

ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی چند مجموعه داده‌ی بارش در سطح حوزه‌های آبخیز کشور

- ❖ مریم رستمی؛ دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی آبخیز، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
- ❖ علی سلاجقه*؛ استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
- ❖ فرودشرفی؛ استاد پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
- ❖ آرش ملکیان؛ دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
- ❖ طبیه مصباح‌زاده؛ دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

چکیده

بارش نقشی مهم در چرخه‌های بیوژئوشیمیایی، آب، انرژی و اقلیمی بازی می‌کند. چند مجموعه داده‌ی منطقه‌ای و جهانی شامل CORDEX، MSWEP/E2OFD، WFDEI-GPCC/V2/Leap، GPCC به همراه تولیدات موسسات SMHI، IITM و MOHC تحت پروژه CORDEX در حال حاضر برآوردهایی از این متغیر در سراسر ایران ارائه می‌دهند. این مجموعه داده‌ها براساس مشاهدات ایستگاهی، تصاویر ماهواره‌ای و خروجی مدل‌ها، داده‌هایی با قدرت تفکیک‌های مکانی مختلف برای ایران فراهم می‌کنند. در این مطالعه یک مقایسه درونی برای داده‌های بارش فراهم‌شده توسط این مجموعه‌ها در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۸ ارائه شده است. همچنین تمام این ده مجموعه داده با مشاهدات ایستگاه‌های زمینی مستقل در سطح سی حوزه آبخیز رتبه دو کشور اعتبارسنجی شده‌اند. داده‌های GPCC همانطور که انتظار می‌رفت از کیفیت بالایی به لحاظ زمانی (به جز ماه اکتبر) و مکانی در نمایش بارش کشور برخوردار می‌باشند. MSWEP و WFDEI با میزان اریبی و ریشه دوم میانگین مربعات خطای به ترتیب ۰/۵۸، ۲/۷۵ و ۵/۶۸، ۶/۳۴ برای ۲۲۸ ماه مورد بررسی و همچنین براساس ارزیابی‌های انجام شده در مقیاس‌های زمانی و مکانی، تطابق بسیار قابل قبولی با داده‌های مشاهداتی دارند. هر چند در مورد MSWEP نیاز به اصلاحاتی در بخش‌های غربی و شمال غربی کشور و در مورد WFDEI نیاز به اصلاحاتی در داده‌های مربوط به ماه‌های ژوئن و سپتامبر می‌باشد. یافته‌های ما در این تحقیق راهنمای ارزشمندی برای ذی‌نفعان مختلفی شامل محققان آبخیزداری، توسعه‌دهندگان مدل‌های بارش - رواناب، سطح زمین و ارائه‌دهندگان داده فراهم می‌کند.

واژگان کلیدی: بارش، اعتبارسنجی، حوزه‌های آبخیز ایران، GPCC، MSWEP/E2OFD و WFDEI-GPCC/V2/Leap

۱. مقدمه

بارش به همراه شار تابشی منابع اساسی آب و انرژی برای فرآیندهای شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی سطح زمین هستند [۲۱ و ۲۲]. این شارها بر تبادل گرما و رطوبت بین سطح زمین و اتمسفر تاثیر می‌گذارند [۱۳] و ورودی‌های پیش‌رانش هواشناسی کلیدی برای مطالعات استفاده‌کننده از مدل‌های فرآیند زمین^۱ شامل شبیه‌سازی گیاه زراعی^۲، مدلسازی هیدرولوژیکی^۳، برآورد توسعه اراضی خشک و تحلیل وقایع گرد و غبار می‌باشند [۶ و ۱۱]. بنابراین، برآورد دقیق بارش به عنوان ورودی سیستم حوزه آبخیز برای مطالعات تغییر اقلیم و فرآیندهای سطح زمین ضروری می‌باشد.

اگرچه اندازه‌گیری‌های مبتنی بر ایستگاه مرسوم می‌توانند مقدار یک متغیر را با دقت و صحت بالا ارائه دهند، اما این اندازه‌گیری‌ها تنها قادر به نمایش اطلاعات در مقیاس‌های محلی و نقطه‌ای هستند [۱]. بنابراین، با کمک تعداد محدودی داده‌برداری در نقاطی با قابلیت دسترسی از به‌تصویر کشیدن تغییرات مکانی به‌طور مناسب ناتوان می‌باشند [۴]. در اواخر دهه ۱۹۸۰ تکنیک‌های داده‌گواهی به عنوان یک وسیله بازسازی داده‌های پیش‌رانش تاریخی در قدرت تفکیک بالا پیشنهاد شدند [۱۹]. این نوآوری فرصت‌های بی‌سابقه‌ای را برای محققان ایجاد کرد. مجموعه داده‌های پیش‌رانش نتیجه شده که به‌طور معمول شامل بارش، تابش موج کوتاه، دما، رطوبت نسبی، سرعت باد، فشار سطحی و دیگر داده‌های هواشناسی هستند از همسان‌سازی اطلاعات پیش‌بینی هواشناسی عددی، داده‌های مشاهدات زمینی و داده‌های سنسور از دور در داخل یک محصول تحلیلی مشتق شده‌اند [۱۹ و ۲۰]. تعداد زیادی مجموعه داده پیش‌رانش از جمله داده‌های مراکز ملی برای پیش‌بینی محیطی و

مرکز ملی برای بازتحلیل تحقیقات جوی (NCEP/NCAR) [۱۲]، سیستم داده‌گواهی اراضی جهانی (GLDAS) [۱۵]، مرکز اروپایی برای پیش‌بینی‌های هواشناسی میان مقیاس (ECMWF)، بازتحلیل‌های موقتی (ERA-Interim) [۵]، بازتحلیل‌های ۵۵ ساله ژاپنی‌ها (JRA-55) را در [۹]، میان بسیاری دیگر می‌توان نام برد که اکنون در دسترس قرار دارند. این مجموعه داده‌های پیش‌رانش به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند زیرا آنها قدرت تفکیک مکانی بالایی دارند، منطقه‌ی بزرگی را در طی یک دوره بلند مدت پوشش می‌دهند و استفاده و پردازش آنها راحت می‌باشد.

مجموعه داده پیش‌رانش صرف‌نظر از اینکه به‌وسیله درون‌یابی مشاهدات زمینی تولید شده یا از محصولات بازتحلیل مشتق شده باشند عدم قطعیت‌های قابل توجهی دارند [۱۴]. ارزیابی‌های مرتبط با یک مجموعه داده پیش‌رانش می‌تواند در داخل نتایج مدل منتشر شود [۱۸] و اگر داده‌های پیش‌رانش غیر قابل اعتماد باشند خروجی مدل‌ها می‌توانند غیرواقعی گرایند باشند [۳]. برای مثال خطاها در بارش می‌توانند اثرات عمیقی بر شبیه‌سازی رطوبت خاک و رواناب داشته باشد [۸]. بنابراین ارزیابی دقت مجموعه داده پیش‌رانش برای تشخیص ارزیابی‌های مرتبط با آنها موقعی که در مطالعات فرآیندهای سطح زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند ضروری می‌نماید [۱۳]. پیش از این مطالعاتی، مجموعه داده‌های پیش‌رانش مورد بررسی در این پژوهش را در سطح جهان ارزیابی کرده‌اند. Beck و همکاران در سال ۲۰۱۷ [۲]، عملکرد ۲۲ مجموعه داده را با استفاده از مشاهدات ایستگاهی و مدلسازی هیدرولوژیکی برای بارش در سطح جهان طی سال‌های ۲۰۱۶-۲۰۰۰ مورد ارزیابی قرار دادند. ۱۳ مجموعه داده بارش اصلاح نشده با مشاهدات درجا با استفاده از مشاهدات بارش روزانه ۷۶۰۸۶ ایستگاه در

¹ land process models

² crop simulation

³ Hydrologic modeling

ارزیابی قرار گرفته است [۱۰]. هرچند در این مطالعه تغییرات زمانی و مکانی تمامی مجموعه داده‌های موجود در دامنه‌های مختلف در کنار مجموعه داده‌های ذکر شده و در مقایسه با آنها و داده‌های *GPCC* و مشاهدات ایستگاهی مورد بررسی قرار خواهند گرفت. نتایج این مقایسه با شناساندن نقاط قوت و ضعف مجموعه داده‌های توسعه یافته و کمک به درک عدم قطعیت‌های موجود در آنها، محققان را در انتخاب و درک داده‌های پیش‌رانش علوم هواشناسی، هیدرولوژی و دیگر علوم مرتبط یاری خواهد کرد و همچنین به نوآوری و پیشرفت‌های بیشتر در این مجموعه داده‌ها کمک خواهد کرد.

۲. روش شناسی

۲.۱. داده‌ها

۲.۱.۱. مجموعه داده‌های پیش رانش

E2OFD/MSWEP^۱ -

این مجموعه داده در پی ترکیب داده‌ها از منابع گوناگون (ایستگاه‌های اندازه‌گیری: *CPC Unified*، *GPCC*، ماهواره‌ها: *CMORPH GSMaP-MVK*، *TMPA 3B42RT*، *PERSIANN SM2RAIN-ASCAT* و *NCEP-CFSR*، *ERA-Interim*: منابع داده‌های بازتحلیل: *JRA-55*، به‌دست آمده است که در آن یک مجموعه داده شبکه‌ای جهانی با قدرت تفکیک زمانی ۳ ساعته و قدرت تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه برای دوره ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۴ ایجاد شده است [۷].

WFDEI-GPCC/V2/Leap -

داده اقلیمی مشاهده‌ای با تفکیک زمانی روزانه در مقیاس جهانی و با تفکیک مکانی ۰/۵ درجه براساس مجموعه داده بازتحلیل *ERA-Interim* و استفاده از *GPCC* با هدف تقلیل آریبی می‌باشد. مجموعه داده پیش‌رانش هواشناسی *WFDEI* با استفاده از روش‌شناسی

سراسر جهان مورد ارزیابی قرار گرفتند. نه مجموعه داده دیگر اصلاح شده با مشاهدات با بهره‌گیری از مدلسازی هیدرولوژیکی از طریق کالیبره کردن مدل مفهومی *HBV* در مقابل داده‌های ثبت شده‌ی جریان آبراهه‌ی ۹۰۵۳ حوزه آبخیز میان‌مقیاس در سراسر جهان مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج عملکرد آنها مقایسه شد. تفاوت‌های مشخصی در دقت این مجموعه داده‌ها و الگوهای زمانی- مکانی آنها یافت شد. در میان مجموعه داده‌های اصلاح نشده با بارش مشاهده‌ای مجموعه داده‌ی *MSWEP-ng V1.2* و *V2.0* مبتنی بر داده‌های بازتحلیل و ماهواره‌ای به‌طور کلی بهترین همبستگی زمانی را با مشاهدات اندازه‌گیری شده نشان دادند. دو مورد از سه مجموعه داده بازتحلیل (*JRA-55* و *ERA-Interim*) به‌طور غیرقابل انتظاری خطاهای روند پایین‌تری نسبت به مجموعه داده‌های ماهواره‌ای نشان دادند. در میان مجموعه داده‌های اصلاح شده با بارش نیز *CPC Unified*، *MSWEP V1.2* و *V2.0*، بهترین امتیازات کالیبراسیون را بدست آوردند. اگرچه عملکرد خوب *CPC Unified* مبتنی بر اندازه‌گیری‌های زمینی، در مناطق با مشاهدات پراکنده یا فاقد مشاهدات بعید به نظر می‌رسد. بهترین نتایج بعدی مربوط به *CHIRPS V2.0*، *GPCC-1DD V1.2*، *TMPA* و *3B42 V7* می‌باشد. نتایج این مطالعه تفاوت‌های بزرگی در دقت برآورد و از این رو اهمیت مجموعه داده بارش در هر دوی کاربردهای عملیاتی و تحقیقاتی را برجسته کرده است [۲].

اگرچه کیفیت مجموعه داده‌های اشاره شده به‌وسیله مطالعات گوناگونی اعتبارسنجی و تایید شده است، این داده‌ها فاقد آریبی نیستند. با وجود انجام چنین مطالعاتی در مجامع علمی کشورهای گوناگون و اهمیت انجام مطالعات دقیق منطقه‌ای روی آنها، اعتبار *WFDEI-GPCC/v2/leap* و *MSWEP/E2OFD* بفرزای ایران طی سال‌های اخیر هنوز ارزیابی نشده است. مجموعه داده‌های پروژه *CORDEX* در ایران توسط محققینی مورد

^۱ multi-source weighted- Ensemble precipitation

مختلف با ورودی‌های متفاوت، لازم است آزمون‌هایی ترتیب داده شود. پروژه "ریزمقیاس‌نمایی هماهنگ منطقه‌ای"^۲ که از سوی «برنامه جهانی پژوهش‌های اقلیمی»^۳ حمایت می‌شود، چنین آزمون‌هایی را سازماندهی می‌کند. در آنها دامنه‌هایی برای مناطق مختلف زمین به دقت تعریف شده‌اند. تعریف دقیق و اصولی این دامنه‌ها در کاهش خطای نتایج مدل‌سازی تأثیر بسزایی دارد. در این پژوهش خروجی بارش تمامی مدل‌های اقلیمی منطقه‌ای^۴ برای دامنه‌هایی که ایران را در بر می‌گیرد از سایت *ESGF* استخراج گردیدند. این داده‌ها در دو محدوده *CORDEX* شامل شمال آفریقا- خاورمیانه (*MNA*) و جنوب آسیا (*WAS*) با تفکیک‌های مختلف برای سه *RCM* موجود بود که در این مطالعه مورد ارزیابی و مقایسه قرار خواهند گرفتند (جدول ۱).

مشابهی که به‌طور گسترده در داده‌های پیش‌رانش *WATCH*^۱ با استفاده از داده‌های بازتحلیل *ERA-Interim* ساخته شد، ایجاد گردیده است. داده‌های بازتحلیل *ERA-Interim* به پیشرفت‌هایی در داده‌های سرعت باد و بارش منجر شده‌اند در حین تغییرات در تصحیحات آئروسول، شارهای موج کوتاه رو به پایین بهبود یافته‌اند. *WFDEI* امکان مقایسه‌های دقیق‌تر خروجی‌های مدل سیستم کره زمین و هیدرولوژیکی را با محصولات ماهواره‌ای مرتبط نسبت به استفاده از *WFD* فراهم کرده است [۱۷].

۲.۱.۲. مجموعه داده‌های پروژه *CORDEX*

مدل‌های اقلیم منطقه‌ای از خروجی مدل‌های جهانی به عنوان ورودی برای تولید شرایط مرزی مورد نیازشان استفاده می‌کنند. برای ارزیابی کارایی مدل‌های منطقه‌ای

جدول ۱. اطلاعات پایه‌ی مجموعه داده‌های شبیه‌سازی مورد بررسی و داده‌های بارش *GPCC* و ایستگاه‌های هواشناسی و وزارت نیرو مورد استفاده برای اعتبارسنجی آنها

نام	مدل گردش عمومی جو	مدل اقلیمی منطقه‌ای	نوع	دوره زمانی موجود	قدرت تفکیک مکانی	دامنه
<i>WFDEI_GPCC/v2/leap</i>	-	-	<i>Forcing dataset</i>	1979-2013	0.50° (≈56km)	-
<i>E2OFD/MSWEP</i>	-	-	<i>Forcing dataset</i>	1979-2014	0.25° (≈28km)	-
<i>SMHF</i> ⁵	<i>ERAINT</i>	<i>RCA4.v1</i>	<i>Cordex data, Hindcast experiment design</i>	1980-2010	0.22° (≈25km)	<i>MNA 22</i>
<i>SMHI</i>	<i>ERAINT</i>	<i>RCA4.v1</i>	<i>Cordex data, Hindcast experiment design</i>	1980-2010	0.25° (≈28km)	<i>MNA 22i</i>
<i>SMHI</i>	<i>ERAINT</i>	<i>RCA4.v1</i>	<i>Cordex data, Hindcast experiment design</i>	1980-2010	0.44° (≈50km)	<i>MNA 44</i>
<i>SMHI</i>	<i>ERAINT</i>	<i>RCA4.v2</i>	<i>Cordex data, Hindcast experiment design</i>	1980-2010	0.50° (≈56km)	<i>MNA 44i</i>
<i>SMHI</i>	<i>ERAINT</i>	<i>RCA4.v2</i>	<i>Cordex data, Hindcast experiment design</i>	1980-2010	0.50° (≈56km)	<i>WAS 44i</i>
<i>IITM</i> ⁶	<i>ERAINT</i>	<i>RegCM4-4.v5</i>	<i>Cordex data, Hindcast experiment design</i>	1979-2008	0.50° (≈56km)	<i>WAS 44i</i>
<i>MOHC</i> ⁷	<i>ERAINT</i>	<i>HadRM3P.v1</i>	<i>Cordex data, Hindcast experiment design</i>	1990-2011	0.50° (≈56km)	<i>WAS 44i</i>
<i>GPCC</i>	-	-	-	1891-2016	0.50° (≈56km)	-
<i>REF</i>	-	-	داده‌های مشاهداتی ایستگاهی	1990-2008	-	-

¹ WATCH Forcing Data (WFD)

² CORDEX

³ WCRP

⁴ RCM

⁵ Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Rossby Centre

⁶ Indian Institute of Tropical Meteorology

⁷ Met Office Hadley Centre

۲.۱.۳. مجموعه داده اعتبارسنجی

- داده‌های بارش *GPCC*

مرکز کليما تولوژی بارش جهانی، تحلیل‌های بارندگی جهانی را برای پایش و تحقیقات اقلیمی کره زمین ارائه می‌کند. این مرکز آلمانی در برنامه تحقیقات اقلیمی جهان و سیستم رصد عمومی اقلیم مشارکت دارد. *GPCC* دسترسی نامحدودی به مجموعه داده‌های بارش روزانه و ماهانه‌ی شبکه‌ای برای اهداف پایش اقلیمی و تحقیقات مرتبط فراهم می‌کند.

- داده‌های بارش ایستگاه‌های هواشناسی و وزارت نیرو

این داده‌ها از منابع مختلف دریافت و پس از کنترل کیفیت مورد استفاده قرار گرفتند. جدول ۱، اطلاعاتی کلی در خصوص تمامی این داده‌ها ارائه می‌دهد.

در این مطالعه داده‌های *GPCC* و شبکه ایستگاه اندازه‌گیری باران تعبیه شده به‌وسیله سازمان هواشناسی و وزارت نیرو به عنوان مرجعی برای اعتبارسنجی مجموعه داده‌های ذکر شده در بالا مورد استفاده قرار گرفتند. ابتدا داده‌های اندازه‌گیری شده در کشور با داده‌های *GPCC* مقایسه گردید که نتایج نشان‌دهنده نزدیکی و ارتباط قوی بین این دو مجموعه داده بود. سپس داده‌های اندازه‌گیری شده به عنوان مرجع مورد استفاده قرار گرفت هر چند وجود داده‌های *GPCC* برای تحلیل مابقی مجموعه داده‌ها از قبیل تغییرات مکانی آنها سودمند واقع شد.

۲.۲. آماره‌های مورد استفاده

در این مطالعه، برآوردهای بارش در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف اعتبارسنجی می‌گردد. سه معیار برای هر مجموعه داده برای ایران محاسبه می‌شوند: میانگین وزنی، انحراف معیار و ضریب تغییرات. دو معیار آخر، دامنه واریانس داخلی در مجموعه داده را انعکاس می‌دهند. ناهنجاری‌های ماهانه از تفریق مقدار بارش از میانگین دراز مدت بر اساس کليما تولوژی ماهانه ۱۹ ساله مشتق شدند. سپس خطای تغییرپذیری زمانی با بررسی میزان *RMSE* و اریبی برای تمامی این مجموعه داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۳).

برای انجام مقایسه‌های بیشتر مجموعه داده‌های مورد بررسی نمونه‌برداری مجدد شده‌اند تا با شبکه ۰/۵ درجه در ۰/۵ درجه مجموعه داده‌های *GPCC* منطبق شوند. به‌طور کلی، آماده‌سازی داده‌ها و انجام ارزیابی‌ها در محیط *LINUX* و با کمک *NCOL*^۱ و بعد هم در محیط *MATLAB* و *ARC-GIS* صورت گرفت.

اعتبارسنجی در مقابل مشاهدات ایستگاهی و اندازه‌گیری‌های زمینی بر اساس مقادیر ماهانه در طی ۱۹ سال مورد بررسی، انجام می‌شود. برای این منظور ماتریس ۲۲۸*۱۱ در محیط متلب آماده گردید. آماره‌های ارزیابی استفاده شده در این مقایسه شامل خطای ریشه‌ی دوم میانگین مربعات و اریبی می‌باشند. اریبی انعکاس‌دهنده درجه‌ای است که مجموعه داده مورد بررسی، داده‌های مرجع را بیشتر یا کمتر برآورد می‌کند.

جدول ۲. معیارهای آماری خلاصه‌کننده متوسط مکانی و تغییرپذیری بارش متوسط سالانه در طی سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۰۸ (میلی‌متر در سال)

WFDEI	MSWEP	SMHI MNA22	SMHI MNA22i	SMHI MNA44	SMHI MNA44i	SMHI WAS44i	MOHC	IITM	GPCC	آماره‌ها
۳۵۰	۳۲۴	۲۲۲	۲۰۱	۱۸۶	۱۷۸	۳۰۶	۲۹۷	۴۴۷	۳۰۱	میانگین
۵۴/۶۲	۵۷/۷۵	۳۳/۹۷	۳۲/۷۱	۳۰/۵۷	۳۲/۳۱	۵۶/۷۴	۶۳/۰۰	۶۰/۷۲	۴۵/۴۷	انحراف معیار
۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۱۴	۰/۱۵	ضریب تغییرات

^۱ NetCDF Operators

جدول ۳. معیارهای آماری خلاصه کننده برآوردهای بارش ماهانه براساس مجموعه داده‌های مختلف نسبت به داده‌های مشاهداتی ایستگاهی (واحدها میلی‌متر در ماه و میلی‌متر درسال)

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual		
۲/۵۳	۳/۶۸	۵/۲۵	۲/۷۴	۰/۵۵	۱/۱۸	-۰/۱۹	-۰/۳۴	-۱/۶۰	-۱/۰۶	-۳/۵۴	-۲/۲۹	۶/۹۱	Bias	MSWEP
۵/۴۶	۳/۱۸	۳/۶۸	۲/۰۳	۳/۲۰	۵/۰۱	۳/۰۹	۳/۵۹	۴/۹۷	۱/۵۳	-۲/۲۷	-۰/۴۰	۳۳/۰۸		WFDEI
-۳/۶۹	-۰/۲۰	-۵/۲۵	-۵/۲۱	۳/۷۲	۱/۴۱	۰/۱۱	۱/۰۸	-۱/۸۳	-۱/۵۴	-۲/۴۷	-۷/۱۳	-۲۱/۰۳		MOHC
۱۷/۲۸	۱۶/۰۸	۱/۶۶	-۸/۸۱	۲/۹۵	۶/۱۵	۲۱/۸۱	۳۲/۸۰	۱۶/۱۱	۱۶/۸۴	۳/۴۴	۲/۸۲	۱۲۹/۱۶		IITM
-۳/۱۸	-۲/۱۹	-۲۵/۲	-۱۰/۴	۴/۱۲	۱۲/۳۵	۱۵/۳۵	۹/۸۹	۲/۶۳	-۲/۸	-۱۷/۷	-۳۰/۵	-۹۶/۰۵		SMHI MNA22
-۳۲/۴	-۲۲/۷	-۲۵/۸	-۱۱/۶	۱/۸۸	۹/۱۹	۱۱/۸۹	۷/۵۴	۰/۴۳	-۴/۸۷	-۱۹/۰	-۳/۱۴	-۱۱۶/۸۳		SMHI MNA22i
-۳۲/۳	-۲۲/۸	-۲۷/۶	-۱۵/۱	۱/۳۵	۶/۹۷	۷/۹۰	۵/۴۴	-۰/۶۸	-۵/۲۰	-۱۸/۴	-۳۰/۵	-۱۳۱/۱۳		SMHI MNA44
-۳/۱۶	-۲/۱۹	-۲۶/۰	-۱۴/۸	۱/۱۷	۵/۰۰	۵/۷۰	۳/۸۹	-۲/۵۱	-۷/۳	-۲۰/۱	-۳۰/۶	-۱۳۹/۳۷		SMHI MNA44i
-۷/۳۵	-۵/۵۹	-۹/۲	-۲/۸۸	۱۱/۳۶	۱۱/۵۲	۱۲/۸۱	۸/۴۴	-۱/۳۳	-۵/۹۸	-۱۱/۵	-۱۳/۶	-۱۳/۳۴		SMHI WAS44i
-۰/۲۲	-۱/۸۲	-۲/۲۳	-۲/۲۵	۱/۱۹	۱/۳۱	۰/۷۲	۰/۷۰	-۰/۸۱	-۱/۳۵	-۶/۹۸	-۵/۱۴	-۱۶/۴۷		GPCP
۴/۸۷	۵/۷۷	۹/۲۶	۴/۹۸	۴/۲۰	۲/۰۵	۱/۱۹	۱/۲۵	۲/۶۲	۶/۴۵	۹/۱۳	۷/۷۱	۱۷/۶۶	RMSE	MSWEP
۷/۱۰	۴/۸۸	۷/۲۰	۶/۴۳	۵/۲۲	۵/۹۰	۳/۸۰	۴/۱۰	۷/۱۹	۶/۶۰	۹/۶۵	۵/۷۱	۳۶/۰۸		WFDEI
۸/۳۳	۹/۴۶	۱۲/۷۷	۱۲/۱۱	۹/۰۲	۳/۳۵	۲/۹۱	۱/۷۳	۲/۹۴	۹/۰۱	۱۰/۵۳	۱۲/۱۵	۳۳/۹۲		MOHC
۲۲/۷۰	۲۱/۰۰	۱۱/۸۷	۱۴/۶۵	۱۱/۶۳	۹/۰۸	۳۰/۴۶	۴۰/۳۲	۲۱/۴۳	۲۳/۷۸	۱۷/۲۹	۱۵/۲۰	۱۳۹/۳۵		IITM
۳۳/۵۳	۲۴/۵۱	۲۸/۵۲	۱۵/۹۲	۱۰/۰۹	۱۳/۲۹	۱۵/۸۹	۱۰/۷۸	۴/۴۱	۷/۸۴	۲۳/۶۴	۳۴/۸۲	۱۰/۱۴۸		SMHI MNA22
۳۴/۱۰	۲۵/۲	۲۹/۰	۱۶/۳۷	۸/۹۳	۱۰/۲۰	۱۲/۴۲	۸/۴۶	۳/۴۰	۸/۷۴	۲۴/۴۲	۳۵/۵۴	۱۲۱/۴۴		SMHI MNA22i
۳۳/۹۸	۲۵/۵۴	۳۰/۶۷	۱۹/۸۹	۹/۶۷	۸/۱۶	۸/۵۰	۶/۱۱	۴/۰۸	۹/۳۳	۲۴/۱۱	۳۴/۳۳	۱۳۵/۸۸		SMHI MNA44
۳۶/۵۸	۳۰/۹۲	۳۳/۳۶	۲۵/۲۱	۱۰/۱۱	۶/۸۳	۷/۹۳	۵/۳۱	۵/۶۸	۱۱/۳۰	۳۱/۵۴	۳۶/۷۶	۱۴۷/۱۵		SMHI MNA44i
۱۲/۲۱	۹/۸۷	۱۳/۷۱	۱۰/۷۴	۱۳/۸۷	۱۳/۳۸	۱۳/۴۱	۹/۲۲	۴/۳۳	۹/۴۴	۱۵/۳۳	۱۶/۸۵	۳۵/۸۸		SMHI WAS44i
۴/۳۴	۳/۷۳	۶/۴۳	۶/۸۶	۲/۸۸	۱/۵۹	۱/۵۹	۱/۰۷	۱/۷۵	۵/۴۱	۱۱/۵۹	۸/۰۳	۲۲/۳۵		GPCP

coefficients of determination = (۲)

$$\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}}$$

RMSE = $\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - y_i)^2}$ (۳)

BIAS = $\sum_{i=1}^N x_i - \sum_{i=1}^N y_i$ (۴)

Relative Bias = $\frac{\sum_{i=1}^N x_i}{\sum_{i=1}^N y_i} - 1$ (۵)

دیاگرام‌های تیلور [۱۶] برای توصیف بیشتر ارتباط

بین داده‌های مورد بررسی و داده‌های مرجع مورد استفاده قرار می‌گیرد. این دیاگرام نرخ انحراف معیارها، ضریب همبستگی و *unbiased RMSE* بین داده‌های مورد بررسی و مشاهدات مرجع را نشان می‌دهد. این روش‌های آماری می‌توانند مشخص کنند که داده‌های مورد بررسی تا چه اندازه به مشاهدات شباهت دارند. فرمول‌های مربوط به این آماره‌ها به شرح زیر است:

$$SD = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (۱)$$

داده ذکر شده در جمله قبل وجود دارد. همان‌طور که در جدول (۲) نشان داده شده بارش متوسط در سراسر ایران به‌طور قابل توجهی در *SMHI* (به جز *SMHI WAS44i*) کوچکتر است در حالی که *IITM* بزرگ‌ترین مقدار متوسط را دارا می‌باشد. *CV* و *SD* مکانی در میان مجموعه داده‌های *WFDEI*، *MSWEP*، *MOHC*، *SMHI WAS44i* و *GPCC* شبیه‌تر هستند، هر چند مقادیر *CV* تا حدود زیادی به مقادیر متوسط شباهت دارند.

۳.۱.۲. تغییرات زمانی در بارش

شکل (۱) سری‌های زمانی ناهنجاری‌های بارش متوسط ماهانه را به‌طور متوسط بر فراز کشور براساس پنج مجموعه داده‌ای که توزیع مکانی مناسب‌تر و قابل قبولی داشتند، نشان می‌دهد. این مجموعه داده‌ها در بخش عمده‌ای از دوره ارزیابی به‌خوبی با یکدیگر مطابقت دارند که حاکی از آن است که پنج مجموعه داده به‌طور کلی تغییرپذیری دهه‌ای و بین سالانه را در بارش میانگین متوسط شده بر فراز ایران بازتولید می‌کنند. هرچند در مورد *MOHC* و *SMHI WAS44i* در برخی ماه‌ها این تطابق کمتر از آنچه که برای دیگر مجموعه داده‌ها وجود دارد، می‌باشد. جدول (۳) نشان می‌دهد میزان اریبی و خطا در ماه‌های مختلف برای مجموعه داده‌های مختلف به چه‌صورت تغییر می‌کند و کدام ماه‌ها با خطای برآورد بیشتری مواجه هستند.

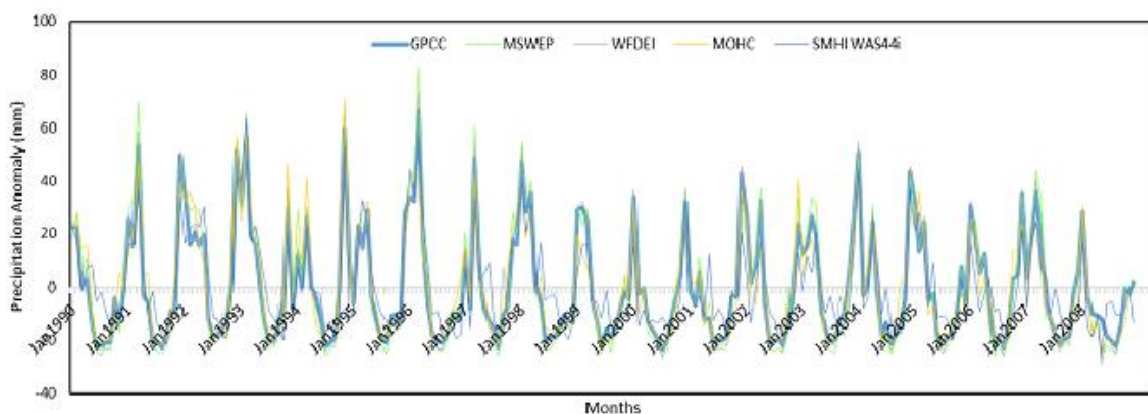
که در آن‌ها x_i عنصری از مجموعه داده ارزیابی شده، \bar{x} : مقدار متوسط برای مجموعه داده ارزیابی شده، y_i : عنصری از مجموعه داده مرجع، \bar{y} : مقدار متوسط مجموعه داده مرجع، N : تعداد نقاط داده در نظر گرفته شده برای مقایسه می‌باشند.

۳. نتایج

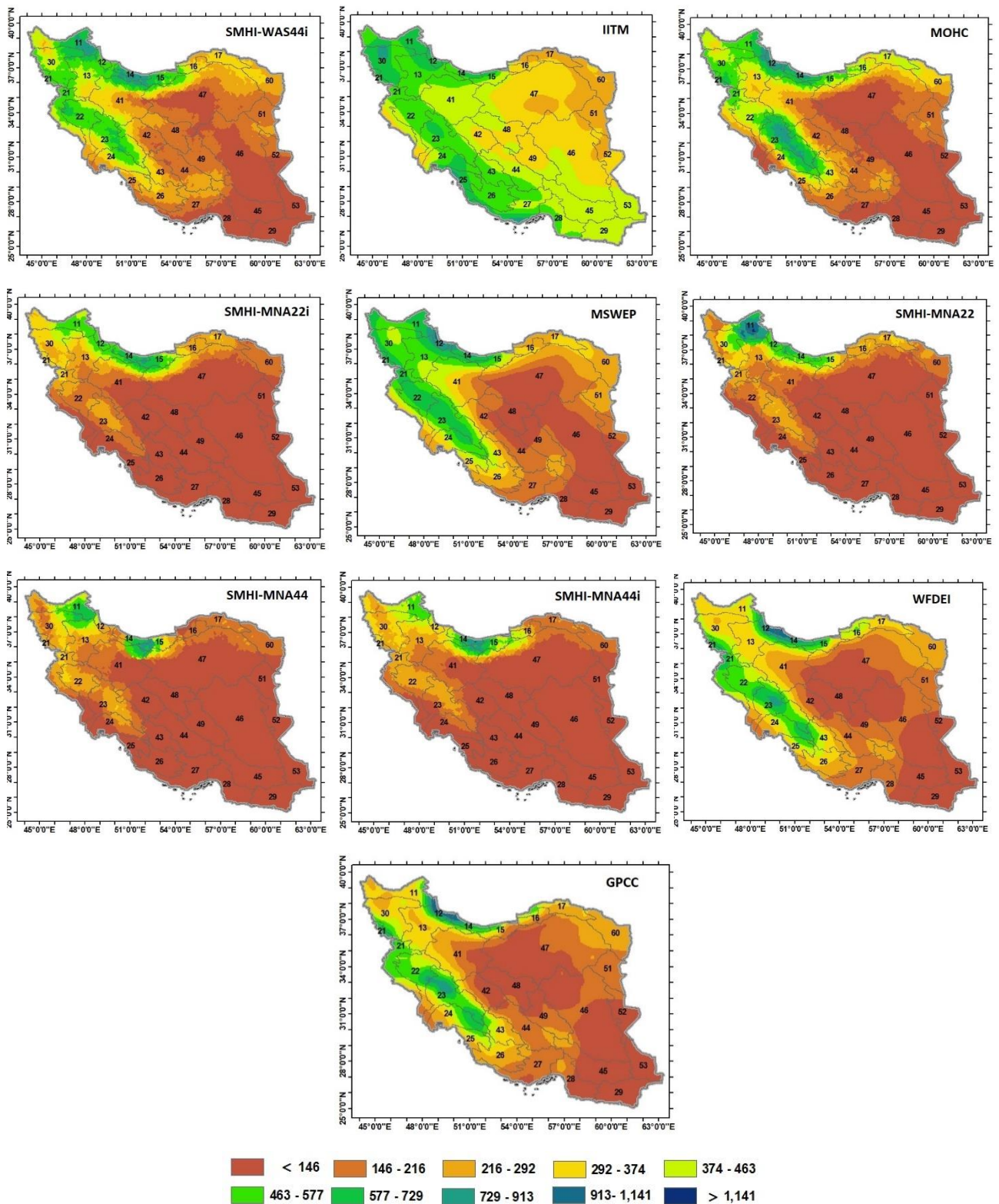
۳.۱. ارزیابی داده‌های بارش

۳.۱.۱. توزیع مکانی بارش

شکل (۲) توزیع مکانی بارش را براساس ده مجموعه داده نشان می‌دهد. همه ده مجموعه داده از جنوب غربی ایران به شمال و شمال غربی افزایشی در بارش متوسط سالانه نشان می‌دهند. توزیع بارش بر اساس *WFDEI*، *MSWEP*، *MOHC*، *SMHI WAS44i* و *GPCC* به‌طور کلی مشابه است اگرچه این پنج مجموعه داده هنوز اختلافات متقابل به‌خصوص در قسمت‌های شمال غربی ایران دارند. مناطقی که بارش متوسط سالانه از ۴۰۰ میلی‌متر فراتر می‌رود در *MOHC*، *MSWEP* و *SMHI WAS44i* نسبت به *WFDEI* و *GPCC* بزرگ‌تر هستند و بارش بر فراز بخش‌های شمالی به‌طور قابل توجهی در این سه مجموعه داده نسبت به دو مجموعه داده دیگر بزرگ‌تر است. در مورد پنج مجموعه داده دیگر تفاوت توزیع مکانی برجسته‌ای میان آنها با پنج مجموعه



شکل ۱. سری‌های زمانی ناهنجاری‌های بارش متوسط ماهانه



شکل ۲. توزیع مکانی بارش متوسط سالانه طی سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۹۰

هستند. به دلیل ناسازگاری بالای شبیه‌سازی‌های *IITM* و *SMHI* در دامنه‌های مختلف، از ارائه نمودار آنها در شکل ۳ و ۴ خودداری نمودیم. هرچند در بین تولیدات *SMHI* سازگاری بین *SMHI WAS44i* با داده‌های مشاهده‌ای نسبت به بقیه بهتر است. مقادیر *RMSE* و ارزیابی این مجموعه داده‌ها به شرح زیر است:

IITM: $RMSE= 21.68$, $Bias= 10.76$

SMHI MNA22: $RMSE= 21.07$, $Bias= -8.04$

SMHI MNA22i: $RMSE= 20.95$, $Bias= -9.73$

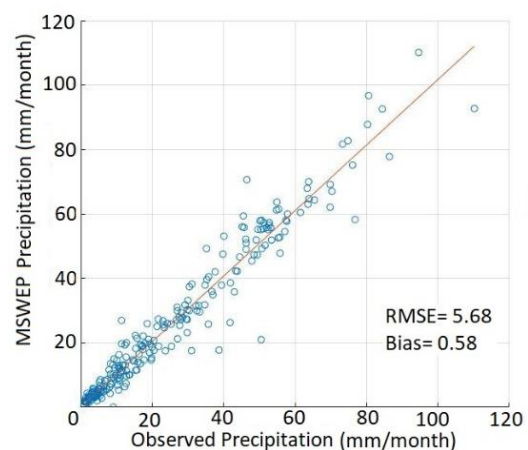
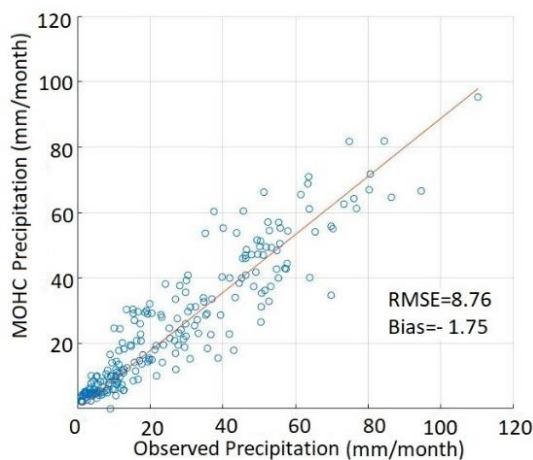
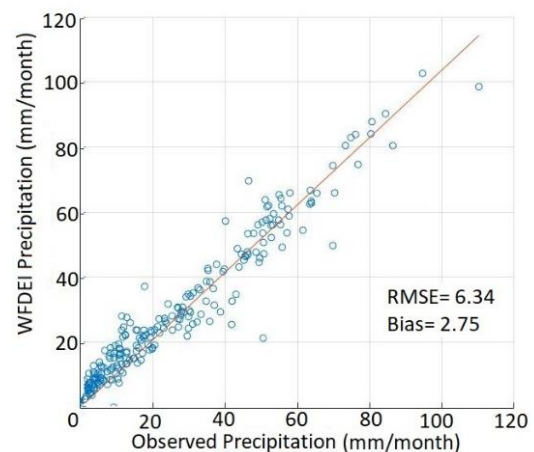
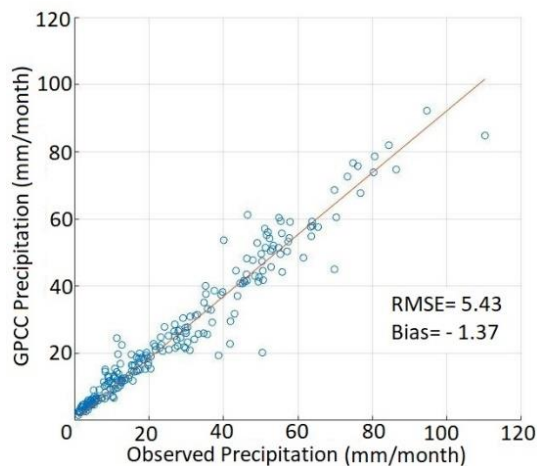
SMHI MNA44: $RMSE= 20.98$, $Bias= -10.93$

SMHI MNA44i: $RMSE= 23.79$, $Bias= -11.61$

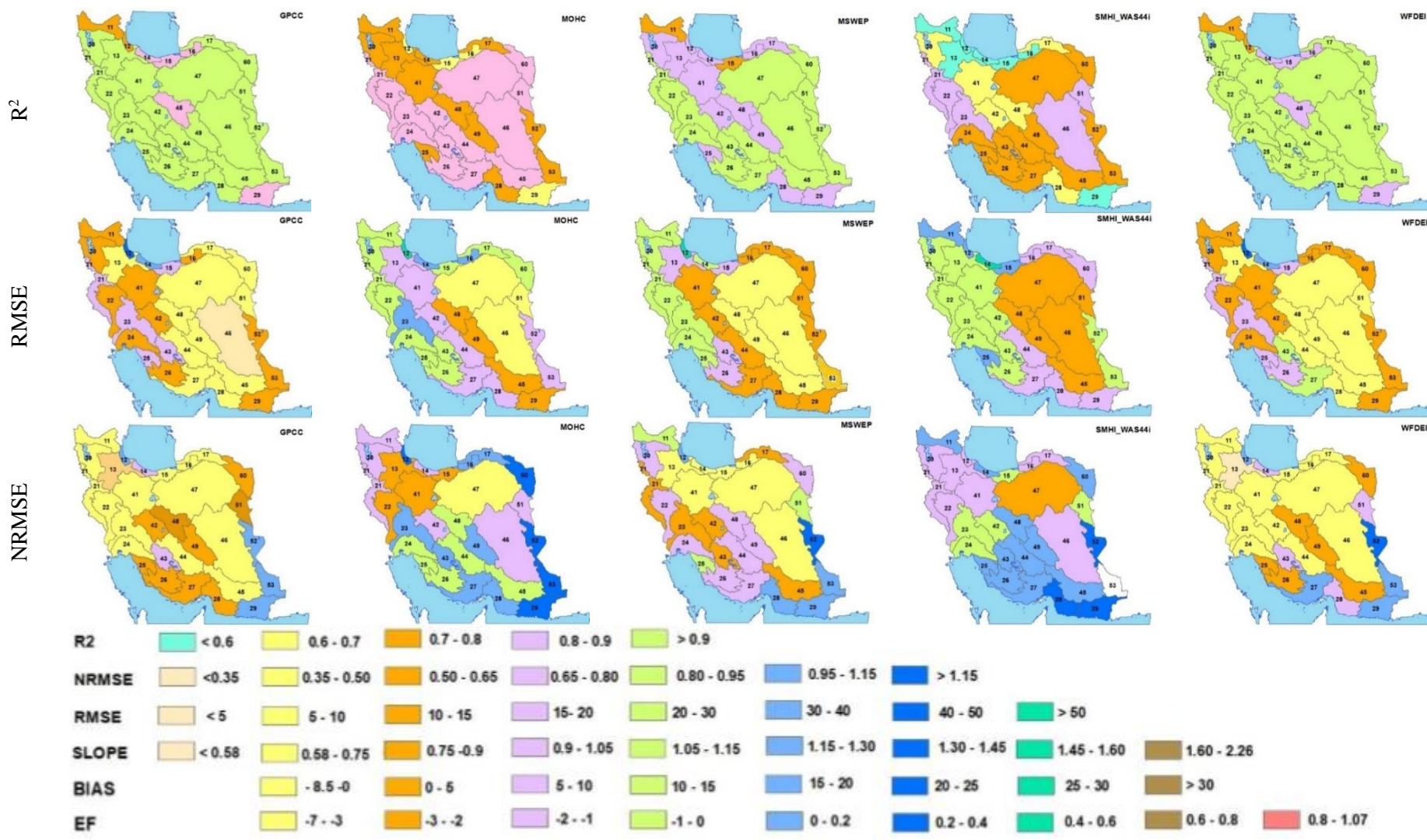
SMHI WAS44i: $RMSE= 12.35$, $Bias= -0.97$

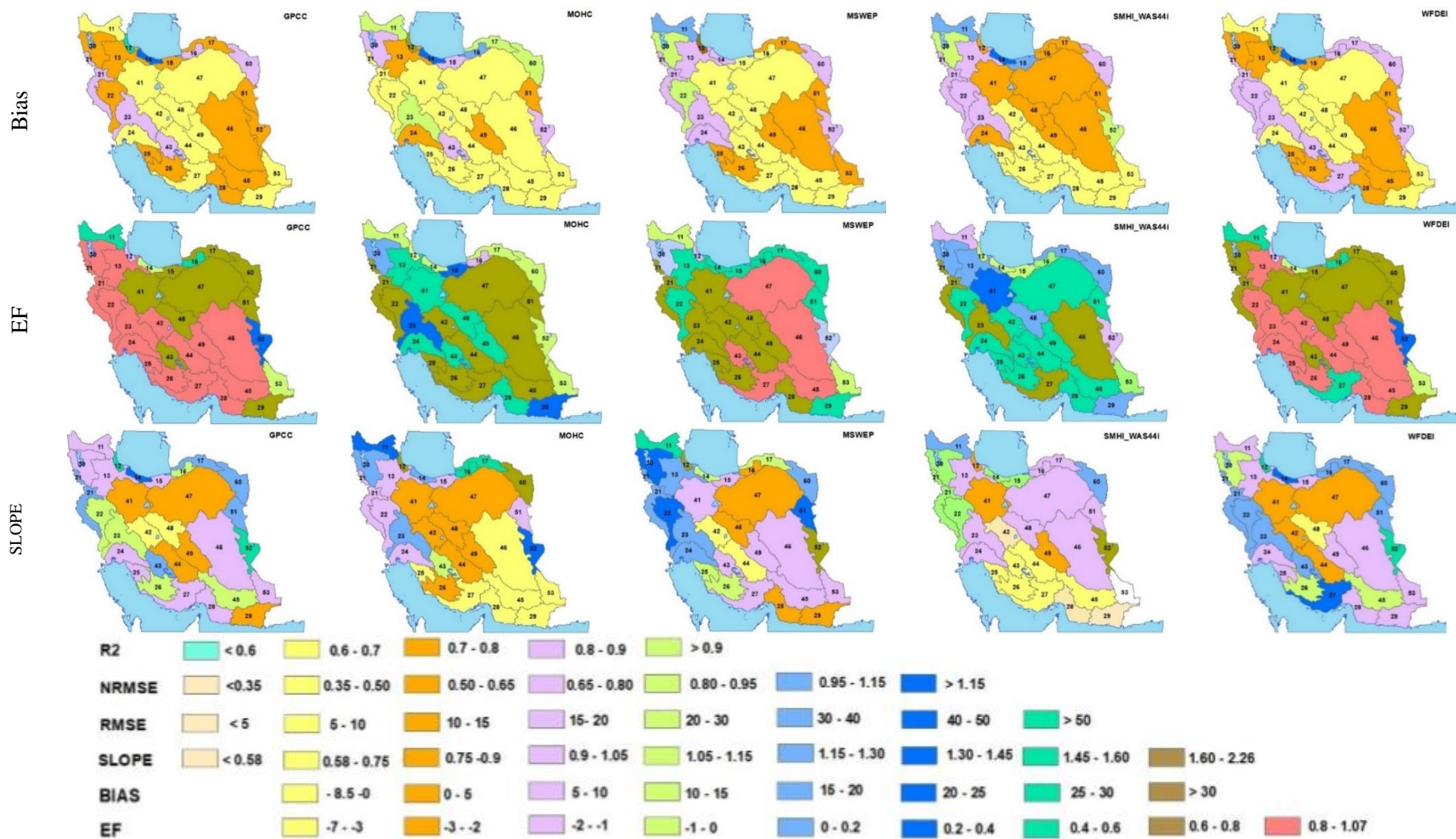
۳.۱.۳. مقایسه با داده‌های ایستگاهی

مقایسه توزیع مکانی بارش براساس ده مجموعه داده تفاوت‌های مشهودی را میان این مجموعه داده‌ها در سراسر کشور نشان می‌دهند. (شکل ۲). بنابراین ما داده‌های مشاهده‌ای مبتنی بر ایستگاه‌های مستقل را برای ارزیابی بیشتر این مجموعه داده‌ها در تمام این منطقه و همه حوزه‌های آبخیز رتبه دو کشور (سی حوضه) مورد استفاده قرار می‌دهیم (شکل ۴). همان‌طور که شکل ۳ نشان می‌دهد با در نظر گرفتن آماره‌های *RMSE* و ارزیابی، برآوردهای بارش متوسط سالانه براساس *MSWEP*، *WFDEI* و *MOHC* با داده‌های مشاهده‌ای سازگارتر



شکل ۳. مقایسه بارش چهار مجموعه داده در مقابل بارش اندازه‌گیری شده



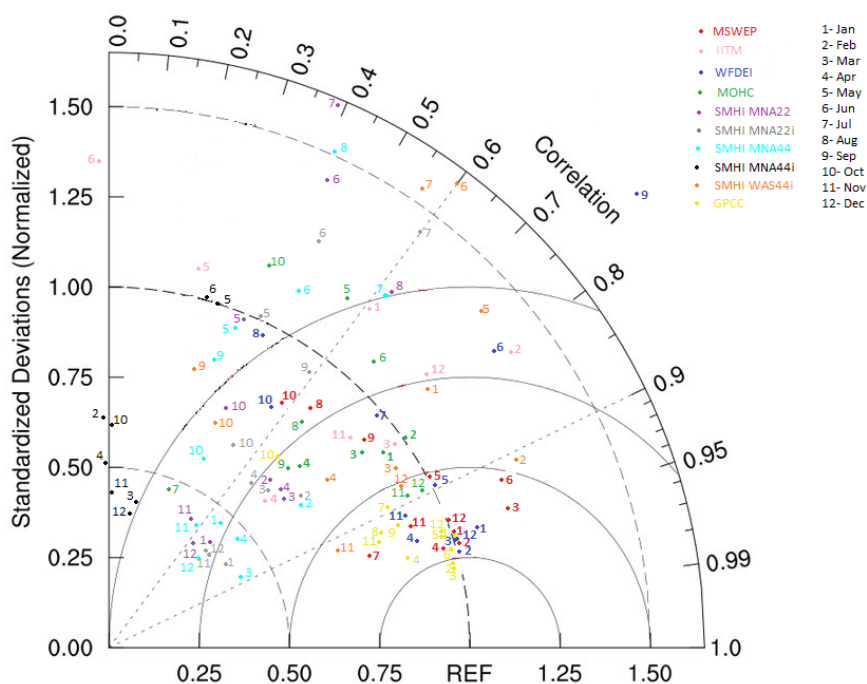


شکل ۴. بررسی‌های آماری انجام شده در سطح سی حوزه آبخیز کشور براساس داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی‌های مختلف، نقشه‌ها از چپ به راست به ترتیب مربوط به مجموعه داده‌های *SMHI_WAS44I*, *MSWEP*, *MOHC*, *GPCC* و *WFDEI* می‌باشد.

برآوردهای بارش را در ایران در طی اغلب ماه‌های این دوره فراهم می‌کند.

دیاگرام تیلور تهیه شده براساس مجموعه داده‌های مورد بررسی در این مطالعه (شکل ۵) تایید می‌کند که *MSWEP* و *WFDEI* در طی این سال‌ها بخوبی عمل می‌کنند به طوری که نقاط قرمز نمایش دهنده *MSWEP* با هم در یک منطقه با ضریب همبستگی بین ۰/۶ و ۰/۹۶ و واریانس نرمال شده نزدیک به یک، نشان دهنده مقادیر کمی از *ambiased RMSE* متمرکز شده‌اند. این نتایج نشان می‌دهند که بارش ماهانه براساس *MSWEP* و *WFDEI* در ایران پایدار و قابل اطمینان هستند. عملکرد مجموعه داده‌های دیگر به خصوص با گسترش وسیعی برای *IITM* ضعیف می‌باشد.

مقایسه داده‌های مشاهداتی ایستگاهی ماهانه با برآوردهای بارش مجموعه داده‌های مورد بررسی نشان می‌دهد مقادیر *RMSE* برای *MSWEP* و *WFDEI* بسیار پایین بوده و در حدود *GPCC* می‌باشد. برای تولیدات *SMHI* و *MOHC* بزرگ‌تر، به نظر می‌رسد در درجه اول ناشی از نمایش ضعیف تغییرپذیری مکانی در این منطقه باشد همان‌طور که به وسیله پراکندگی بیشتر در نمودار پراکندگی^۱ نمایان شد. در عوض در مورد *IITM*، *RMSE* بزرگ از یک آریبی سیستماتیک بالا در بارش متوسط سالانه در کل کشور منتج شده است. تغییرات ماهانه در آریبی و *RMSE* برای این مجموعه داده‌ها در طی سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۹۰ در جدول ۳ ارائه شده است. براساس این معیارها *MSWEP* و *WFDEI* دقیق‌ترین



شکل ۵. دیاگرام تیلور تهیه شده برای مطالعه حاضر

کنند، اما تجزیه و تحلیل ما تفاوت‌های بسیار مهمی را برای ایران شناسایی می‌کند. این تفاوت‌ها از فاکتورهای متعددی به وجود می‌آیند از جمله قدرت تفکیک‌های

اگرچه ده مجموعه داده مورد بررسی ویژگی‌های مشترک زیادی دارند و می‌توانند به درستی ویژگی‌های گسترده‌ای از بارش را بر فراز مناطقی در جهان منعکس

¹ scatter plot

عمل می‌کند زیرا این مجموعه، مشاهدات را از منابع اطلاعاتی مختلفی که اعتبار آنها در مطالعات مختلفی در سطح جهان به اثبات رسیده ترکیب می‌کند که این امر دارای مزایای قابل توجهی برای کیفیت تحلیل می‌باشد. قادر به بازتولید مقادیر میانگین سالانه و ماهانه می‌باشد. هرچند در مورد ماه‌های خشک ضعیف‌تر عمل می‌کند. اگرچه در قسمت‌های شمالی و غربی بخصوص شمال غربی ایران بیش‌برآوردهای قابل توجهی در آن وجود دارد. *WFDEI* یک مجموعه داده جهانی است که از مشاهدات *GPCC* برای تقلیل اریبی بهره گرفته است. این مجموعه داده نیز در ایران از کیفیت مناسبی برخوردار است. هر چند در مورد ماه‌های ژوئن، جولای، آگوست، سپتامبر و اکتبر (به‌خصوص سپتامبر) ضعیف‌تر عمل می‌کند.

GPCC ثابت است هر چند در مورد *MOHC* و *SMHI* *WAS44i* تغییراتی در برخی ماه‌ها مشاهده می‌شود. در این مطالعه مجموعه داده‌ها در مقلیل مشاهدات ایستگاهی بارش مستقل فراهم‌شده در طی سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۹۰ اعتبارسنجی گردیدند. براساس این اعتبارسنجی *MSWEP* و *WFDEI* بهترین عملکرد را در هر دو مقیاس مکانی و زمانی ماهانه و سالانه با کمترین *RMSE* و بالاترین ضریب همبستگی در میان این مجموعه داده‌ها فراهم می‌کنند. هر چند تغییرات مکانی بارش براساس این مجموعه داده در بخش‌های غربی و شمال غربی سازگاری کمتری نسبت به *WFDEI* با داده‌های مشاهداتی و *GPCC* دارد. به‌طور خلاصه هیچ یک از این دو مجموعه داده به‌وضوح دیگری را شکست نمی‌دهد. *RCA4* در دامنه *MNA22* با داشتن بیشترین قدرت تفکیک مکانی به‌نظر می‌رسد واقع‌گرایانه‌ترین برآوردها را از بارش ارائه دهد، در صورتی که نتایج خلاف این موضوع را ثابت کرد. برآوردهای بارش *HadRM3P.v1* بر فراز ایران فضای قابل توجهی برای بهبود دارند. به‌طور کلی تمامی این محصولات به‌طور گسترده‌ای بخصوص در مناطقی که داده‌های ایستگاهی پراکنده هستند استفاده می‌شوند و به‌طور مداوم در حال توسعه و بهبود هستند. همچنین در صورت اصلاح توزیع مکانی

مختلف، داده‌های پایه‌ی مختلف و الگوریتم‌های مختلف برای ترکیب کردن این داده‌ها.

در این مطالعه، توزیع مکانی بارش در ده مجموعه داده مورد مقایسه قرار گرفت و کیفیت آنها در ایران ارزیابی گردید. علاوه بر این با بهره‌گیری از معیارهای مختلفی چون اریبی، ضریب کارایی نش- ساتکلیف، شیب رگرسیون و شاخص *RMSE* استاندارد شده، میانگین مجموع مربعات خطا و ضریب تبیین، عملکرد پنج مجموعه داده‌ی منتخب بر فراز سی حوزه‌ی آبخیز کشور مورد ارزیابی قرار گرفت. نقشه‌های موجود در شکل ۴ به‌وضوح نمایان‌گر تفاوت بین این مجموعه داده‌ها می‌باشند. براساس نتایج حاصل از ارزیابی‌های مختلف، *MSWEP* در هر دو مقیاس زمانی ماهانه و سالانه بهتر

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر تعداد در حال افزایشی از مجموعه داده‌های مختلف برای حمایت تحقیقات هیدرولوژیکی، کلیماتولوژیکی و کشاورزی توسعه داده شده‌اند. در این مطالعه، یک مقایسه درونی و ارزیابی محصولات بارش برای مجموعه داده‌های پیش‌رانش *MSWEP* و *WFDEI* و مجموعه داده‌های پروژه *CORDEX* تولید شده توسط موسسات *SMHI*، *JITM* و *MOHC* بر فراز ایران ارائه گردید. نتایج، راهنمای سودمندی برای کاربران و تولیدکنندگان این مجموعه داده‌ها فراهم می‌کند. بارش در همه این مجموعه داده‌ها، توزیع‌های مکانی مشابهی با یک گرادیان مثبت از جنوب شرقی به شمال غربی ایران را نشان می‌دهد. هرچند در مورد کمیت این گرادیان تفاوت‌های قابل توجهی وجود دارد. بارشی که از *RCA4* (به جز در مورد دامنه *WAS44i*) برآورد می‌شود به‌طور سیستماتیک کمتر از دیگر مجموعه داده‌ها در بیشتر مناطق ایران می‌باشد. تغییرپذیری زمانی آنومالی‌های بارش متوسط ماهانه به‌طور کلی در میان این پنج مجموعه داده و *MSWEP*، *WFDEI*، *MOHC*، *SMHI* و *WAS44i*

بخش غربی و شمال غربی ایران جایی که تراکم ایستگاه‌های زمینی بر فراز مناطق کوهستانی کم است. نیاز فراوانی به بهبود کیفیت داده‌های پیش‌رانش در این مناطق وجود دارد. عملکرد خوب *MSWEP* و *WFDEI* می‌تواند نقاط قوت ادغام داده‌های دقیق برآوردهای ایستگاه‌های اندازه‌گیری، ماهواره‌ای و مبتنی بر داده‌های بازتحلیل که مکمل یکدیگر هستند و همچنین نقش تصحیح اریبی با اتکا به داده‌های معتبری چون *GPCP* را آشکار کند.

بارش *MSWEP* بر فراز مناطق شمال غربی و غربی کشور، دقت این داده‌ها بسیار افزایش خواهد یافت. این نتایج به محققان کمک خواهد کرد تا در هنگام انتخاب داده تصمیمات آگاهانه‌تری بگیرند، به اندازه‌گیری عدم قطعیت کمک می‌کند و دستورالعملی ارائه می‌دهد که می‌تواند به ارائه‌کنندگان این داده‌ها یاری رساند تا این مجموعه داده‌ها و دیگر مجموعه‌های شبیه به اینها را بهبود دهند. نتایج ما همچنین عدم قطعیت‌های بزرگی که در مجموعه داده‌های فعلی باقی مانده است را برجسته می‌کند به‌خصوص در

References

- [1] Boegh, E., Thorsen, M., Butts, M. B., Hansen, S., Christiansen, J. S., Abrahamsen, P., Hasager, C. B., Jensen, N. O., van der Keur, P., Refsgaard, J. C., Schelde, K., Soegaard, H., and Thomsen, A. (2004). Incorporating remote sensing data in physically based distributed agro-hydrological modelling, *J. Hydrol.*, 287, 279–299.
- [2] Beck, H. E., Vergopolan, N., Pan, M., Levizzani, V., Albert I.J.M. van Dijk., Weedon, G. P., Brocca, L., Pappenberger, F., Huffman, G. J and Wood, E. F. (2017). Global-scale evaluation of 22 precipitation datasets using gauge observations and hydrological modeling, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 21, 6201–6217.
- [3] Cosgrove, B. A., Lohmann, D., Mitchell, K. E., Houser, P. R., Wood, E. F., Schaake, J. C., Robock, A., Marshall, C., Sheffield, J., Duan, Q. Y., Luo, L. F., Higgins, R. W., Pinker, R. T., Tarpley, J. D., and Meng, J. (2003). Real-time and retrospective forcing in the North American Land Data Assimilation System (NLDAS) project, *J. Geophys. Res.-Atmos.*, 108, 1887–1902, <https://doi.org/10.1029/2002jd003118>, 2003.
- [4] Duan, Z., Bastiaanssen, W. G. M., and Liu, J. (2012). Monthly and annual validation of TRMM Multi satellite Precipitation Analysis (TMPA) products in the Caspian Sea Region for the period 1999– 2003, *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 3696–3699, <https://doi.org/10.1109/igarss.2012.6350613>.
- [5] Dee, D. P., Uppala, S. M., Simmons, A. J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., Balmaseda, M. A., Balsamo, G., Bauer, P., Bechtold, P., Beljaars, A. C. M., van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Delsol, C., Dragani, R., Fuentes, M., Geer, A. J., Haimberger, L., Healy, S. B., Hersbach, H., Holm, E. V., Isaksen, L., Kallberg, P., Kohler, M., Matricardi, M., McNally, A. P., Monge-Sanz, B. M., Morcrette, J. J., Park, B. K., Peubey, C., de Rosnay, P., Tavolato, C., Thepaut, J.N., and Vitart, F. (2011). The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system, *Q. J. Roy. Meteor. Soc.*, 137, 553–597, <https://doi.org/10.1002/qj.828>.
- [6] Huang, J. P., Yu, H. P., Guan, X. D., Wang, G. Y., and Guo, R. X. (2016). Accelerated dryland expansion under climate change, *Nature Climate Change*, 6, 166–172, <https://doi.org/10.1038/Nclimate2837>.
- [7] Hylke E. Beck., Albert I. J. M. van Dijk., Levizzani. V, Schellekens J., Miralles. D. G., Martens. B., and Roo A. (2017). MSWEP: 3-hourly 0.25° global gridded precipitation (1979–2015) by merging gauge, satellite, and reanalysis data. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 21, 589-615.

- [8] Luo, L. F., Robock, A., Mitchell, K. E., Houser, P. R., Wood, E. F., Schaake, J. C., Lohmann, D., Cosgrove, B., Wen, F. H., and Sheffield, J.(2003). Validation of the North American Land Data Assimilation System (NLDAS) retrospective forcing over the southern Great Plains, *J. Geophys. Res.-Atmos.*, 108, 8843, <https://doi.org/10.1029/2002JD003246>.
- [9] Kobayashi, S., Ota, Y., Harada, Y., Ebata, A., Moriya, M., Onoda, H., Onogi, K., Kamahori, H., Kobayashi, C., Endo, H., Miyaoka, K., and Takahashi, K.(2015). The JRA-55 Reanalysis: General Specifications and Basic Characteristics, *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, 93, 5-48, <https://doi.org/10.2151/jmsj.2015-001>.
- [10] Kamyar, A., Yazdanpanah, H. and Movahedi, S. (2017). Accuracy Evaluation of the Outputs of Regional Climate Models in Iran, *Physical Geography Research Journal*.
- [11] Kang, L. T., Huang, J. P., Chen, S. Y., and Wang, X. (2016). Long-term trends of dust events over Tibetan Plateau during 1961–2010, *Atmos. Environ.*, 125, 188–198, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.10.085>.
- [12] Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowiak, J., Mo, K. C., Ropelewski, C., Wang, J., Leetmaa, A., Reynolds, R., Jenne, R., and Joseph, D.(1996). The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project, *B. Am. Meteorol. Soc.*, 77, 437–471, [https://doi.org/10.1175/15200477\(1996\)077<0437:Tnyrp>2.0.Co;2](https://doi.org/10.1175/15200477(1996)077<0437:Tnyrp>2.0.Co;2).
- [13] Pan, X. D., Li, X., Yang, K., He, J., Zhang, Y. L., and Han, X. J.(2014). Comparison of Downscaled Precipitation Data over a Mountainous Watershed: A Case Study in the Heihe River Basin, *J. Hydrometeorol.*, 15, 1560–1574, <https://doi.org/10.1175/Jhm-D13-0202.1>.
- [14] Qian, T., Dai, A., Trenberth, K. E., and Oleson, K. W. (2006). Simulation of Global Land Surface Conditions from 1948 to 2004. Part I: Forcing Data and Evaluations, *J. Hydrometeorol.*, 7, 953–975, <https://doi.org/10.1175/JHM540.1>.
- [15] Rodell, M., Houser, P. R., Jambor, U., Gottschalck, J., Mitchell, K., Meng, C. J., Arsenault, K., Cosgrove, B., Radakovich, J., Bosilovich, M., Entin, J. K., Walker, J. P., Lohmann, D., and Toll, D. (2004). The global land data assimilation system, *B. Am. Meteorol. Soc.*, 85, 381–394, <https://doi.org/10.1175/Bams-85-3-381>.
- [16] Taylor, K. E. (2001). Summarizing multiple aspects of model performance in a single diagram, *J. Geophys. Res.-Atmos.*, 106, 7183–7192, <https://doi.org/10.1029/2000JD900719>.
- [17] Weedon, G. P., Gomes, S., Viterbo, P., Shuttleworth, W. J., Blyth, E., Osterle, H., Adam, J. C., Bellouin, N., Boucher, O., and Best, M. (2011). Creation of the WATCH Forcing Data and Its Use to Assess Global and Regional Reference Crop Evaporation over Land during the Twentieth Century, *J. Hydrometeorol.*, 12, 823–848, doi:10.1175/2011jhm1369.1.
- [18] Wang, W., Cui, W., Wang, J., and Chen, X. (2016a). Evaluation of GLDAS1 and GLDAS-2 forcing data and Noah model simulations over China at monthly scale, *J. Hydrometeorol.*, 17, 2815–2833, <https://doi.org/10.1175/JHM-D-15-0191.1>.
- [19] Xie, X., He, J.-H., and Qi, L. (2011). A review on applicability evaluation of four reanalysis datasets in China, *Journal of Meteorology & Environment*, 27, 58–65.
- [20] Zhao, T. B., Fu, C. B., Ke, Z. J., and Guo, W. (2010). Global Atmosphere Reanalysis Datasets: Current Status and Recent Advances, *Adv. Earth Sci.*, 25, 242–254.
- [21] Zhao, F. and Zhu, J. (2015). Assessing Quality of Grid Daily Precipitation Datasets in China in Recent 50 Years, *Plateau Meteorology*, 34, 50–58, <https://doi.org/10.7522/j.issn.1000-0534.2013.00141>.
- [22] Zhang, L., Liu, H., Ye, Y., and Huang, C. (2010). Distributed modeling of shortwave solar radiation distribution over the Tibetan Plateau, *J. Natural Resources*, 25, 811–821, <https://doi.org/10.11849/zrzyxb.2010.05.012>.

Evaluation of Spatial and Temporal Variability of the several datasets for precipitation over Iranian watersheds

- ❖ **M. Rostami**; PhD Graduate in Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
- ❖ **A. Salajegheh***; Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran
- ❖ **F. Sharifi**; Professor of Soil conservation and watershed management Research Institute, Tehran, Iran
- ❖ **A. Malekian**; Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
- ❖ **T. Mesbahzadeh**; Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Abstract

Precipitation plays an important role in climatic, water, energy and biogeochemical cycles. Several global and regional data sets currently provide historical estimates of this variable over Iran, including the MWEP and WFDEI forcing datasets and production of some institutions such as MOHC, SMHI and IITM. All these datasets provide data with different resolutions based on gage stations, satellite Images and models output. In this study, we do an inter comparison between these data sets during 1990- 2008. We also validate all ten data sets against independent ground station observations over 30 second-order basins of Iran. MSWEP and WFDEI have an acceptable compatibility with observational data on different spatial and temporal resolutions. RMSE and Bias are 5.68, 6.34 and 0.58, 2.75 for these two datasets during 228 months, respectively. However, it is needed that MSWEP improves in the western and northwestern parts of the country and WFDEI in June and September months. Our findings in this research provide valuable guidance for a variety of stakeholders, including rainfall- runoff and land-surface modelers, watershed management studies and data providers.

Keywords: precipitation, validation, GPCC, watersheds of Iran, MSWEP/E2OFD and WFDEI-GPCC/V2/Leap