه‌های جهانی بارش TRMM، GPCP، GPCC و PERSIANN برای دوره زمانی ۲۰۱۰ میلادی استفاده شده است و ارزیابی عملکرد منابع و پایگاه‌های ماهواره‌ای بر اساس معیارهای آماری واسنجی بین داده‌های ثبت شده صورت گرفت. نتایج این مطالعه انحراف گسترده‌ای را در مقدار RMSE از مقادیر مطلوب نشان می‌دهد. ضریب همبستگی نیز در اکثر ماه‌ها کمتر از حد مطلوب بوده (۰/۷-۰/۸) و مقدار ضریب اریب بیان می‌کند که مقادیر تولید شده توسط مدل‌های ماهواره‌ای در اکثر موارد دست بالا می‌باشد. در این بین دو پایگاه GPCCV6 و TRMM عملکرد بهتری نسبت به سایر پایگاه‌ها دارند. آزمون‌های آماری نشان‌دهنده عدم توانایی پایگاه‌های داده بارش اشاره شده در برآورد صحیح مقدار بارش در حوضه آبریز دریاچه ارومیه بوده و استفاده از آن‌ها بدون کالیبراسیون محلی توصیه نمی‌شود.

کلمات کلیدی: بارش، حوضه آبریز دریاچه ارومیه، پایگاه‌های ماهواره‌ای بارش، معیارهای آماری.

### ۱. مقدمه

مدیریت جامع حوضه‌های آبخیز در گرو درک صحیح از الگوهای مکانی و زمانی بارش می‌باشد. اطلاعات صحیح و به‌هنگام از بارندگی نقش بسزایی در فهم چرخه‌های آب، مدیریت منابع آبی، مسائل زیست‌محیطی، کاهش ریسک خطرات سیل و خشک‌سالی دارد (Schneider et al. 2011). بررسی زمینی میزان بارندگی در انحصار آمار بارش ثبت شده در ایستگاه‌های باران‌سنجی می‌باشد، در حالی که این ایستگاه‌ها در سطح خشکی از نظر تعداد، تراکم و آرایش مکانی شرایط مناسبی ندارند و به دلیل استقرار در پهنه‌های خشکی، عملاً بارندگی روی سطح آب‌های آزاد نادیده انگاشته می‌شود (Ebrahimnezhad et al., 2012).

با توجه به پیشرفت‌های فناوری‌های سنجش از دور و توسعه الگوریتم‌های تخمین بارش، استفاده از منابع اطلاعاتی که قادر به تخمین میزان بارندگی با پوشش مکانی بالا و دقت زمانی مناسب باشد، بسیار مفید به نظر می‌رسد. در همین راستا موضوعی تحت عنوان بازکاوی داده‌های اقلیمی تعریف می‌شود که در واقع به فعالیت‌ها و مراحل گوناگون جهت فراهم آوردن پایگاه داده‌های جوی از منابع و سنجنده‌های مختلف می‌پردازد و در بردارنده مراحل گردآوری، کنترل کیفیت، گزینش و نمایش داده‌های شبکه‌ای است (Masoudiyan et al., 2012). مزایایی از قبیل سهولت استفاده، رایگان بودن و دقت زمانی و مکانی مناسب، موجب شده تا در مراکز تحقیقاتی مختلفی از این ماهواره‌ها و الگوریتم‌های تخمین بارش، استفاده شود که بنا به موقعیت ماهواره، الگوریتم‌های پیاده‌سازی شده و منابع اطلاعاتی مورد استفاده، گاهی نتایج بسیار متفاوتی در یک منطقه مشابه ارائه می‌دهند.

مطالعات بسیاری در سراسر جهان برای بازکاوی داده‌های اقلیمی انجام شده است. در مطالعه‌ای میانگین سالانه همبستگی مکانی بین محصول بارندگی TRMM-3B42 و نقشه مکانی بارش ایستگاه‌های سینوپتیک در ایران، ناحیه خزر و ناحیه کوه‌های زاگرس به ترتیب ۰/۷۷، ۰/۵۷ و ۰/۷۵ برآورد شده است (Javanmard et al., 2010). ارزیابی سری داده‌های روزانه TRMM-3B42 و ماهانه TRMM-3B43 در ۸۷ ایستگاه سینوپتیک واقع در زون‌های اقلیمی ایران، در دوره آماری ۱۹۹۸-۲۰۰۰ میلادی نشان داد که ماهواره TRMM مقادیر بارندگی روزانه، ماهانه، فصلی و سالانه را در ۶۸ درصد از کل ایستگاه‌های سینوپتیک انتخابی، بیشتر از مقادیر مشاهده‌ای برآورد می‌کند (Porchorsi et al., 2011). در ارزیابی داده‌های بارش ماهواره TRMM در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، علی‌رغم داشتن متوسط ضریب همبستگی ۰/۸ بین داده‌های ماهانه TRMM-3B43 با داده‌های ۲۱ ایستگاه سینوپتیک، مقادیر بارندگی ماهانه در ۸۰ درصد از ایستگاه‌ها بیشتر از مقدار واقعی برآورد شده است (Erfaniyan et al., 2011). صحت سنجی محصول ماهواره‌ای 3B43 با استفاده از ۳۹ ایستگاه باران‌سنجی در منطقه دریای خزر انجام و علی‌رغم الگوی توزیع بارش ماهانه مشابه با داده‌های زمینی، اما در برآورد مقادیر بارش کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر، دارای تخمین دست بالا بوده و در مقادیر بارش بالای ۱۰۰ میلی‌متر، مقدار بارندگی را به صورت دست پایین برآورد کرده و مطالعه نشان می‌دهد که با وجود الگوهای مکانی بارش ماهانه مشابه با ایستگاه‌های زمینی، دارای  $R^2$  معادل ۰/۵۴ بوده و لذا در بازه زمانی-مکانی مطالعه صورت گرفته، نیاز به کالیبراسیون دقیق زمینی است (Duan et al., 2012).

میزان همبستگی داده‌های تخمین بارش بین محصولات نسخه V6/6A و نسخه V7 از الگوریتم TRMM-3B43 با داده‌های اداره هواشناسی استرالیا در دوره زمانی ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۰ به ترتیب برابر با ۰/۹۳۲ و ۰/۹۷ بوده و توزیع زمانی و مکانی این داده‌ها با مقادیر زمینی مطابقت داشت (Fleming and Awange., 2012). در مقایسه سه پایگاه PERSIANN، TMPA-3B42V7 و TMPA-3B42RT با داده‌های باران-سنجی کشور ایران، بهترین عملکرد در تخمین بارش مربوط به پایگاه 3B42V7 و در تشخیص احتمال رخداد بارش با PERSIANN بود. این ارزیابی بر روی ۴۷ رخدادهای بارش با ۶ شاخص Bias، MBais، RBais، MAE، RMSE و ضریب همبستگی خطی در بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۶ میلادی صورت گرفت و نتایج بیشتر از متوسط کشور برآورد شده است (Moazami et al., 2013). مطالعه‌ای بر روی چهار الگوریتم PERSIANN، 3B42TMPA، 3B42RT و CMORPH در مقیاس روزانه و در بازه سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۸ میلادی با مجموع ۲۲۴۰ ایستگاه باران‌سنجی و سینوپتیک انجام گرفت. نتایج این مطالعه در استان‌های آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی نشان می‌دهد که مقادیر تخمین زده شده توسط الگوریتم‌های PERSIANN و 3B42RT بیش از مقدار واقعی بوده؛ در حالی که محصول 3B42 دارای برآوردهایی نزدیک به واقعیت است و در مورد CMORPH به لحاظ بی‌نظمی ماهانه نتیجه مشخصی حاصل نشده است (Ebrahimnezhad et al., 2012). نتایج مقایسه پایگاه‌های اسفرازی و GPCC نشان می‌دهد که در فصول کم بارش ضریب همبستگی کمتر از فصول پر بارش بوده و همبستگی این دو پایگاه حدوداً ۰/۶ می‌باشد (Masodiyan et al., 2012). مطالعه‌ای با هدف ارزیابی شش پایگاه داده (CMORPH-RAW، PERSIANN، CMORPH-CRT، TMPA-RT، TMPA-V7 و APHRODITE) نسبت به داده‌های مرجع مشاهداتی برای سال‌های ۲۰۰۰ الی ۲۰۱۱ میلادی بر روی ایستگاه‌های باران سنجی حوضه آبریز دریاچه ارومیه انجام شد. ضرایب آماری مختلف مشخص کرد که TMPA-V7 و APHRODITE قادر به برآورد بهتری نسبت به سایر پایگاه‌ها بودند، در حالی که در میان محصولات نزدیک به زمان واقعی، PERSIANN عملکرد بهتری داشت. در این مطالعه همه پایگاه‌های داده میزان بارش را بیش از مقدار واقعی برآورد کرده و این مقدار گاهی به بیش از ۲۰۰ درصد هم می‌رسد (Ghajarnia et al., 2015). برحسب اهمیت حوضه آبریز دریاچه ارومیه مطالعات فراوانی در جهت برآورد بیلان حوضه صورت گرفته است. بارش به عنوان تنها ورودی به سیستم بسته حوضه مورد مطالعه نقش مهمی در تعیین بیلان دارد. نتایج مطالعات بارش در حوضه آبریز دریاچه ارومیه مربوط به سال ۲۰۱۰ میلادی در جدول ۱ خلاصه شده است.

## جدول ۱- ارتفاع بارش در حوضه آبریز دریاچه ارومیه (۲۰۱۰)

مطالعات	روش محاسبه	متوسط ارتفاع بارش برآورد شده (mm)
مهتاب قدس (۱۳۹۱)	منحنی‌های همباران	۲۶۰
وبسایت شرکت مدیریت منابع آب	آمار روزانه وبسایت	۲۳۳

با توجه به اهمیت ارزیابی و صحت‌سنجی اطلاعات پایگاه‌های داده ماهواره‌ای با داده‌های زمینی برای انتخاب الگوریتم بهینه و بومی‌سازی آن، مطالعه حاضر به بررسی منابع اطلاعاتی زمینی موجود از میزان بارندگی ماهانه حوضه دریاچه ارومیه در سال ۲۰۱۰ میلادی (شامل ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی) و پایگاه‌های TRMM، GPCC، GPCP، و PERSIANN پرداخته است.

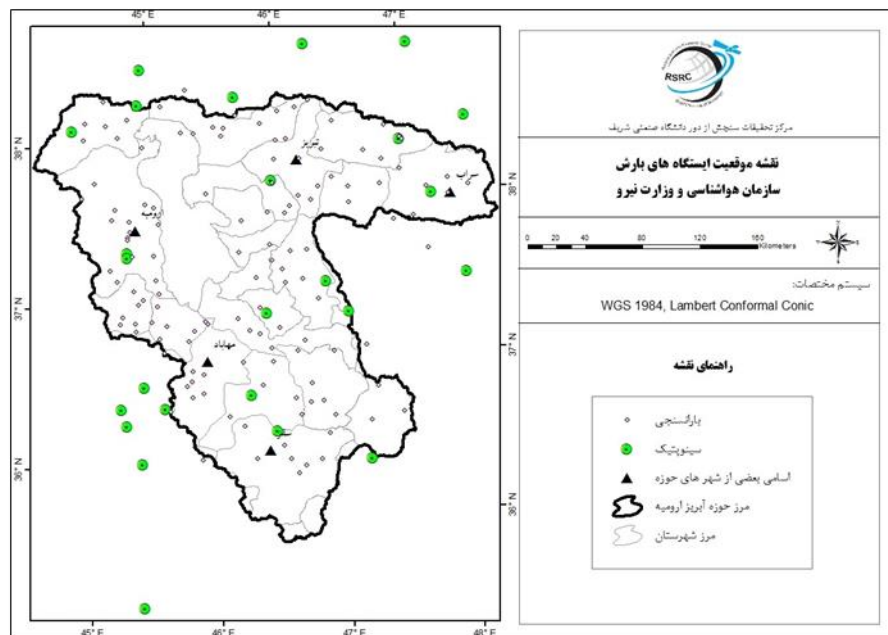
## ۲. مواد و روش‌ها

در این مطالعه به ارزیابی الگوریتم‌ها و ماهواره‌های جهانی ثبت بارش (مقادیر برآورد شده) در سال ۲۰۱۰ میلادی از طریق مقایسه با داده‌های زمینی پرداخته شده است. داده‌ها و روش انجام کار در ادامه تشریح می‌گردد.

### ۱،۲ داده‌های مورد استفاده

### ۱،۱،۲ ایستگاه‌های زمینی بارش

آمار بارش ماهانه مربوط به ۲۹ ایستگاه سینوپتیک و ۱۱۰ ایستگاه باران‌سنجی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه مربوط به سال ۲۰۱۰ میلادی از شرکت منابع آب ایران وابسته به وزارت نیرو دریافت گردید. شکل ۱ پراکنش ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی را در سطح حوضه آبریز نشان می‌دهد.



شکل ۱- محل استقرار ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی وزارت نیرو در سطح حوضه آبریز ارومیه

### ۲،۱،۲ پایگاه‌های جهانی تخمین داده‌های بارش

داده‌های بارش برای سال ۲۰۱۰ میلادی به تفکیک زمانی ماهانه و روزانه از پایگاه‌های جهانی بارش GPCC\_MON، GPCC\_V6، TRMM، و PERSIANN اخذ گردیدند. در جدول ۲ خلاصه خصوصیات داده‌های مورد استفاده در این مطالعه شرح داده شده است.

جدول ۲- خصوصیات داده‌های مورد استفاده در مطالعه

بازه زمانی	بازه مکانی	پایگاه داده
۱۹۰۱-۲۰۱۰ (ماهانه)	جهانی (قدرت تفکیک ۰/۵ درجه)	GPCC-V6
۲۰۰۷-۲۰۱۴ (ماهانه)	جهانی (قدرت تفکیک ۱ درجه)	GPCC Monitoring
۱۹۷۹-۲۰۱۴ (ماهانه)	جهانی (قدرت تفکیک ۲/۵ درجه)	GPCP-2.2
۱۹۸۳-۲۰۱۴ (روزانه)	60S-60N (قدرت تفکیک ۰/۲۵ درجه)	PERSIANN-CDR
۱۹۹۸-۲۰۱۴ (ماهانه)	50S-50N (قدرت تفکیک ۰/۲۵ درجه)	TRMM: 3B43-v7
از ۱۹۶۶ (روزانه)	ایران (نقطه‌ای)	ایستگاه وزارت نیرو
از ۱۹۹۵ (ماهانه)	ایران (نقطه‌ای)	ایستگاه سینوپتیک

## • GPCC

مرکز اقلیم‌شناسی بارش جهانی (GPCC)<sup>۱</sup> در سال ۱۹۸۹ با هدف آنالیز جهانی میزان بارش ماهانه بر سطح خشکی‌های زمین تاسیس شد که بر مبنای ایستگاه‌های باران‌سنجی زمینی به ارائه اطلاعات به هنگام از بارندگی و برآورد نیازمندی‌های کاربران در ارتباط با بررسی صحت آنالیزهای مربوط به داده‌های شبکه‌ای بارش می‌پردازد. این پایگاه منابع اطلاعاتی را از گزارش ایستگاه‌های سینوپتیک و هواشناسی ملی کشورهای مشارکت‌کننده در فراخوان جهانی WMO و مجموعه‌ای از دانشگاه‌ها و نهادهای تحقیقاتی جمع‌آوری می‌کند (Schneider et al., 2012). صحت تجزیه و تحلیل آمار بارش بر مبنای اطلاعات ایستگاه‌های زمینی، به تراکم مکانی ایستگاه‌های مورد استفاده بستگی دارد. برای مثال جهت محاسبه میانگین منطقه‌ای بارش ماهانه در مقیاس ۲/۵ درجه برای خطای نمونه‌گیری زیر ۱۰ درصد، به ۸ تا ۱۶ ایستگاه در هر پیکسل نیاز است (Schneider et al., 2008). محصولات این پایگاه در دو دسته کلی محصولات near real-time (نزدیک به زمان واقعی) و محصولات non near real-time با بازکاوی شده (Reanalysis) قرار می‌گیرند. در این پایگاه محصولات دیگری نظیر محصول اقلیمی VASCLIMO (بارش ماهانه) با مقیاس ۰/۵، ۱ و ۲/۵ درجه از ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۰ و شاخص خشکسالی GPCC<sup>۲</sup> از سال ۲۰۱۳ میلادی با مقیاس یک درجه در سطح جهان و در دوره‌های ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه وجود دارند (Schneider et al., 2012).

## • GPCP

پروژه اقلیم‌شناسی بارش جهانی (GPCP)<sup>۳</sup> توسط سازمان هواشناسی جهانی (WMO)، گروه کاری بین‌المللی بارندگی (IPWG)<sup>۴</sup> و گروه هماهنگی ماهواره‌های هواشناسی (CGMS)<sup>۵</sup> جهت تولید الگوهای درازمدت بارندگی در سطح جهان طراحی شده است. در فراهم آوردن این پایگاه داده‌ای منابع اطلاعاتی متعددی از جمله اطلاعات بیش از ۶۰۰۰ ایستگاه زمینی، ماهواره‌های مدار ثابت، مدار پایین، مادون قرمز و میکروویو مشارکت داشته‌اند (Masodiyani, 2012). نسخه ۲/۲ جدیدترین محصول این پایگاه است که آمار بارش ماهانه را با مقیاس ۲/۵ درجه و از سال ۱۹۷۹ میلادی به صورت جهانی ارائه می‌دهد (Huffman and Bolvin, 2013).

<sup>1</sup> The Global Precipitation Climatology Centre

<sup>2</sup> GPCC Drought Index Product (GPCC\_DI)

<sup>3</sup> Coordinating Group for Meteorological Satellites

<sup>4</sup> International Precipitation Working Group

<sup>5</sup> Coordinating Group for Meteorological Satellites



# یازدهمین کنگره ملی مهندسی عمران

۱۱ و ۱۲ اردیبهشت ۱۳۹۸

دانشگاه شیراز، شیراز، ایران



## • TRMM: 3B43\_V7

TRMM<sup>1</sup> از ماهواره‌های تحقیقاتی است که با هدف افزایش درک الگوهای زمانی و مکانی بارش در مناطق تروپیکال و با همکاری کشورهای ژاپن و آمریکا در سال ۱۹۹۷ به فضا پرتاب شد. الگوریتم 3B43 از محصولات این ماهواره است و به صورت ماهانه و با مقیاس ۰/۲۵ درجه قوسی تا ۵۰ درجه شمالی و جنوبی کره زمین را در فاصله سال‌های ۱۹۹۸ تا به حال پوشش می‌دهد. الگوریتم 3B43 از ترکیب داده‌های بارش سه ساعته 42-3B با داده‌های زمینی بارش از پایگاه داده‌های GPCC و یا CAMS<sup>2</sup> ایجاد شده است. فرایند ترکیب به این صورت است که داده‌های سه ساعته 3B42 در مقیاس ماهانه با هم جمع می‌شوند و عدد حاصل در گام بعدی با اطلاعات زمینی GPCC و یا CAMS<sup>3</sup> تصحیح می‌گردد (Huffman and Bolvin, 2013).

## • PERSIANN-CDR

PERSIANN یک سیستم خودکار برای تخمین میزان بارش در اندازه پیکسل‌های ۰/۲۵\*۰/۲۵ درجه است که از تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم شبکه عصبی استفاده می‌کند (Sorooshian et al., 2000). اطلاعات PERSIANN عرض‌های جغرافیایی ۶۰ درجه جنوبی تا ۶۰ درجه شمالی را دربرمی‌گیرد. این پایگاه داده‌ای دارای آمار بارندگی روزانه از سال ۱۹۸۳ می‌باشد. آمار بارندگی PERSIANN-CDR از الگوریتم PERSIANN و با استفاده از داده‌های مادون قرمز ایجاد و با اطلاعات پایگاه داده‌ای GPCP تصحیح می‌شود (Ashouri et al., 2015).

## ۲,۲ روش کار

### ۱,۲,۲ داده‌های زمینی

مبنای مقایسه زمینی در تحقیق حاضر مجموع ایستگاه‌های موجود در حوضه آبریز دریاچه ارومیه می‌باشد. با توجه به طول و عرض جغرافیایی مربوط به هر ایستگاه زمینی موقعیت مکانی کل ایستگاه‌ها به نقشه مکانی تبدیل و با روی هم اندازی این نقاط و پایگاه‌های بارش مقدار متناظر هر پیکسل در نقطه حضور ایستگاه‌های زمینی استخراج گردید. لذا مبنای ارزیابی محصولات ماهواره‌ای در تحقیق حاضر، پیکسل‌هایی می‌باشند که حداقل یک ایستگاه باران‌سنجی یا سینوپتیک در آن‌ها وجود داشته باشد. در گام بعدی و با مشخص بودن مقدار بارش ثبت شده در ایستگاه‌های زمینی و مقدار معادل آن‌ها در پایگاه‌های جهانی، از کمیت‌های آماری پیوسته صحت‌سنجی و معیارهای خطا استفاده گردید.

### ۲,۲,۲ آماده‌سازی تصاویر و پردازش اولیه داده‌ها

ابتدا آمار ایستگاه‌های زمینی سینوپتیک و باران‌سنجی (پس از حذف ایستگاه‌های نامرغوب و تبدیل تاریخ شمسی به میلادی) مربوط به سال ۲۰۱۰ میلادی جمع‌آوری می‌گردد و سپس لایه مکانی در نرم‌افزار GIS حاوی طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌ها و آمار بارش ماهانه تولید می‌شود. در ادامه با استفاده از روش درون‌یابی IDW, Kriging و CoKriging اطلاعات نقطه‌ای بارش ایستگاه‌ها به کل حوضه تعمیم داده شده و میانگین مقادیر ماهانه و سالانه در کل سطح حوضه آبریز ارومیه محاسبه گردید.

مرحله بعدی مربوط به آماده‌سازی تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم‌های تخمین بارش جهانی است. در این مرحله، از هر یک از پایگاه‌های TRMM, GPCC\_V6, GPCC\_MON و GPCC دوازده تصویر مربوط به دوازده ماه سال دانلود می‌گردد. پس از آن با توجه به طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌های زمینی، فایل نقطه‌ای ایستگاه‌ها تهیه و مقدار بارش مقدار متناظر با هر ایستگاه در هر ماه از تصاویر پایگاه‌های اشاره شده استخراج می‌شود.

<sup>1</sup> Tropical Rainfall Measuring Mission

<sup>2</sup> 3-hourly merged high-quality/IR estimates

<sup>3</sup> Climate Anomaly Monitoring System

## ۳،۲،۲ تجزیه و تحلیل آماری جهت اعتبار سنجی و ارزیابی مدل های بارش با ایستگاه های زمینی

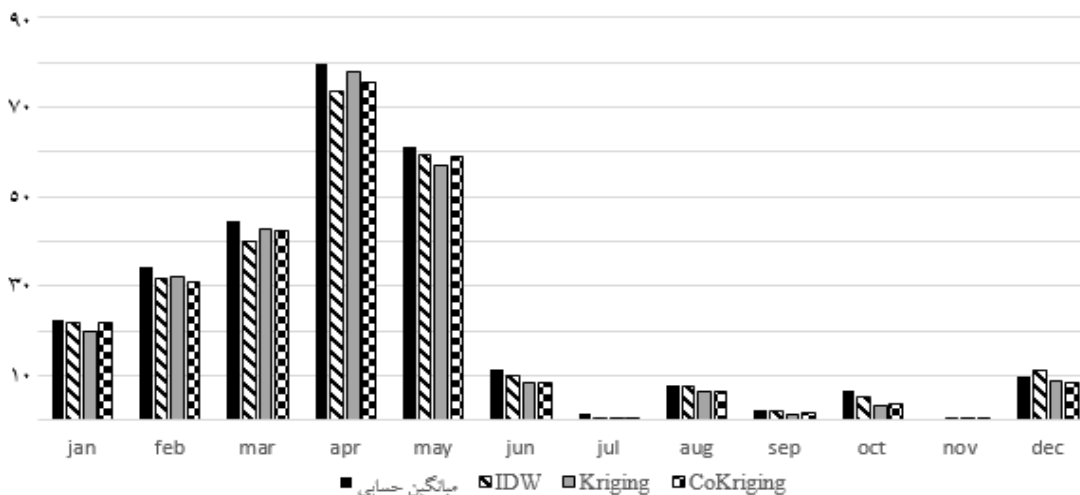
برای ارزیابی دقت و مقایسه نتایج مدل های تخمین بارش با مقادیر اندازه گیری شده در سال ۲۰۱۰، از مقایسه تطبیقی آمار شبکه بارش ایستگاه های زمینی به عنوان مقادیر مشاهده شده و آمار متناظر پایگاه های جهانی بارش به عنوان نتایج برآورد مدل استفاده گردید. جهت محاسبه خطای ناشی از برآورد بارش در پایگاه های مختلف از شاخص آماری ضریب همبستگی و خطای جذر میانگین مربعات یا RMSE استفاده گردید.

### ۳. نتایج و بحث

نقشه بارش برای سال ۲۰۱۰ با توجه به اطلاعات ایستگاه های باران سنجی و سینوپتیک با استفاده از روش های IDW، Kriging و CoKriging تهیه گردید. در روش CoKriging از داده های کمکی لایه DEM و پایگاه داده TRMM استفاده شد. پس از مقایسه نتایج روش IDW با روش های Kriging و CoKriging مشخص گردید روش IDW نتیجه ای نزدیک به مقادیر حاصل از روش های دیگر دارد. مجموع ارتفاع بارش سال ۲۰۱۰ میلادی به روش IDW، Kriging و CoKriging به ترتیب برابر ۲۶۳، ۲۵۸ و ۲۶۰ میلی متر است که اختلاف ناچیزی با هم دارند. در شکل (۲) تغییرات ارتفاع بارش در ماه های مختلف با سه روش IDW، Kriging و CoKriging نمایش داده شده است.

با توجه به اطلاعات روزانه بارش که در وبسایت شرکت مدیریت منابع آب ایران (۹۵-۱۳۸۷) موجود است میزان متوسط بارش حوضه در سال ۲۰۱۰ میلادی ۲۳۳ میلی متر بوده است. براساس مطالعات شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس متوسط بارش ۴۰ ساله (۸۶-۱۳۴۷) در حدود ۳۷۱ میلی متر است (Mahabghods, 2010) و در سال ۲۰۱۰ برابر ۲۶۰ میلی متر برآورد شده است. این اعداد با نتایج حاصل از مطالعه حاضر انطباق قابل قبولی دارد.

جهت بهره گیری از اطلاعات ایستگاه های جهانی بارش لازم است تا اطلاعات این ایستگاه ها با اطلاعات زمینی موجود در حوضه آبریز مقایسه و صحت سنجی شود. پارامترهای آماری نشان می دهند که دو پایگاه GPCCV6 و TRMM عملکرد بهتری نسبت به سایر پایگاه ها دارند. پایگاه TRMM میانگین ضریب همبستگی بیشتری نسبت به سایر پایگاه های بارش دارد.

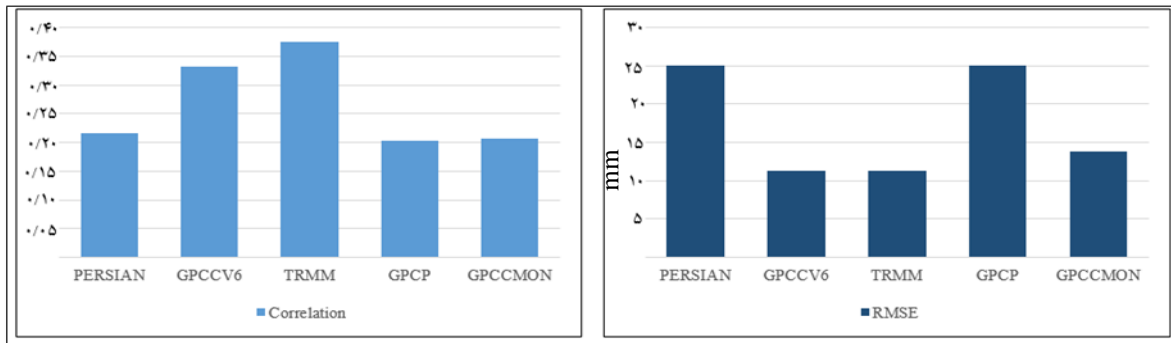


شکل ۲- ارتفاع بارش ماهانه سال ۲۰۱۰ میلادی با سه روش IDW، Kriging و CoKriging

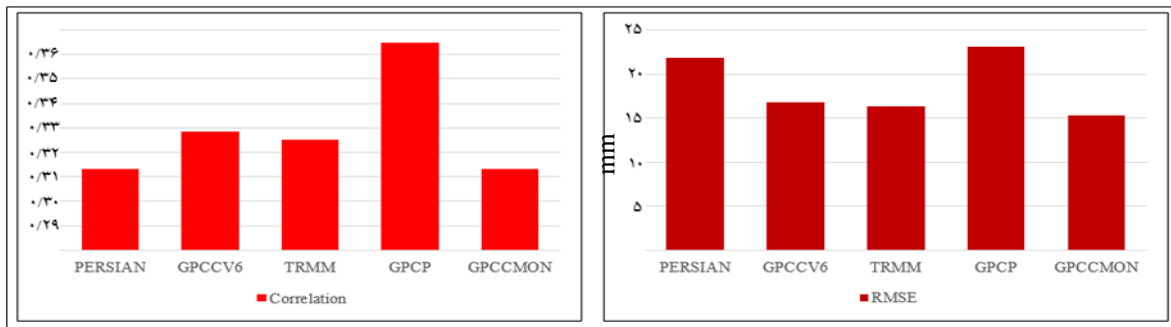
ضریب همبستگی بین آمار زمینی و ماهواره ای بارش برای همه ماه های سال ۲۰۱۰ میلادی کمتر از ۰/۶۵ بوده و لذا همبستگی بالایی بین این دو مرجع داده در حوضه دریاچه ارومیه وجود ندارد. این ضریب در ماه های آوریل، جولای و نوامبر در تمام پایگاه های بارش افت معنی داری پیدا می کند. در هیچ یک از بررسی های آماری مقدار RMSE کمتر از نصف انحراف معیار داده مرجع زمینی نبوده و مقدار RSR که بیان کننده وضعیت شاخص RMSE است، در تمامی موارد خارج از حد استاندارد بود. مقدار ضریب آماری RMSE در دو پایگاه PERSIANN و GPCC از الگوی خاصی تبعیت نمی کند ولی در پایگاه GPCCV6 با افزایش میزان بارندگی میزان RMSE افزایش می یابد. در دو پایگاه GPCC

TRMM گرچه الگو منظمی برای میزان شاخص آماری RMSE وجود ندارد، ولی در طول ماه‌های ژانویه تا می نسبت به جولای تا نوامبر که ارتفاع بارش بیشتر است مقدار این شاخص نیز افزایش می‌یابد.

همان‌طور که در شکل‌های ۳ و ۴ مشخص است، بهترین عملکرد را پایگاه TRMM در طول فصل سرد سال دارد که کمترین میزان خطا و بیشترین مقدار همبستگی را در بین مقادیر دیگر دارد. همچنین بهترین عملکرد در طول ماه‌های گرم سال مربوط به پایگاه GPCC\_V6 است. نتایج بررسی میانگین ضریب همبستگی ماهانه نشان می‌دهد که در فصول کم بارش (تابستان) پایگاه‌های GPCC\_MON و GPCC\_V6 و PERSIANN عملکرد بهتری نسبت به فصول پر بارش دارند. عکس این شرایط در مورد پایگاه‌های GPCCV6 و TRMM صادق است.

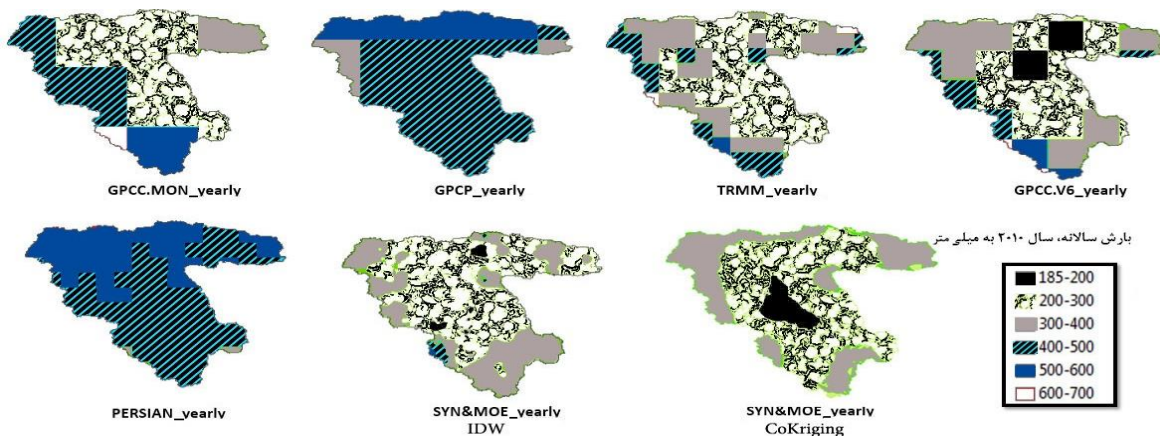


شکل ۳- مقدار میانگین شاخص همبستگی و RMSE بین پایگاه‌های جهانی بارش با مقادیر زمینی برای ماه‌های سرد سال ۲۰۱۰



شکل ۴- مقدار میانگین شاخص همبستگی و RMSE بین پایگاه‌های جهانی بارش با مقادیر زمینی برای ماه‌های گرم سال ۲۰۱۰

الگوی مکانی سالانه آمار زمینی و پایگاه‌های ماهواره‌ای در شکل ۵ نمایش داده شده است. این شکل نشان می‌دهد که الگوی مکانی بارش سالانه در پایگاه‌های ماهواره‌ای TRMM و GPCC\_V6 نسبت به سایر پایگاه‌های مورد استفاده، شباهت بیشتری با آمار بدست آمده از الگوی مکانی بارش ایستگاه‌های زمینی دارد.



شکل ۵- الگوی مکانی بارش سالانه بدست آمده از پایگاه‌های ماهواره‌ای و آمار داده‌های زمینی (سال ۲۰۱۰ میلادی)



## ۴. جمع بندی و نتیجه گیری

همان طور که در بخش روش شناسی ذکر شد، مقایسه ای برای سال ۲۰۱۰ میلادی صورت پذیرفت تا قابل اعتماد بودن مقادیر بارش پایگاه های ماهواره ای خام (بدون تصحیحات زمینی) تعیین گردد. در این مطالعه ضریب همبستگی برای همه ماه ها کمتر از  $0/65$  بوده و مقدار ضریب PBIAS نیز در اکثر موارد منفی است که نشان دهنده ارزیابی مقادیر بارش به شکل دست بالا است. مقادیر مربوط به RMSE بیشتر از نصف انحراف معیار داده های زمینی بوده و مقادیر RSR بزرگ تر از محدوده مجاز است. نتایج کلی مقایسه بارش زمینی و ماهواره ای در سال ۲۰۱۰ که بر اساس معیارهای آماری و انسجی صورت پذیرفته شده است مؤید این موضوع می باشد که بر حسب آزمون های آماری صورت گرفته هیچ یک از پایگاه های بارش فوق بدون کالیبراسیون های دقیق با آمار بارش محلی قادر به برآورد صحیح مقدار بارش در حوضه آبریز دریاچه ارومیه (در سال ۲۰۱۰) نبوده و استفاده از داده های این پایگاه ها برای اهداف عملیاتی توصیه نمی شود.

## ۵. مراجع

1. Ashouri, H., Hsu, K. L., Sorooshian, S., Braithwaite, D. K., Knapp, K. R., Cecil, L. D., & Prat, O. P. (2015). PERSIANN-CDR: Daily precipitation climate data record from multisatellite observations for hydrological and climate studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 96(1), 69-83.
2. Duan Z, W G M Bastiaanssen, Liu J Z. 2012. Monthly and annual validation of TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) products in the Caspian Sea Region for the period 1999-2003. In: *Proceedings of International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, Munich, Germany, July 22-27: 3696-3699).
3. Ebrahimnejad, L. Moazami, S., Kavianpoor, M., Golian, S. (2012). Evaluation of Satellite Methods for Precipitation map", 8<sup>th</sup> Congress of Civil Engineering (In Persian)
4. Erfanian, M. Kazempoor, S., Heydari, H. (2012). ). Evaluation and Calibration of TRMM Precipitation datasets in arid and semiarid regions of Iran, *Journal of Geography*, Vol.3, 83-95 (In Persian)
5. Fleming. K. and J.L. Awange. (2012). Comparing the version 7 TRMM 3B43 monthly precipitation product with the TRMM 3B43 version 6/6A and Bureau of Meteorology datasets for Australia. *Australian Meteorological and Oceanographic Journal* 63 (2013) 421-426.
6. Ghajarnia, N., Liaghat, A., & Arasteh, P. D. (2015). Comparison and evaluation of high resolution precipitation estimation products in Urmia Basin-Iran. *Atmospheric Research*, 158, 50-65.
7. Huffman, G. J. and D. T. Bolvin (2013). "GPCP Version 2.2 SG Combined Precipitation Data Set Documentation".
8. Huffman, G. J., & Bolvin, D. T. (2013). TRMM and other data precipitation data set documentation. NASA, Greenbelt, USA, 1-40.
9. Javanmard, S., Yatagai, A., Nodzu, M.I., BodaghJamali, J., Kawamoto, H., 2010. Comparing high-resolution gridded precipitation data with satellite rainfall estimates of TRMM 3B42 over Iran. *Adv. Geosci.* 25, 119e125. <http://dx.doi.org/10.5194/adgeo-25-119-2010>.
10. Kazempoor, S., Heydari, H., Erfanian, M. (2012). Evaluation and Calibration of TRMM Precipitation datasets with Iran Synoptic Stations, M.Sc. Thesis, Urmia University, Department of Agriculture & Natural resources (In Persian)
11. Mahabghods (2010). Iran water plan in Aras, Sefidrood, Atrak and Urmia basin-2<sup>nd</sup> chapter Atmospheric and Climatology Aspects of Urmia lake basin (In Persian)
12. Masoudian, S., Keykhosravi, M., Rayatpishhe, F. (2012). Comparison between Esferazi database and CMAP, GPCP and GPCC, *Geographical Researches Quarterly Journal*, Vol.29, No. 1 (In Persian)
13. Moazami, S., Golian, S., Kavianpour, M. R., & Hong, Y. (2013). Comparison of PERSIANN and V7 TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis (TMPA) products with rain gauge data over Iran. *International journal of remote sensing*, 34(22), 8156-8171.
14. Schneider, U., et al. (2008). "Global precipitation analysis products of the GPCC." *Global Precipitation Climatology Centre (GPCC), DWD, Internet Publikation* 112.
15. Schneider, U., et al. (2011). "Global Precipitation Analysis Products of the GPCC. *Global Precipitation Climatology Centre (GPCC), Deutscher Wetterdienst, Offenbach a. M., Germany.*" M., Germany, December
16. Sorooshian, S., L. K. Hsu, X. Gao. (2000) "Evaluation of PERSIANN System Satellite Based Estimaties of Tropical Rainfall." *Bulletin of the American Meteorological Society*, 8(2), 2035-2045.