

ارزیابی آماری داده‌های بارش GPCP، GPCP، CMAP و NCEP-NCAR با داده‌های

مشاهده‌های در استان‌های البرز، قزوین، زنجان، کردستان و همدان

مژگان احمدی^۱، عباس کاویانی^{۲*}، پیمان دانش کار آراسته^۳ و زهره فرجی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۷/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۸/۲۲

چکیده

بارش از جمله مهم‌ترین عواملی است که در تخمین بسیاری از پارامترهای هیدرولوژیکی در سطح حوزه آبریز مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به اهمیت داده‌های بارش در علوم مختلف و عدم وجود شبکه باران‌سنجی گسترده و مناسب، لازم است داده‌های بارش به نحوی برآورد شوند. یکی از راه‌های برآورد بارش، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای است. در این پژوهش به ارزیابی خروجی داده‌های بارش مدل GPCP، GPCP، CMAP و NCEP-NCAR با داده‌های ایستگاهی در استان‌های البرز، قزوین، زنجان، کردستان و همدان پرداخته شد. نتایج نشان داد که در این مناطق بارش GPCP، GPCP، CMAP و NCEP-NCAR از لحاظ آماری نتایج خوبی را داشتند و از میان آنها GPCP و GPCP نتیجه بهتری را ارائه کرده‌اند. در ارزیابی GPCP با میانگین وزنی ایستگاه‌های شمال تهران، نوشهر، سیاه‌بیشه، کرج، باغ‌کلاویه، رجایی‌دشت و قزوین در پیکسل ۳ در سال ۲۰۰۳ ضریب تبیین (R^2)، ضریب کارایی مدل (EF)، خطای ارباب میانگین (MBE)، میانگین مطلق خطا (MAE) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) به ترتیب برابر ۰/۹۶، ۰/۹۴، ۳/۱۳، ۵/۳۰ و ۶/۵۸ میلیمتر بر ماه به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: بارش، سنجش از دور، آزمون‌های آماری، میان‌یابی

مقدمه

در مناطق با تراکم ایستگاهی کم، دقت برآوردها حتی با روش‌های کارآمد زمین‌آمار نیز کم است (Chappell et al, 2013). تراکم پایین ایستگاه‌های هواشناسی در نواحی کوهستانی و بیابانی جهان به علت محدودیت‌های اقتصادی و یا جغرافیایی، استفاده از ایستگاه‌های هواشناسی را در مقیاس جهانی و منطقه‌ای با محدودیت مواجه کرده است (Gairola et al, 2015; Mishra et al, 2011). نتایج به دست آمده از روش‌های گوناگون درون‌یابی در مناطق با مقدار واقعی بارش فاصله زیادی دارد (Wanger et al, 2012). در سال‌های اخیر و با پیشرفت‌های به دست آمده در زمینه فناوری‌های ماهواره‌ها، سنجش از دور، رایانه و بانک اطلاعاتی، نسل جدیدی از داده‌های هواشناسی پدید آمده است که برخی از مشکلات موجود در داده‌های مشاهده‌ای مانند دسترسی محدود به داده‌ها، هزینه خرید داده‌ها، وجود داده‌های گم شده، پراکندگی نامناسب ایستگاه‌ها و نیز روزآمد نبودن داده‌ها را ندارند. طی دهه‌های اخیر، ماهواره‌ها، مراکز دانشگاهی، ملی و بین‌المللی در راستای مطالعه‌ی تغییرات آب و هوایی شبکه‌ای از داده‌های آب و هوایی را تولید و گسترش داده‌اند. این داده‌ها به طور معمول از درون‌یابی مشاهدات نامنظم فضایی حاصل می‌شوند و از جهات مختلف حائز اهمیت هستند. تخمین بهتر متغیرهای آب‌وهوایی در نواحی فاقد ایستگاه و امکان مطالعه مناسب‌تر آب و هوایی یکی از

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 درحالی 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 مختلف درون‌یابی استفاده می‌شود. از این رو مقدار درون‌یابی در مناطق با تراکم ایستگاهی زیاد با دقت بیشتری صورت می‌گیرد در حالی که

۱- دانشجوی دوره دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)،

قزوین

۲- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین

۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین

۴- دانشجوی دوره دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)،

قزوین

(Email: kaviani@eng.ikiu.ac.ir

*) - نویسنده مسئول

تابستانه ایستگاه‌های زمینی چین در دوره آماری ۲۰۰۰-۱۹۷۹ مورد راستی‌آزمایی قرار دادند و دریافتند که داده‌های CRU بیشترین همخوانی را با داده‌های زمینی دارد ولی NCEP-2 مقادیر بارش را بیشتر از مقدار واقعی برآورد می‌کنند (Zhao and Fu, 2006). به واکاوی جهانی و منطقه‌ای بارش بر پایه داده‌های بارش پایگاه‌های GPCP، CMAP و NCEP/NCAR پرداختند. هدف آنها شناخت تفاوت، همسانی و تفاوت نقاط قوت و ضعف داده‌های واکاوی شده بود. بر اساس نتایج این پژوهش، هر کدام از پایگاه‌های استفاده شده بر روی پهنه‌های مکانی خاصی همبستگی و هماهنگی دارند (Bosilovich et al, 2008). مدل‌های سطح زمین بروز شده با مشاهدات ماهواره‌ای به دلیل ارائه پارامترهای هیدرولوژیکی در مقیاس جهانی از اهمیت بالایی در مناطق فاقد آمار برخوردار می‌باشند. قبل از استفاده از داده‌های سنجش از دور لازم است با داده‌های زمینی مقایسه شده و دقت آنها مشخص شود. لذا این پژوهش با هدف ارزیابی امکان استفاده از نتایج مدل‌های GPCP، GPCC.

CMAP و NCEP-NCAR انجام شد و به ارزیابی داده‌های بارش مدل GPCP، GPCC، CMAP و NCEP-NCAR، با داده‌های ایستگاهی در پنج استان البرز، قزوین، زنجان، کردستان و همدان در ایران پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش استان‌های همجوار البرز، زنجان، قزوین، کردستان و همدان می‌باشد. به دلیل عدم پراکندگی مناسب ایستگاه‌ها و عدم دسترسی به ایستگاه‌های بیشتر در برخی از استان‌های مورد مطالعه، از ایستگاه‌های کمکی رشت در استان گیلان، سیاه‌بیشه و نوشهر در استان مازندران، شمال تهران در استان تهران، میانه در استان آذربایجان شرقی، سردشت و مهاباد در استان آذربایجان غربی و خلخال در استان اردبیل استفاده شد تا داده‌ها پراکندگی بهتری در پیکسل‌های مدل‌های مورد مطالعه داشته باشند. نام ایستگاه‌های مورد استفاده در جدول ۱ و شکل ۱ زیر آورده شده است.

ماهواره، مدل و پایگاه‌های مورد استفاده

در این پژوهش از داده‌های بارش خروجی مدل GPCC، GPCP، CMAP و NCEP-NCAR در استان‌های زنجان، قزوین، البرز، کردستان و همدان استفاده شده است. پایگاه CMAP از اطلاعات ماهواره‌ای، GPCP از ترکیب اطلاعات زمینی و ماهواره‌ای حاصل می‌گردند (موغاری و همکاران، ۱۳۹۶). در ادامه به معرفی پایگاه‌ها، مدل و ماهواره مورد استفاده در این پژوهش پرداخته شده است.

مهم‌ترین مزایای این داده‌ها است. تغییر ناگهانی برآورد بارشی پایگاه GPCP^۱ را در حوزه رودخانه کنگو واکاوی و راست آزمایی نمودند. پایگاه بارشی GPCP نشان می‌داد سال‌های ۱۹۷۹ تا ۲۰۰۴ بر روی پهنه جنوبی آفریقای حاره‌ای از حوزه رودخانه کنگو تا ساحل شرقی ریزش‌های آسمانی روندی منفی به خود گرفته است (Yin and Gruber, 2004). با ارزیابی هفت پایگاه داده بارش از جمله NCEP، CMAP^۲، GPCC^۳ و GPCP در ده حوزه آبریز اصلی چین طی دوره ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۷ بیان کردند که داده‌های GPCC بالاترین همبستگی را با باران‌سنج‌ها دارند و مقدار خطای آن در همه حوزه‌های مورد مطالعه کمترین است (Fu et al, 2016). دقت داده‌های NCEP-NCAR و ECMWF^۴ را در تحلیل مکانی و تغییرپذیری بارش فصلی و سالانه اتیوپی در مقایسه با داده‌های زمینی مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که هر دو مدل در مقایسه با داده‌های زمینی به خوبی الگوی مکانی بارش را به دست می‌دهند اما مقدار بارش را در برخی مناطق بیشتر و در برخی مناطق کمتر از مقدار مشاهده‌ای برآورد می‌کنند (Diro et al, 2009). درستی و دقت داده‌های بارش پایگاه‌ها از جمله GPCC و GLDAS^۵ را در نظارت بر خشکسالی در ایران طی بازه زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج مقادیر بارش پایگاه‌های بکار گرفته شده در مناطق غربی رشته‌کوه زاگرس بهترین عملکرد را دارند، ولی تمامی پایگاه‌های مورد استفاده در سواحل دریای خزر عملکرد نسبتاً ضعیفی دارند (Katiraie et al, 2016). روند ریزش‌های آسمانی را به کمک دو پایگاه بارشی GPCP و CMAP در تفکیک مکانی ۲/۵×۲/۵ درجه طول و عرض جغرافیایی برای بازه زمانی ۲۰۰۹-۱۹۷۹ واکاوی نمودند. بررسی این دو پایگاه آشکار ساخت به طور یکنواختی ریزش‌های آسمانی بر روی پهنه خلیج بنگال طی این بازه زمانی در ماه می، رو به سوی افزایش بوده است (Sathiyamoorthy et al, 2010). محصول بارش دو پایگاه داده GPCP و CRU را با اطلاعات ایستگاهی در نواحی کوهستانی آفریقا مقایسه نمودند. نتایج حاکی از ارتباط بسیار قوی داده‌های شبکه‌ای (ضریب همبستگی ۰/۹ و بیشتر) با داده‌های مشاهده‌ای است. دقت داده‌های GPCC نیز مقداری بیش از داده‌های CRU^۶ بود (Dinku et al, 2008). دقت داده‌های NCEP-2 و CRU را در برآورد بارش

- 1- Global Precipitation Climatology Project
- 2- National Centers for Environmental Prediction – National Center for Atmospheric Research
- 3- CPC Merged Analysis of Precipitation
- 4- Global Precipitation Climatology Center
- 5- European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
- 6- Global Land Data Assimilation System
- 7- Climatic Research Unit

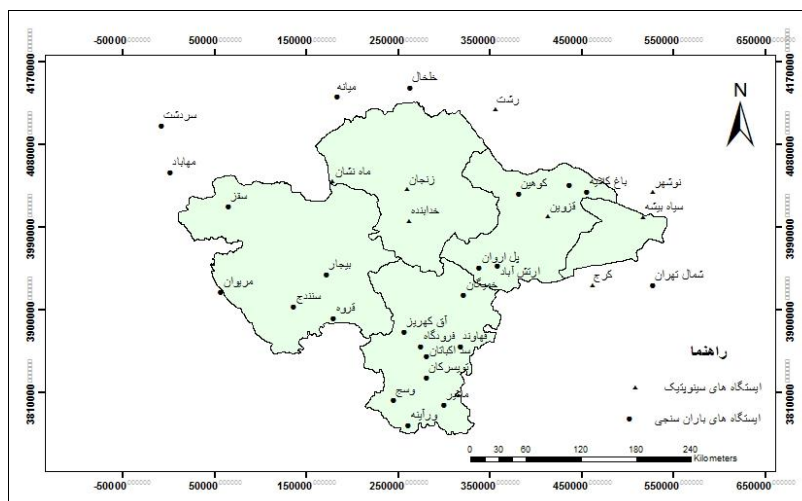
جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	طول دوره آماری
قزوین	سینوپتیک	۵۰/۰۳	۳۶/۱۵	۱۲۷۹/۲	۲۰۰۱-۲۰۱۰
رشت	سینوپتیک	۴۹/۳۷	۳۷/۱۹	-۸/۶	۲۰۰۱-۲۰۱۰
سیاه‌پیشه	سینوپتیک	۵۱/۱۸	۳۶/۱۵	۱۸۵۵/۴	۲۰۰۱-۲۰۱۰
پلاروان	باران‌سنجی	۴۹/۲	۳۵/۶۳	۱۷۵۰	۲۰۰۱-۲۰۱۰
رجایی‌دشت	باران‌سنجی	۵۰/۲۸	۳۶/۴۵	۹۶۸	۲۰۰۱-۲۰۱۰
باغ‌کلايه	باران‌سنجی	۵۰/۵	۳۶/۳۹	۱۲۸۳	۲۰۰۱-۲۰۱۰
کوهین	باران‌سنجی	۴۹/۶۷	۳۶/۳۷	۱۵۱۰	۲۰۰۱-۲۰۱۰
ارتش‌آباد	باران‌سنجی	۴۹/۴۳	۳۵/۶۶	۱۷۵۰	۲۰۰۱-۲۰۱۰
خمیگان	باران‌سنجی	۴۹/۰۲	۳۵/۳۷	۱۸۶۹	۲۰۰۷-۲۰۱۶
تویسرکان	باران‌سنجی	۴۸/۶	۳۴/۵۵	۱۷۸۳	۲۰۰۷-۲۰۱۶
ملایر	باران‌سنجی	۴۸/۸۲	۳۴/۲۸	۱۷۲۵	۲۰۰۷-۲۰۱۶
همدان	باران‌سنجی	۴۸/۵۳	۳۴/۸۵	۱۷۴۹	۲۰۰۷-۲۰۱۶
سداکباتان	باران‌سنجی	۴۸/۶	۳۴/۷۶	۱۹۵۷	۲۰۰۷-۲۰۱۶
وسج	باران‌سنجی	۴۸/۲۲	۳۴/۳۲	۱۵۶۶	۲۰۰۷-۲۰۱۶
ورآینه	باران‌سنجی	۴۸/۴	۳۴/۰۸	۱۷۹۵	۲۰۰۷-۲۰۱۶
آق‌کهریز	باران‌سنجی	۴۸/۳۳	۳۴/۹۹	۱۸۴۴	۲۰۰۷-۲۰۱۶
قه‌اوند	باران‌سنجی	۴۸/۹۹	۳۴/۸۶	۱۵۵۴	۲۰۰۷-۲۰۱۶
نوشهر	سینوپتیک	۵۱/۳	۳۶/۳۹	-۲۰/۹	۲۰۰۰-۲۰۱۰
شمال‌تهران	باران‌سنجی	۵۱/۲۹	۳۵/۴۸	۱۵۴۹/۱	۲۰۰۰-۲۰۱۰
خلخال	باران‌سنجی	۴۸/۳۱	۳۷/۳۸	۱۷۹۶	۲۰۰۰-۲۰۱۰
میانه	بارن‌سنجی	۴۷/۴۲	۳۷/۲۷	۱۱۱۰	۲۰۰۰-۲۰۱۰
سقز	بارن‌سنجی	۴۶/۱۶	۳۶/۱۵	۱۵۲۲/۸	۲۰۰۲-۲۰۱۰
مریوان	بارن‌سنجی	۴۶/۱۲	۳۵/۳۱	۱۲۸۶/۸	۲۰۰۲-۲۰۱۰
قروه	بارن‌سنجی	۴۷/۴۸	۳۵/۱	۱۹۰۶	۲۰۰۲-۲۰۱۰
بیجار	بارن‌سنجی	۴۷/۳۷	۳۵/۵۳	۱۸۸۳/۴	۲۰۰۲-۲۰۱۰
سنندج	بارن‌سنجی	۴۷	۳۵/۲	۱۳۷۳/۴	۲۰۰۲-۲۰۱۰
مهاباد	بارن‌سنجی	۴۵/۴۳	۳۶/۴۵	۱۳۵۱/۸	۲۰۰۲-۲۰۱۰
سردشت	بارن‌سنجی	۴۵/۲۹	۳۶/۹	۱۵۵۶/۸	۲۰۰۲-۲۰۱۰
ماه‌نشان	سینوپتیک	۴۷/۴۱	۳۶/۴۴	۱۲۸۲	۲۰۰۲-۲۰۱۰
زنجان	سینوپتیک	۴۸/۳۱	۳۶/۳۹	۱۶۶۳	۲۰۰۰-۲۰۱۰
خدابنده	سینوپتیک	۴۸/۳۵	۳۶/۰۸	۱۸۸۷	۲۰۰۰-۲۰۱۰
کرج	سینوپتیک	۵۰/۵۷	۳۵/۴۸	۱۲۹۲/۹	۲۰۰۳-۲۰۱۰

گوناگون $۰/۵ \times ۰/۵$ ، ۱×۱ و $۲/۵ \times ۲/۵$ درجه قوسی در دسترس است (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳). در این مقاله به دلیل ارزیابی داده‌های ایستگاهی با داده‌های بزرگ مقیاس از آخرین اطلاعات این مرکز، اطلاعات بازکاوی شده نسخه V2018 با تفکیک مکانی $۲/۵ \times ۲/۵$ درجه استفاده شد. اطلاعات بارش این مجموعه برای سال‌های ۱۸۹۱ تا ۲۰۱۶ موجود است. در این مقاله از اطلاعات این پایگاه مربوط به سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ استفاده شد.

GPCC

در راستای نیازمندی به داده‌های بلندمدت بارش جهان GPCC زیر نظر برنامه پژوهش اقلیم جهان (WCRP^۱) راه‌اندازی شده است. یکی از وظایف GPCC واکاوی بارندگی ماهانه جهان بر روی خشکی‌ها به کمک داده‌های باران‌سنجی ایستگاه‌های زمینی است. هدف اصلی GPCC برآوردن نیاز کاربران به داده‌های بهنگام و دقیق از بارش بر روی خشکی‌های جهان است. داده‌های تولید شده در GPCC بر اساس اندازه‌گیری‌های ایستگاهی جهان و با تفکیک‌های



شکل ۱- نقشه ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی

پایگاه در بازه زمانی روزانه از اکتبر ۱۹۹۶ تا به امروز را پوشش می‌دهد. همه فرآورده‌های نامبرده شده در بالا به کمک یک کاسه کردن و در هم تنیدن داده‌های فروسرخ، کهنوج و داده‌های بارشی واکاوی شده باران‌سنج‌های زمینی، پدید می‌آیند (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۳).

NCEP- NCAR

مرکز پیش‌بینی و مدل‌سازی داده‌های اقلیمی NCEP- NCAR داده‌های بازتحلیل شده خود را به صورت تقریباً روزآمد از ۱۹۴۶ تا زمان واقعی عرضه کرد که هم اکنون نیز ادامه دارد. امروزه با پیشرفت‌های گسترده در زمینه‌های گوناگون فناوری و علوم جوی و اقیانوسی نسل جدیدتری از داده‌های بازتحلیل شده عرضه می‌شود که هم از نظر کارایی مدل و هم از نظر داده‌های ورودی به مدل، بسیار توسعه پیدا کرده‌اند. داده‌های بارش NCEP- NCAR هر شش ساعت یک بار با مدل پیش‌بینی می‌شود که از مجموع چهار پیش‌بینی صورت گرفته در یک روز، مجموع بارش روزانه به دست می‌آید. بنابراین می‌توان گفت که داده‌های بارش در این گونه مدل‌ها نتیجه پیش‌بینی مدل هستند (Janowiak et al, 1998; Bordi et al, 2006). داده‌های بازتحلیل شده نتیجه برهم‌کنش پیچیده میان داده‌های موجود و نتایج مدل‌های جوی است که به صورت داده‌های شبکه‌بندی شده با پوشش سیاره‌ای داده می‌شوند. داده‌های بازتحلیل شده (NCEP- NCAR) و ECMWF^۲ از آغاز دهه گذشته تا کنون در دسترس پژوهشگران قرار گرفته و شتاب گسترده‌ای را در پژوهش‌های هواشناسی، آب و هواشناسی و اقیانوسی موجب شده‌اند (رضیعی و فتاحی، ۱۳۹۰). در این گونه مدل‌ها برای تولید داده‌های

CMAP

واکاوی ادغام شده بارش (CMAP) تکنیکی است که واکاوی‌های بارش جهانی را در مقیاس‌های ماهانه و پنج روزه فراهم می‌آورد، بدین گونه که داده‌های ایستگاهی اندازه‌گیری بارش با برآوردهای به دست آمده از ماهواره‌ها یک کاسه می‌گردند. نسخه CMAP ۰.۸۰۲، افزون بر داده‌های ایستگاهی و ماهواره‌ای، از داده‌های بارشی مدل‌های عددی پیش‌بینی آب و هوا بهره می‌جوید. واکاوی‌های بارشی پایگاه CMAP در مقیاس مکانی $2/5 \times 2/5$ درجه طول و عرض جغرافیایی هستند. داده‌های پایگاه CMAP از سال ۱۹۷۹ بدین سو در دسترس هستند. پوشش واکاوی‌های مکانی این پایگاه برای همه خشکی‌ها و آب‌های ساره است (Keyantash and Darcup, 2002).

GPCP

طرح اقلیم‌شناسی بارش جهانی (GPCP) توسط برنامه پژوهش اقلیم جهان^۱ بنیان نهاده شده تا پراکنش و توزیع ریزش‌های آسمانی را بر پهنه کره زمین طی سال‌های طولانی اندازه‌گیری نماید. ویژگی فرآورده‌های پایگاه بارشی GPCP به شرح زیر است: نسخه دوم این پایگاه از ژانویه ۱۹۷۹ تا به امروز را پوشش داده، داده‌های بارشی آن در مقیاس زمانی ماهانه و در تفکیک مکانی $2/5 \times 2/5$ درجه طول و عرض جغرافیایی با دو تا سه ماه تأخیر بر روی وبگاه این پایگاه در دسترس است. فرآورده دیگر داده‌های بارشی در مقیاس ۵ روزه آن هم در تفکیک مکانی $2/5 \times 2/5$ درجه طول و عرض جغرافیایی است که این فرآورده همه پهنه زمین را پوشش داده و داده‌های آن از ژانویه ۱۹۷۹ تا به امروز در دسترس است، اما داده‌های موجود در طول و عرض جغرافیایی یک درجه (1×1) این

ارزیابی بارش پایگاه GPCC، GPCP و CMAP با داده‌های ایستگاهی

داده بارش GPCC، GPCP و CMAP با قدرت تفکیک مکانی $2/5 \times 2/5$ درجه به صورت ماهانه دریافت شد. محدوده مطالعاتی در پایگاه GPCC، GPCP و CMAP شامل ۴ پیکسل شد. در شکل زیر موقعیت جغرافیایی پیکسل‌های بارش GPCC، GPCP و CMAP آورده شده است.

در پایگاه GPCC، GPCP و CMAP پیکسل ۱ با مرکز مختصات $36/25N-46/25E$ درجه ایستگاه‌های مهاباد، سقز، قروه، بیجار، میوان، سنندج، سردشت، میانه و ماه‌نشان قرار گرفتند. در پایگاه GPCC، GPCP و CMAP پیکسل ۲ با مرکز مختصات $36/25N-48/75E$ درجه ایستگاه‌های رشت، خلخال، زنجان، خدابنده، کوهین، پل‌اروان، ارتش‌آباد و خمیگان قرار گرفتند. در پایگاه GPCC، GPCP و CMAP پیکسل ۳ با مرکز مختصات $36/25N-51/25E$ درجه ایستگاه‌های شمال تهران، نوشهر، سیاه‌بیشه، کرج، باغ‌کلاویه، رجایی‌دشت و قزوین قرار گرفتند. در پایگاه GPCC، GPCP و CMAP پیکسل ۴ با مرکز مختصات $33/75N-48/75E$ درجه ایستگاه‌های ورآینه، ملایر، وسج، تویسرکان، سداکباتان، همدان (فرودگاه)، قهاوند و آق‌کهریز قرار گرفتند. میانگین وزنی بارش (میلیمتر بر ماه) این ایستگاه‌ها محاسبه شد و ارزیابی آماری برای دوره ۲۰۱۰-۲۰۰۳ انجام شد. سری زمانی داده‌های GPCC، GPCP و CMAP و داده‌های ایستگاهی به صورت ماهانه در شکل‌های ۱۴-۳ آورده شده است. در شکل‌های ۲۶-۱۵ ارزیابی آماری بارش پایگاه GPCC، GPCP و CMAP با داده‌های ایستگاهی پیکسل‌های ۱ تا ۴ آورده شده است. همچنین ارزیابی بارش به صورت سالانه نیز در شکل‌های ۲۷ تا ۲۹ آورده شده است. نتایج نشان داد که مقادیر ضریب تبیین بیانگر دقت مناسب داده‌های GPCC، GPCP و CMAP می‌باشد. زیرا مقدار آن در بیشتر سال‌های مورد بررسی بیش از ۰/۶ به دست آمد که این نشان دهنده دقت قابل قبول داده‌های GPCC، پایگاه CMAP و GPCP در برآورد بارش در منطقه مورد مطالعه است. بیشترین ضریب تبیین برای GPCC و GPCP برابر ۰/۹۹، CMAP برابر ۰/۹۸ مشاهده شد. مقدار ضریب تبیین بیش از ۰/۹۰ در برخی از سال‌ها نشان می‌دهد که بیش از ۹۰ درصد واریانس موجود در داده‌های بارش این ایستگاه‌ها با داده‌های GPCC، GPCP و CMAP توصیف می‌شود. مقدار ضریب کارایی مدل (EF) در پیکسل ۱ و ۳ برای داده‌های CMAP و GPCP و در پیکسل ۱ و ۲ برای داده‌های GPCC نتایج بهتری نسبت به سایر پیکسل‌ها داشت که بیانگر هماهنگی خوب داده‌های GPCC، GPCP و CMAP با داده‌های زمینی در این ایستگاه‌ها است.

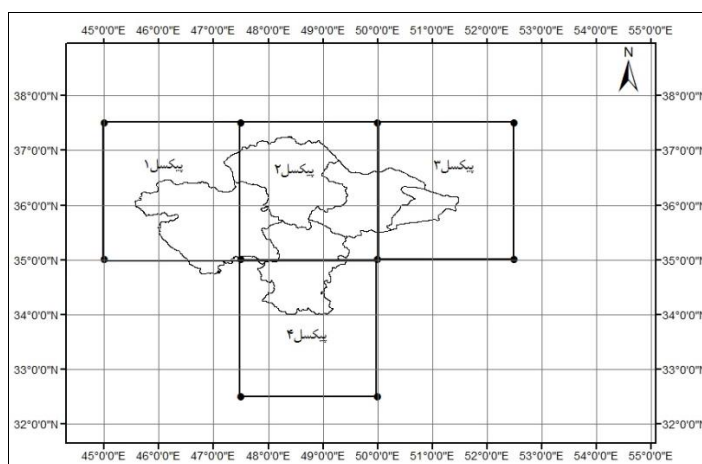
بارش که مهم‌ترین متغیر برای دسترسی و ارزیابی خشک‌سالی است (Keyantash and Dracup, 2002) از داده‌های مشاهده‌ای بارش (ایستگاه‌های باران‌سنج) استفاده نمی‌شود بلکه مقدار بارش از یک مدل فیزیکی که از متغیرهای دیگری مانند باد، دما، رطوبت ویژه و مانند آن بهره می‌برد پیش‌بینی می‌شود.

روش پژوهش

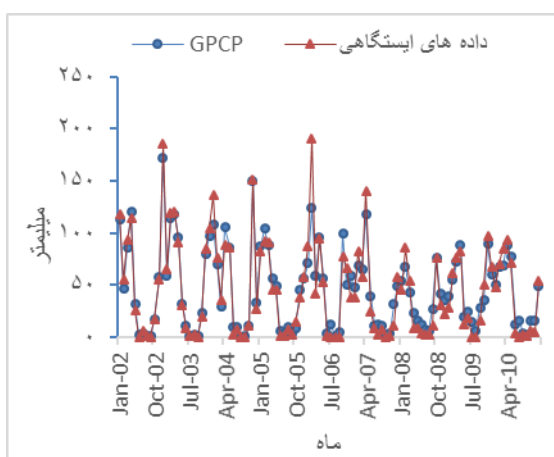
این پژوهش با هدف ارزیابی امکان استفاده از نتایج مدل‌های GPCC، GPCP، CMAP، NCEP-NCAR انجام شد و به ارزیابی داده‌های بارش مدل GPCC، GPCP، CMAP و NCEP-NCAR با داده‌های ایستگاهی در پنج استان البرز، قزوین، زنجان، کردستان و همدان پرداخته شد. داده‌های خروجی بارش هر یک از مدل‌ها از لینک www.esrl.noaa.gov دریافت شد. فرمت داده‌های GPCC، GPCP، CMAP و NCEP-NCAR به صورت NetCDF¹ است که توسط نرم افزار MATLAB قابل مدیریت هستند. پس از فراخوانی در نرم‌افزار MATLAB منطقه مورد مطالعه و بازه زمانی مورد نظر از تصویر اصلی جدا و ذخیره شد. واحد داده‌های GPCP و CMAP میلیمتر در روز بود که برای مقایسه داده‌های مذکور با داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی به میلیمتر بر ماه تبدیل شد. داده‌های NCEP-NCAR به صورت $(\frac{kg}{m^2})$ بود که به میلیمتر بر ماه تبدیل شد. برای ارزیابی آماری این دیتاست‌ها با داده‌های ایستگاهی میانگین وزنی ایستگاه‌ها در هر پیکسل به روش چندضلعی تیسن محاسبه شد. با استفاده از نرم‌افزار ArcMap10.2 چندضلعی تیسن رسم و مساحت آنها محاسبه شد. برای ارزیابی دقت برآورد بارش در محل هر یک از ایستگاه‌های مورد بررسی از آماره‌های ضریب تبیین (R^2)، مجذور میانگین مربع خطا (RMSE)، میانگین قدر مطلق خطا (MAE)، میانگین خطا یا اریبی (MBE) و ضریب کارایی مدل (EF) استفاده شده است. ارزیابی آماری در نرم‌افزار اکسل انجام شد.

نتایج و بحث

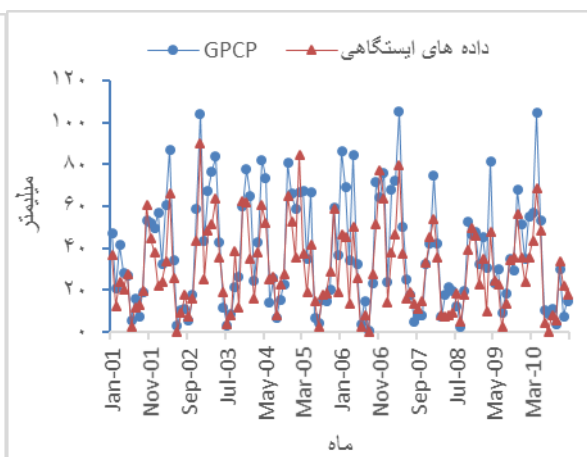
در این بخش به ارزیابی نتایج بارش مدل GPCC، GPCP، CMAP و NCEP-NCAR با داده‌های ایستگاهی پرداخته می‌شود. به دلیل متفاوت بودن بازه زمانی ایستگاه‌ها در هر استان و کوتاه بودن بازه زمانی مشترک بین آنها، بازه زمانی متفاوت برای استان‌ها در نظر گرفته شد و محاسبات برای هر پیکسل صورت گرفت.



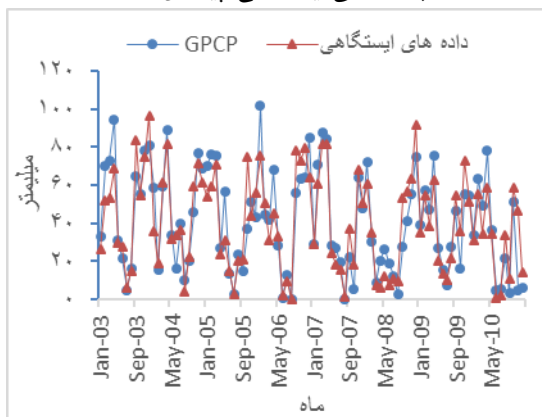
شکل ۲- موقعیت جغرافیایی بیکسل‌های بارش GPCP، GPC و CMAP



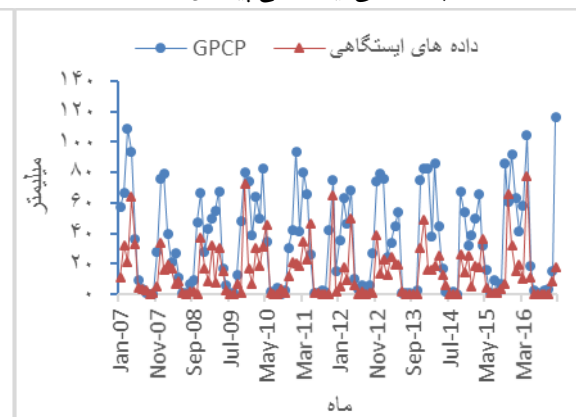
شکل ۴- سری زمانی بارش پایگاه GPCP با داده‌های ایستگاهی بیکسل ۲



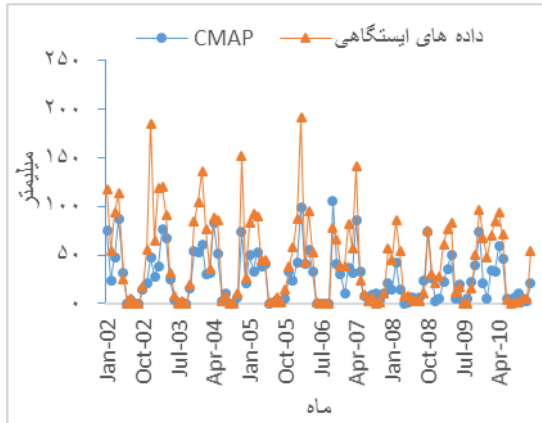
شکل ۳- سری زمانی بارش پایگاه GPCP با داده‌های ایستگاهی بیکسل ۱



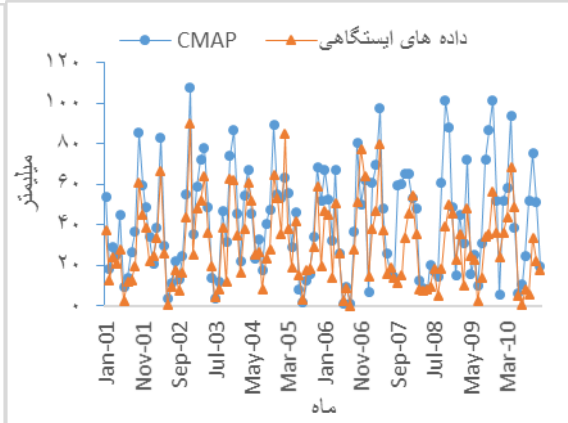
شکل ۶- سری زمانی بارش پایگاه GPCP با داده‌های ایستگاهی بیکسل ۴



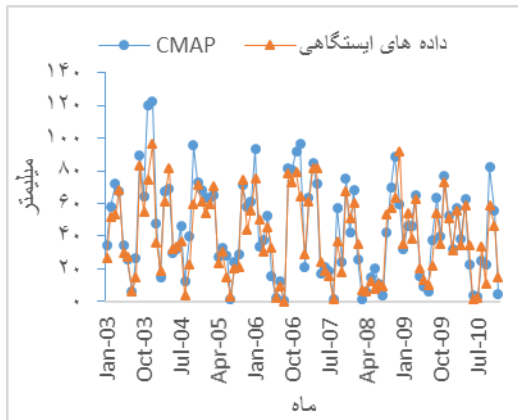
شکل ۵- سری زمانی بارش پایگاه GPCP با داده‌های ایستگاهی بیکسل ۳



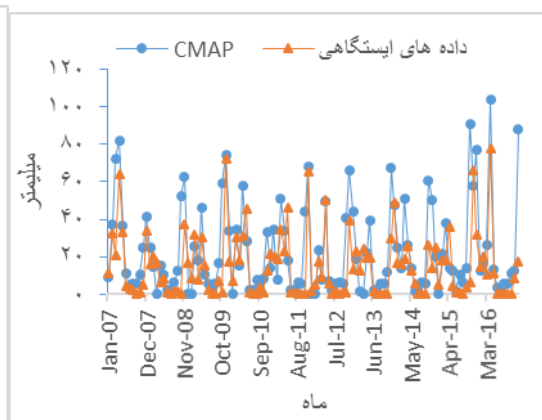
شکل ۸- سری زمانی بارش پایگاه CMAP با داده‌های ایستگاهی پیکسل ۲



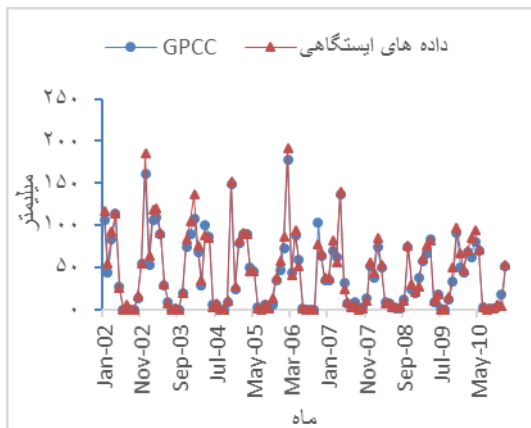
شکل ۷- سری زمانی بارش پایگاه CMAP با داده‌های ایستگاهی پیکسل ۱



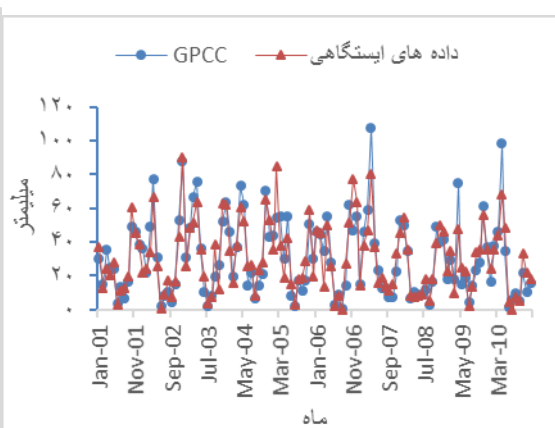
شکل ۱۰- سری زمانی بارش پایگاه CMAP با داده‌های ایستگاهی پیکسل ۴



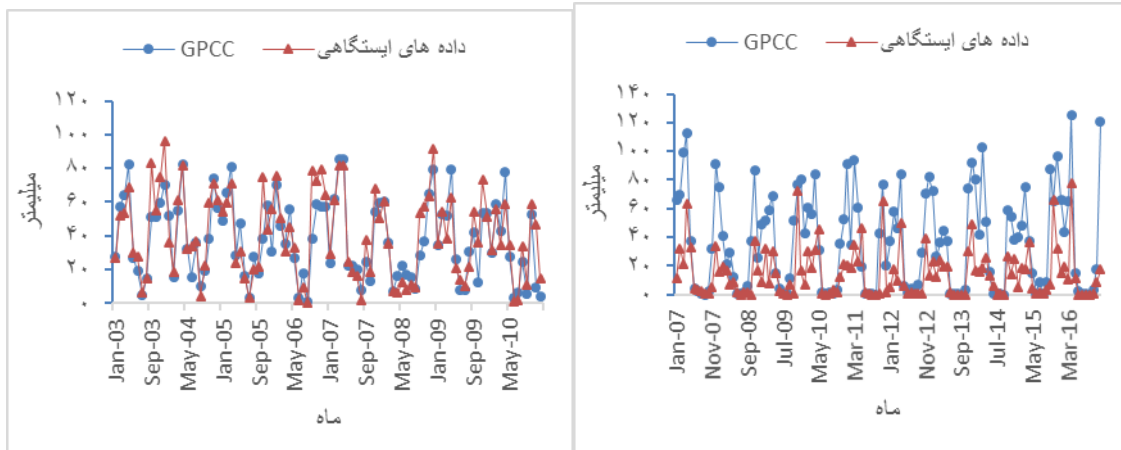
شکل ۹- سری زمانی بارش پایگاه CMAP با داده‌های ایستگاهی پیکسل ۳



شکل ۱۲- سری زمانی بارش پایگاه GPCP با داده‌های ایستگاهی پیکسل ۲

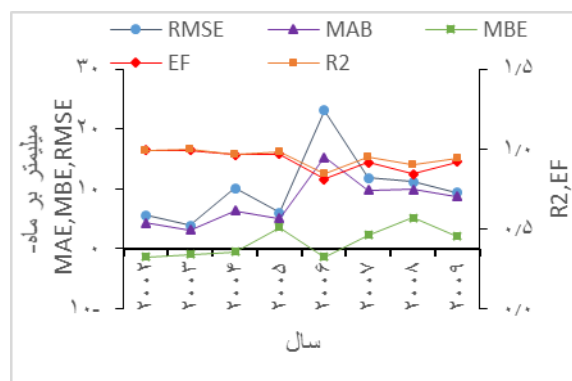


شکل ۱۱- سری زمانی بارش پایگاه GPCP با داده‌های ایستگاهی پیکسل ۱

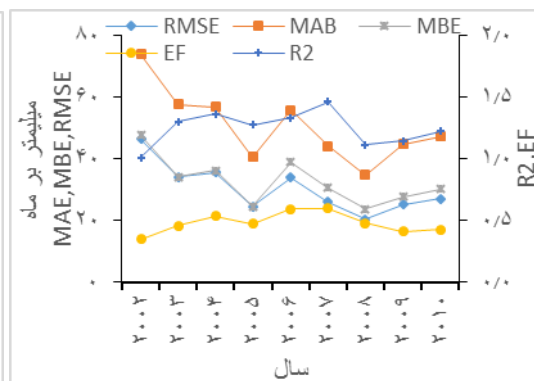


شکل ۱۴- سری زمانی بارش پایگاه GPCCC با داده‌های ایستگاهی پیکسل ۴

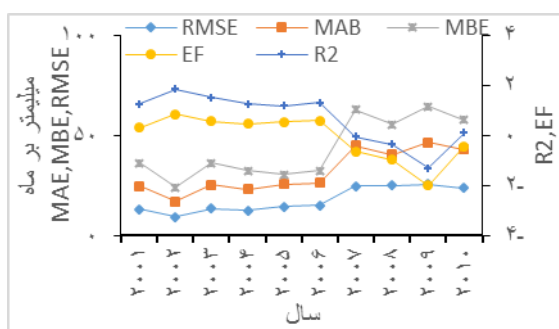
شکل ۱۳- سری زمانی بارش پایگاه GPCCC با داده‌های ایستگاهی پیکسل ۳



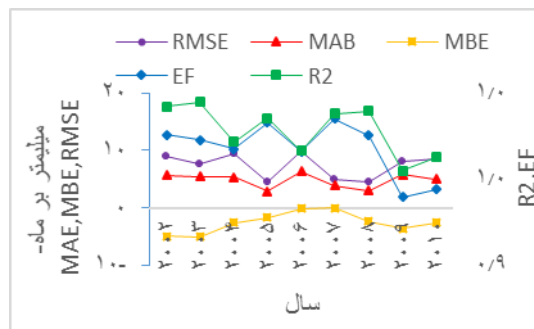
شکل ۱۶- ارزیابی آماری بارش پایگاه GPCP با داده‌های ایستگاهی پیکسل ۱



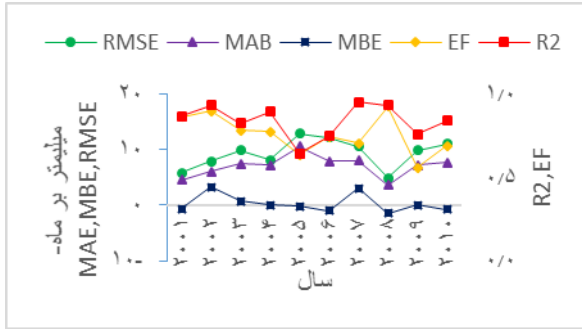
شکل ۱۵- ارزیابی آماری بارش پایگاه CMAP با داده‌های ایستگاهی پیکسل ۱



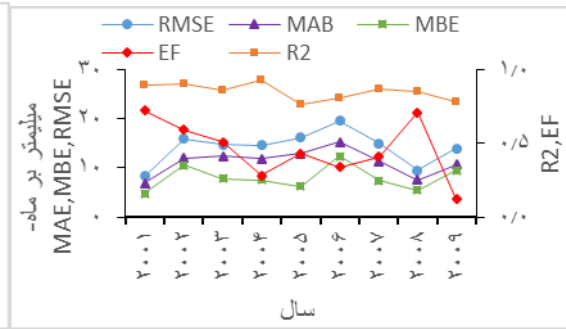
شکل ۱۸- ارزیابی آماری بارش پایگاه CMAP با داده‌های ایستگاهی پیکسل ۲



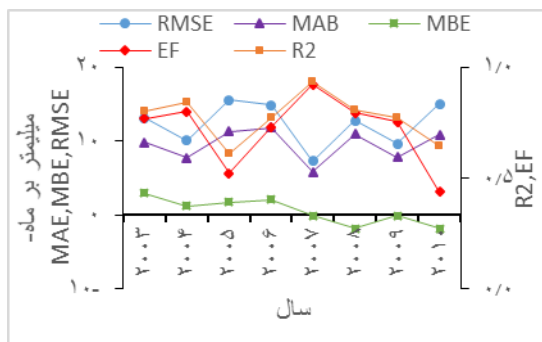
شکل ۱۷- ارزیابی آماری بارش پایگاه GPCCC با داده‌های ایستگاهی پیکسل ۱



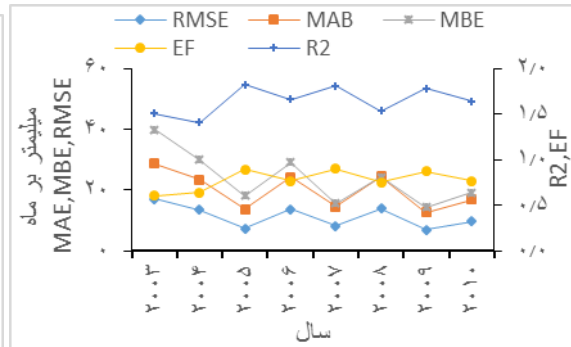
شکل ۲۰-ارزیابی آماری بارش پایگاه GPCP با داده‌های ایستگاهی پیکسل ۲



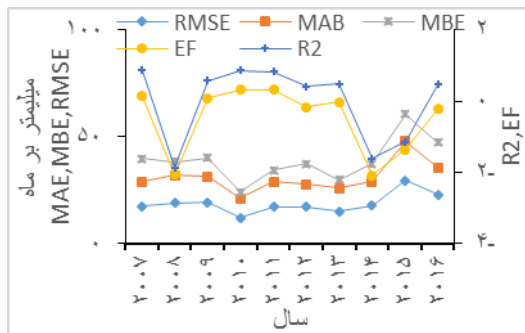
شکل ۱۹-ارزیابی آماری بارش پایگاه GPCP با داده‌های ایستگاهی پیکسل ۲



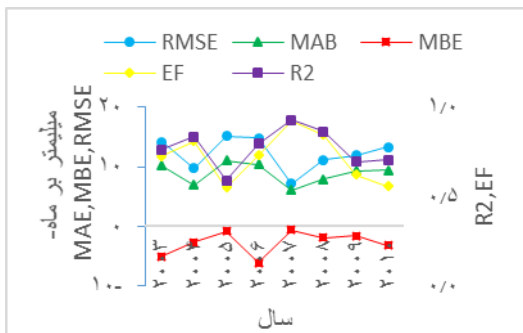
شکل ۲۲-ارزیابی آماری بارش پایگاه GPCP با داده‌های ایستگاهی پیکسل ۳



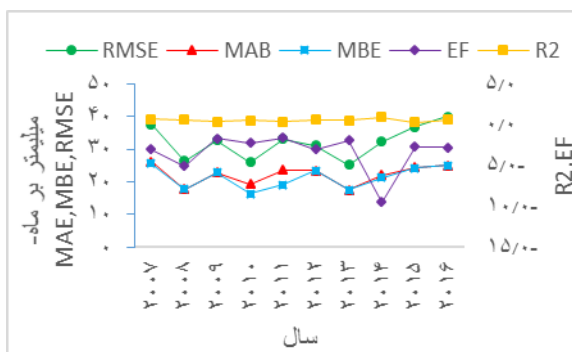
شکل ۲۱-ارزیابی آماری بارش پایگاه CMAP با داده‌های ایستگاهی پیکسل ۳



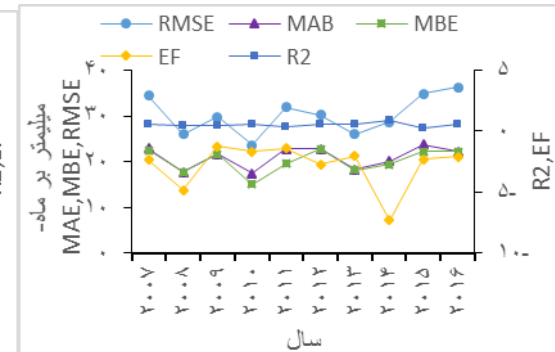
شکل ۲۴-ارزیابی آماری بارش پایگاه CMAP با داده‌های ایستگاهی پیکسل ۴



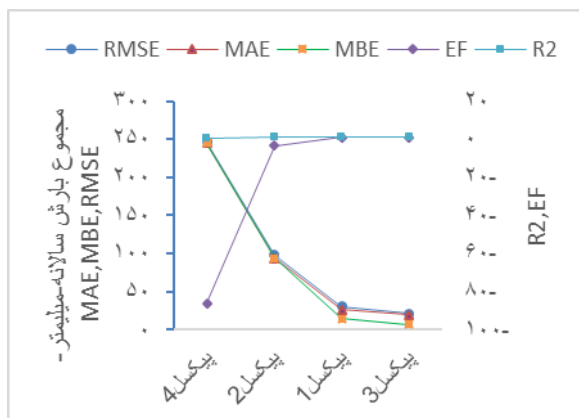
شکل ۲۳-ارزیابی آماری بارش پایگاه GPCP با داده‌های ایستگاهی پیکسل ۳



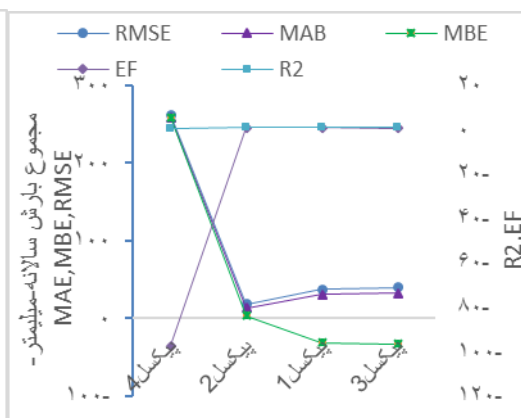
شکل ۲۶-ارزیابی آماری بارش پایگاه GPCP با داده‌های ایستگاهی پیکسل ۴



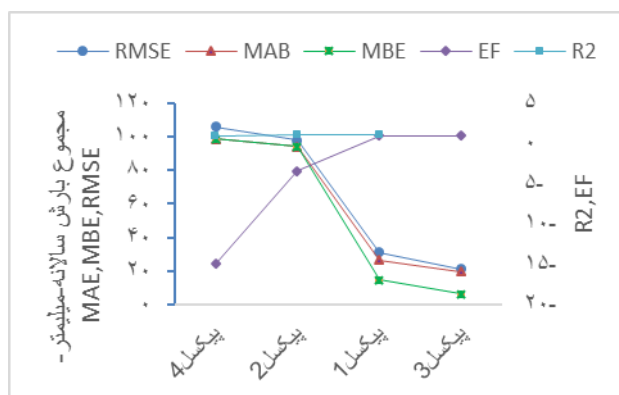
شکل ۲۵-ارزیابی آماری بارش پایگاه GPCP با داده‌های ایستگاهی پیکسل ۴



شکل ۲۸- ارزیابی آماری مجموع بارش سالانه پایگاه GPCP با داده‌های ایستگاهی



شکل ۲۷- ارزیابی آماری مجموع بارش سالانه پایگاه GPCP با داده‌های ایستگاهی

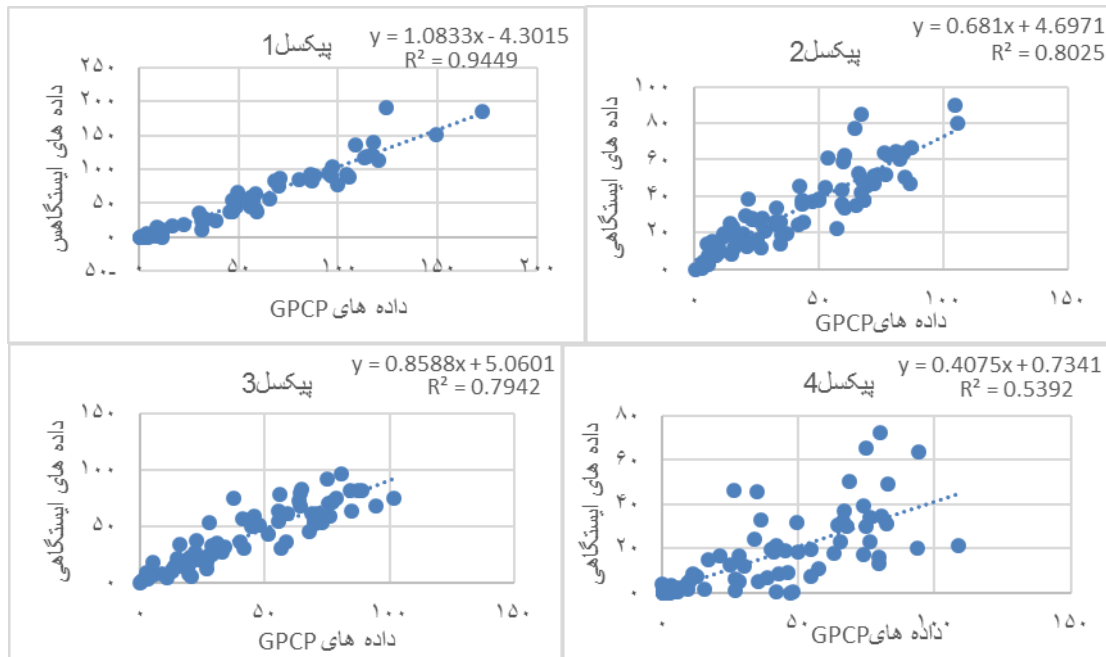


شکل ۲۹- ارزیابی آماری مجموع بارش سالانه پایگاه CMAP با داده‌های ایستگاهی

دلیل توپوگرافی پیچیده در برخی مناطق، پراکندگی نامناسب ایستگاه‌ها در پیکسل و تراکم کم شبکه ایستگاهی در ارزیابی برخی پیکسل‌ها باشد، به طور کلی این‌گونه نتیجه گرفته شد که برآورد خوبی از بارش در منطقه مورد مطالعه می‌کنند. به مقایسه داده‌های بارش ماهواره‌ای و ایستگاه‌های زمینی در تایلند برای دوره آماری ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۷ پرداختند. آنها با مقایسه داده‌های بارش روزانه حاصل از ۱۰۰ باران سنج با داده‌های GPCP نشان دادند که مقدار آریبی GPCP در مقایسه با داده‌های زمینی بسیار اندک است (Chokngamwong and Chiu, 2008). بنابراین نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج حاصل از پژوهش‌های سایر پژوهشگران همخوانی دارد.

به منظور کالیبراسیون داده‌ها رابطه خطی همستگی بین داده‌های بارش ایستگاهی و داده‌های بارش GPCP و GPCP، میانگین بارش ماهانه طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۷ برای پیکسل ۱، ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷ برای پیکسل ۲، ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۸ برای پیکسل ۳ و ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۳ برای پیکسل ۴ استخراج گردید (شکل‌های ۳۰ و ۳۱) سپس صحت‌سنجی رابطه مذکور، برای سال‌های باقی‌مانده برای هر پیکسل انجام شد.

به رغم توان زیاد GPCP و CMAP، در پیش‌بینی قابل قبول بارش در برخی از پیکسل‌ها، مقدار بسیار کم EF در برخی از سال‌ها در برخی پیکسل‌ها (مانند پیکسل ۴) نشان از ناتوانی مدل در پیش‌بینی بارش در این پیکسل‌ها دارد. در پیکسل ۳ پایگاه GPCP مقدار RMSE در برخی از سال‌ها کمتر از ۸ میلی‌متر است که بیانگر انحراف کم بارش پیش‌بینی شده با GPCP در مقایسه با بارش واقعی است. آماره MBE نشان می‌دهد که CMAP در پیکسل‌های ۲ و ۴ در تمام سال‌های مورد ارزیابی بیش برآورد داشته است. در مقابل در پیکسل ۱ در سال خشکسالی (۲۰۰۸) و پیکسل ۳ در تمام سال‌های مورد ارزیابی مقدار بارش کمتر از مقدار واقعی برآورد شده است. در مقابل GPCP در پیکسل‌های ۱ و ۳ در تمام سال‌های مورد ارزیابی کم برآورد داشته است. آماره MBE نشان می‌دهد که GPCP در پیکسل‌های ۲ و ۴ در تمام سال‌های مورد ارزیابی بیش برآورد داشته است. در مقابل در پیکسل ۱ در سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۰ و پیکسل ۳ در سال‌های ترسالی و نرمال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴ و ترسالی (۲۰۰۶) مقدار بارش کمتر از مقدار واقعی برآورد شده است. در خصوص GPCP، CMAP و GPCP، در صورت چشم‌پوشی از مواردی که در آن پیش‌بینی درستی از بارش برخی ایستگاه‌ها به دست نیامد که آن هم به



شکل ۳- نمودار همبستگی بین داده‌های بارش ایستگاهی و داده‌های بارش GPCP برای مناطق مورد مطالعه

جدول ۲- ارزیابی آماری بارش پیکسل ۱

RMSE		MAE		MBE		EF		سال
GPCP	C-GPCP	GPCP	C-GPCP	GPCP	C-GPCP	GPCP	C-GPCP*	
۱۱/۲۰	۹/۹۶	۹/۹۲	۸/۵۰	۵/۱۸	۳/۷۲	-۰/۸۴	۰/۸۸	۲۰۰۸
۹/۳۴	۸/۲۷	۸/۷۱	۷/۳۷	۲/۰۵	۱/۴۴	-۰/۹۲	۰/۹۴	۲۰۰۹
۸/۶۵	۷/۳۱	۷/۱۰	۵/۹۹	۲/۴۲	۱/۳۵	-۰/۹۴	۰/۹۶	۲۰۱۰

* (GPCP) کالیبره شده

جدول ۳- ارزیابی آماری بارش پیکسل ۲

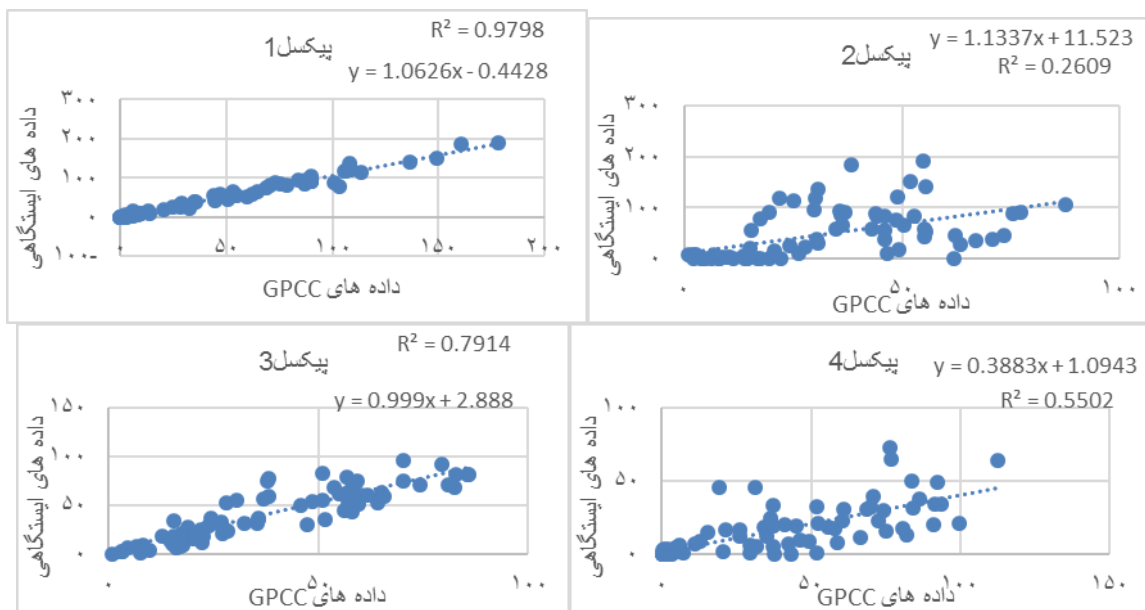
RMSE		MAE		MBE		EF		سال
GPCP	C-GPCP	GPCP	C-GPCP	GPCP	C-GPCP	GPCP	C-GPCP*	
۹/۵۷	۶/۹۴	۷/۶۴	۵/۳۳	۵/۲۳	۰/۵۲	-۰/۷۱	۰/۸۵	۲۰۰۸
۱۳/۹۴	۷/۷۳	۱۰/۷۵	۲/۱۸	۹/۵۹	۲/۱۸	-۰/۱۲	۰/۷۳	۲۰۰۹
۱۳/۹۹	۶/۹۹	۱۰/۳۹	۶/۱	۶/۵۸	۰/۸۸	-۰/۵۰	۰/۸۸	۲۰۱۰

جدول ۴- ارزیابی آماری بارش پیکسل ۳

RMSE		MAE		MBE		EF		سال
GPCP	C-GPCP	GPCP	C-GPCP	GPCP	C-GPCP	GPCP	C-GPCP*	
۹/۶۲	۹/۲۸	۷/۸۵	۷/۱۶	-۰/۱۲	-۰/۵۹	-۰/۷۵	۰/۷۷	۲۰۰۹
۱۵/۰۴	۱۳/۱۷	۱۰/۸۷	۹/۵۶	-۱/۸۵	-۱/۰۳	-۰/۴۴	۰/۵۷	۲۰۱۰

جدول ۵- ارزیابی آماری بارش پیکسل ۴

RMSE		MAE		MBE		EF		سال
GPCP	C-GPCP	GPCP	C-GPCP	GPCP	C-GPCP	GPCP	C-GPCP*	
۲۸/۷۳	۷/۸۳	۲۰/۱۱	۵/۸۵	۱۹/۳۷	۱/۲۴	-۷/۲۸	۰/۳۹	۲۰۱۴
۳۴/۸۳	۱۶/۵۵	۲۳/۷۵	۱۰/۷۹	۲۲/۲۵	۰/۳۱	-۲/۳۲	۰/۲۵	۲۰۱۵
۳۶/۲۸	۱۴/۳۸	۲۲/۲۷	۸/۷۱	۲۲/۲۷	۱/۹۱	-۲/۱۰	۰/۵۱	۲۰۱۶



شکل ۳۱- نمودار همبستگی بین داده‌های بارش ایستگاهی و داده‌های بارش GPCC برای مناطق مورد مطالعه

جدول ۶- ارزیابی آماری بارش پیکسل ۱

RMSE		MAE		MBE		EF		سال
GPCC	C-GPCC	GPCC	C-GPCC	GPCC	C-GPCC	GPCC	C-GPCC*	
۴/۴۳	۳/۲۰	۲/۹۶	۲/۳۸	-۲/۳۵	-۱/۱۳	۰/۹۸	۰/۹۹	۲۰۰۸
۸/۰۴	۷/۱۵	۵/۷۵	۴/۹۵	-۳/۵۹	-۱/۶۲	۰/۹۴	۰/۹۵	۲۰۰۹
۸/۴۲	۷/۲۷	۲/۹۴	۴/۴۵	-۲/۵۸	-۰/۹۰	۰/۹۴	۰/۹۶	۲۰۱۰

* (GPCC) کالیبره شده

جدول ۷- ارزیابی آماری بارش پیکسل ۲

RMSE		MAE		MBE		EF		سال
GPCC	C-GPCC	GPCC	C-GPCC	GPCC	C-GPCC	GPCC	C-GPCC*	
۴/۸۶	۱۴/۱۷	۳/۶۸	۱۳/۱۸	۱۳/۱۸	۰/۵۲	۰/۹۳	۰/۳۷	۲۰۰۸
۹/۸۷	۱۹/۴۰	۷/۲۰	۱۵/۴۰	۱۵/۴۰	۲/۱۸	۰/۵۶	-۰/۷۰	۲۰۰۹
۱۱/۰۹	۱۹/۶۶	۷/۶۵	۱۴/۱۲	۱۴/۱۲	۰/۸۸	۰/۶۹	۰/۲۰	۲۰۱۰

جدول ۸- ارزیابی آماری بارش پیکسل ۳

RMSE		MAE		MBE		EF		سال
GPCC	C-GPCC	GPCC	C-GPCC	GPCC	C-GPCC	GPCC	C-GPCC*	
۱۱/۸۸	۱۱/۸۳	۹/۳۲	۹/۵۲	-۱/۶۱	۱/۲۴	۰/۶۲	۰/۶۳	۲۰۰۹
۱۳/۳۱	۱۲/۹۱	۹/۳۸	۹/۱۶	-۳/۲۱	-۰/۳۶	۰/۵۶	۰/۵۸	۲۰۱۰

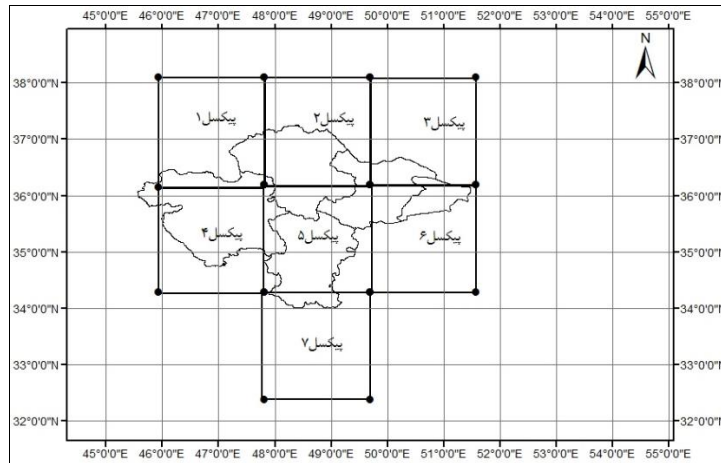
جدول ۹- ارزیابی آماری بارش پیکسل ۴

RMSE		MAE		MBE		EF		سال
GPCC	C-GPCC	GPCC	C-GPCC	GPCC	C-GPCC	GPCC	C-GPCC*	
۳۲/۳۵	۸/۶۳	۲۲/۱۵	۶/۱۸	۲۱/۲۶	۱/۷۲	-۹/۵۰	۰/۲۵	۲۰۱۴
۳۶/۹۰	۱۶/۳۱	۲۴/۵۳	۱۰/۸۲	۲۴/۳۰	۰/۷۳	-۲/۷۲	۰/۳۷	۲۰۱۵
۴۰/۰۷	۱۳/۳۴	۲۵/۱۱	۸/۳۴	۲۵/۱۱	۲/۶۹	-۲/۷۸	۰/۵۸	۲۰۱۶

ارزیابی بارش NCEP-NCAR با داده‌های ایستگاهی

داده بارش مرکز NCEP-NCAR با قدرت تفکیک مکانی حدود $1/9 \times 1/9$ درجه به صورت ماهانه دریافت شد. محدوده مطالعاتی در

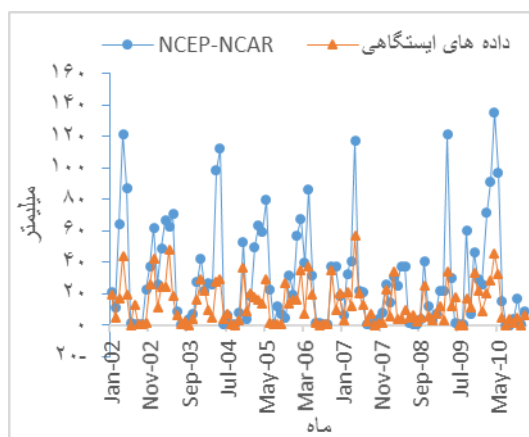
NCEP-NCAR شامل ۷ پیکسل شد. در شکل زیر موقعیت جغرافیایی پیکسل‌های بارش NCEP-NCAR آورده شده است.



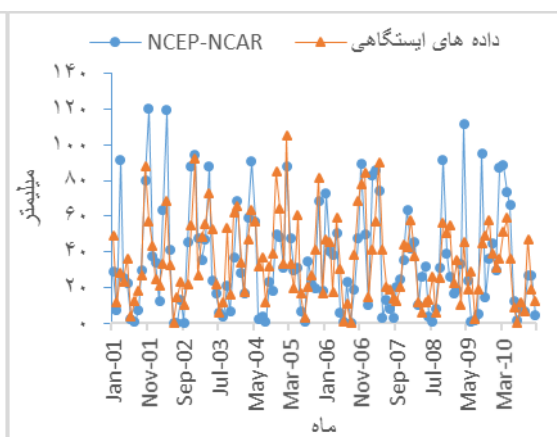
شکل ۳۲- موقعیت جغرافیایی پیکسل‌های بارش NCEP-NCAR

تویسرکان قرار گرفتند. در NCEP-NCAR پیکسل ۶ با مرکز مختصات $35/23^{\circ}N - 48/62^{\circ}E$ درجه ایستگاه‌های کرج، سیاه‌بیشه، شمال‌تهران و قزوین قرار گرفتند. در NCEP-NCAR پیکسل ۷ با مرکز مختصات $33/33^{\circ}N - 48/75^{\circ}E$ درجه ایستگاه‌های ورآینه، ملایر قرار گرفتند. میانگین بارش (میلیمتر بر ماه) این ایستگاه‌ها محاسبه شد و ارزیابی آماری برای دوره ۲۰۰۲-۲۰۱۰ انجام شد. سری زمانی داده‌های NCEP-NCAR و داده‌های ایستگاهی به صورت ماهانه در شکل‌های ۳۳-۳۷ آورده شده است. در شکل‌های ۳۸-۴۴ ارزیابی آماری بارش NCEP-NCAR با داده‌های ایستگاهی آورده شده است. همچنین ارزیابی بارش به صورت سالانه نیز در شکل ۴۵ آورده شده است.

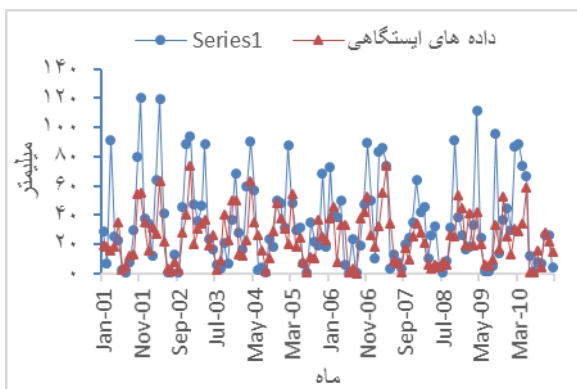
در NCEP-NCAR پیکسل ۱ با مرکز مختصات $37/14^{\circ}N - 46/87^{\circ}E$ درجه ایستگاه‌های ماه‌نشان و میانه قرار گرفتند. در NCEP-NCAR پیکسل ۲ با مرکز مختصات $37/14^{\circ}N - 48/75^{\circ}E$ درجه ایستگاه‌های کوهین، خلخال، رشت و زنجان قرار گرفتند. در NCEP-NCAR پیکسل ۳ با مرکز مختصات $37/14^{\circ}N - 50/62^{\circ}E$ درجه ایستگاه‌های باغ‌کلاویه، نوشهر و رجایی‌دشت قرار گرفتند. در NCEP-NCAR پیکسل ۴ با مرکز مختصات $35/23^{\circ}N - 46/87^{\circ}E$ درجه ایستگاه‌های استان کردستان شامل سنندج، مریوان، بیجار، قروه و سقز قرار گرفتند. در NCEP-NCAR پیکسل ۵ با مرکز مختصات $35/23^{\circ}N - 48/75^{\circ}E$ درجه ایستگاه‌های خمیگان، ارتش‌آباد، پل‌اروان، خدابنده، آق‌کهریز، قهاوند، همدان (فرودگاه)، وسج، سد اکباتان و



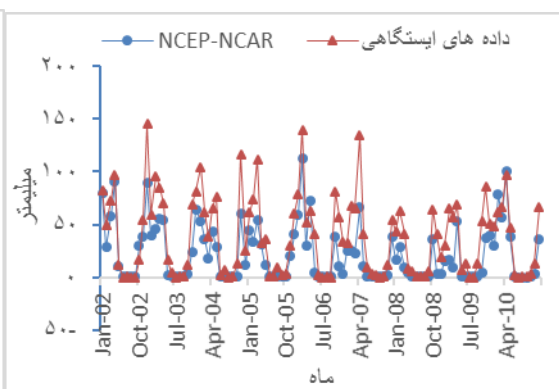
شکل ۳۴- سری زمانی بارش NCEP-NCAR و داده‌های ایستگاهی (پیکسل ۲)



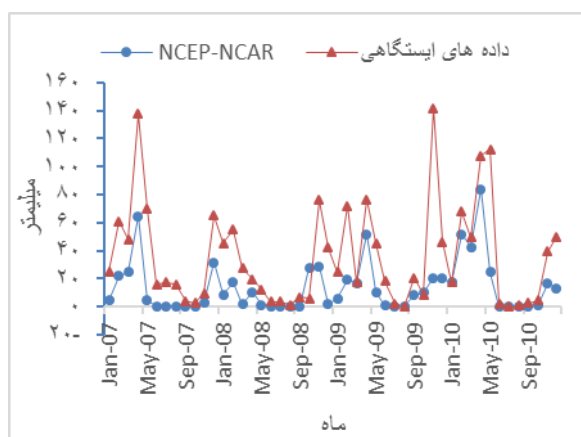
شکل ۳۳- سری زمانی بارش NCEP-NCAR و داده‌های ایستگاهی (پیکسل ۱)



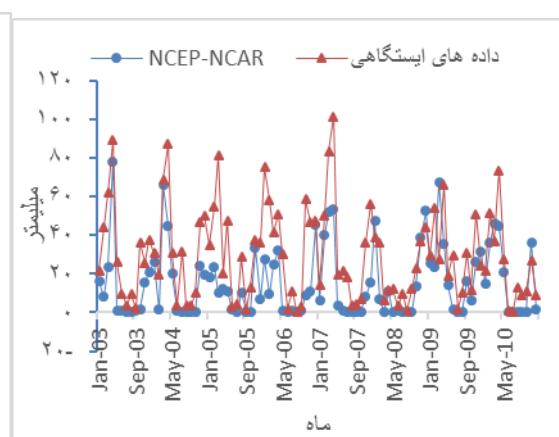
شکل ۳۶- سری زمانی بارش NCEP-NCAR و داده‌های ایستگاهی (۴ پیکسل)



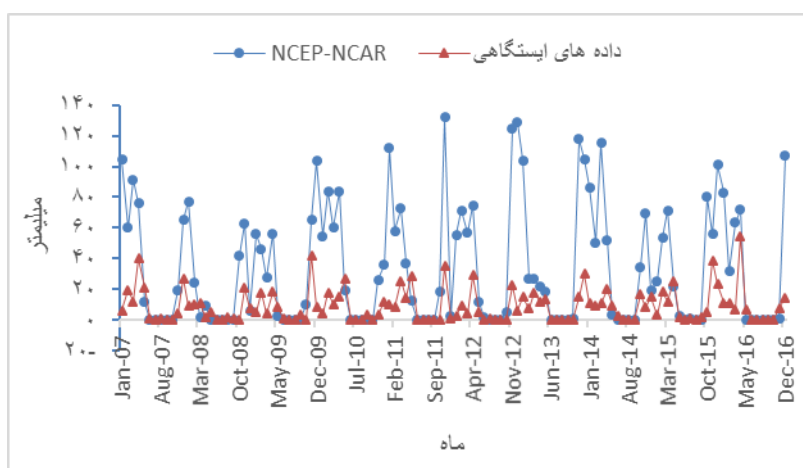
شکل ۳۵- سری زمانی بارش NCEP-NCAR و داده‌های ایستگاهی (۳ پیکسل)



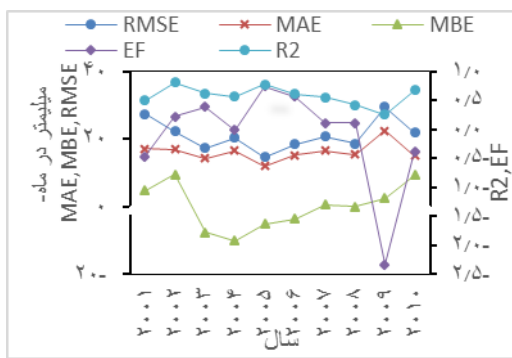
شکل ۳۶- سری زمانی بارش NCEP-NCAR و داده‌های ایستگاهی (۶ پیکسل)



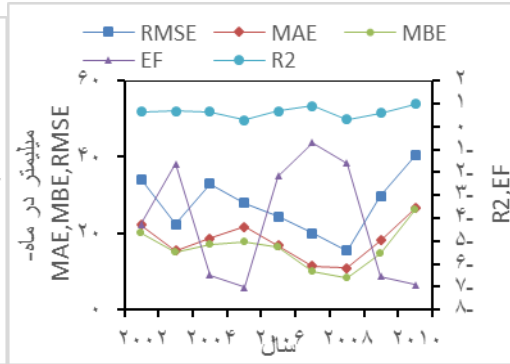
شکل ۳۵- سری زمانی بارش NCEP-NCAR و داده‌های ایستگاهی (۵ پیکسل)



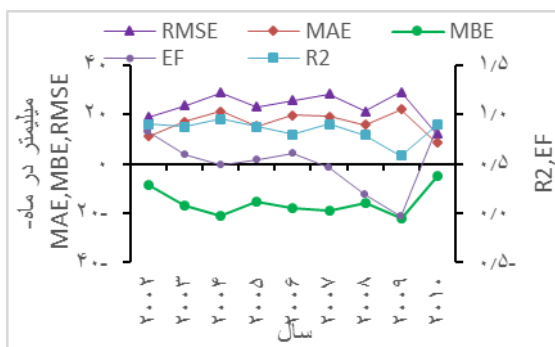
شکل ۳۷- سری زمانی بارش NCEP-NCAR و داده‌های ایستگاهی (۷ پیکسل)



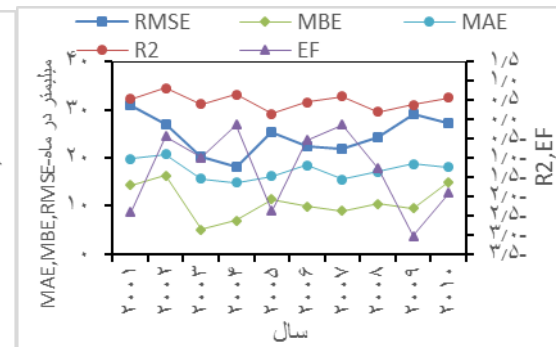
شکل ۳۹- نمودار ارزیابی آماری بارش NCEP-NCAR با داده‌های ایستگاهی (پیکسل ۲)



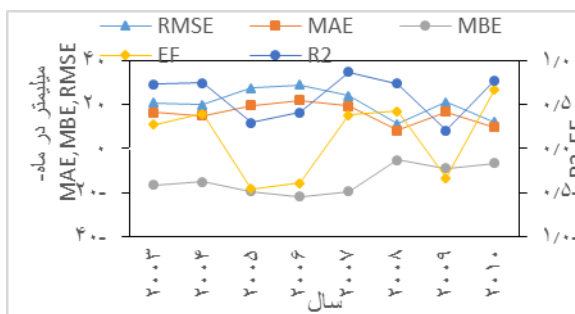
شکل ۳۸- نمودار ارزیابی آماری بارش NCEP-NCAR با داده‌های ایستگاهی (پیکسل ۱)



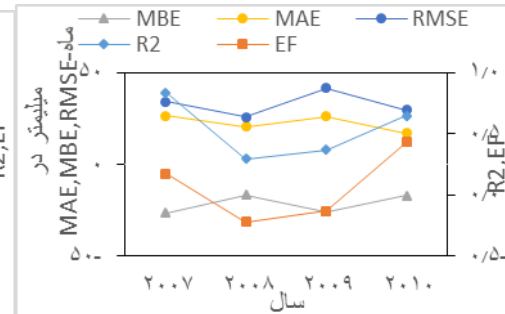
شکل ۴۱- نمودار ارزیابی آماری بارش NCEP-NCAR با داده‌های ایستگاهی (پیکسل ۴)



شکل ۴۰- نمودار ارزیابی آماری بارش NCEP-NCAR با داده‌های ایستگاهی (پیکسل ۳)



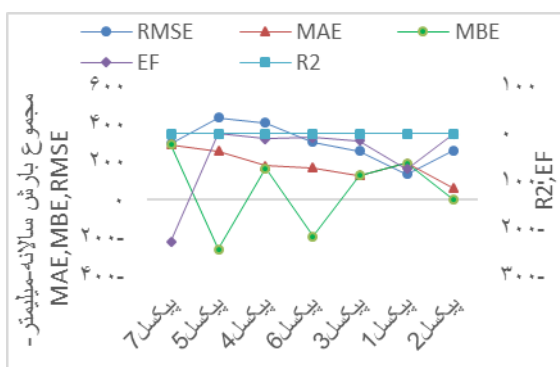
شکل ۴۳- نمودار ارزیابی آماری بارش NCEP-NCAR با داده‌های ایستگاهی (پیکسل ۶)



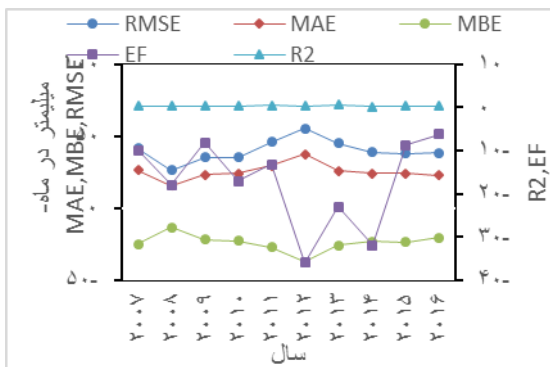
شکل ۴۲- نمودار ارزیابی آماری بارش NCEP-NCAR با داده‌های ایستگاهی (پیکسل ۵)

برابر ۰/۹۸ مشاهده شد. بر خلاف دقت خوب NCEP-NCAR در برآورد بارش در بسیاری از پیکسل‌های منطقه مورد مطالعه، دقت این پایگاه در برآورد بارش در برخی از پیکسل‌ها در برخی از سال‌ها مانند پیکسل‌های ۳ و ۷ ضعیف‌تر است و مقدار ضریب تبیین در این پیکسل‌ها به کمتر از ۰/۶ کاهش می‌یابد. مقدار ضریب کارایی مدل (EF) در پیکسل ۴ نتایج بهتری نسبت به سایر پیکسل‌ها داشت که بیانگر هماهنگی خوب داده‌های NCEP-NCAR با داده‌های زمینی در این ایستگاه‌ها است. نتایج آن در شکل‌های فوق آورده شده است.

بررسی مقادیر ضریب تبیین بین بارش NCEP-NCAR با داده‌های ایستگاهی، بیانگر دقت مناسب بارش این پایگاه در منطقه مورد مطالعه است. زیرا مقدار ضریب در بیشتر سال‌های مورد بررسی بیش از ۰/۶ به دست آمد که این نشان دهنده دقت قابل قبول داده‌های NCEP-NCAR در برآورد بارش در منطقه مورد مطالعه است. مقدار ضریب تبیین بیش از ۰/۹۰ در برخی از سال‌ها نشان می‌دهد که بیش از ۹۰ درصد واریانس موجود در داده‌های بارش این ایستگاه‌ها با داده‌های NCEP-NCAR توصیف می‌شود. بیشترین ضریب تبیین



شکل ۴۵- نمودار ارزیابی آماری مجموع بارش سالانه - NCEP-NCAR با داده‌های ایستگاهی



شکل ۴۴- نمودار ارزیابی آماری بارش NCEP-NCAR با داده‌های ایستگاهی (پیکسل ۷)

نتیجه‌گیری

دستیابی به داده‌های بارش با توان تفکیک زمینی مناسب و قابل اعتماد بویژه در مناطق صعب العبور یکی از دغدغه‌های اصلی محققان و متخصصان حوزه مدیریت منابع آب کشور بوده و هست. در این پژوهش داده‌های بارش مدل GPCP، GPCC، GPCP و NCEP-NCAR با داده‌های ایستگاهی در استان‌های البرز، قزوین، زنجان، کردستان و همدان مقایسه و ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که در این مناطق بارش GPCP، GPCC، GPCP و NCEP-NCAR نتایج خوبی را داشتند و از میان آنها GPCP و GPCC نتیجه بهتری را ارائه کرده‌اند. علاوه بر این نتایج نشان داد که این پایگاه‌ها در مقیاس سالانه و ماهانه برای مناطقی که تراکم ایستگاهی کم و پراکندگی ایستگاه‌ها نامناسب است (مانند پیکسل ۴ در GPCC، GPCP و NCEP-NCAR) نتایج خوبی را ارائه نمی‌دهند. با توجه به پیش‌بینی تقریباً خوب بارش GPCP، GPCC، GPCP و NCEP-NCAR در بیشتر ایستگاه‌ها و نیز با توجه به روزآمد بودن این داده‌ها و پوشش مکانی و زمانی بسیار خوب آنها می‌توان از آنها به عنوان یک منبع اطلاعاتی قابل اعتماد برای تحقیقات گوناگون اقلیمی در پنج استان در مناطق مرکزی و غربی کشور استفاده کرد.

منابع

- رضیئی، ط.، ا.، فتاحی. ۱۳۹۰. ارزیابی کاربرد داده‌های NCEP/NCAR در پایش خشکسالی ایران، مجله فیزیک زمین و فضا. ۳۷: ۲۲۵-۲۴۷.
- مسعودیان، ا.، م.، کیخسروی کیانی، ف.، رعیت‌پیشه. ۱۳۹۳. معرفی و مقایسه پایگاه داده اسفزاری با پایگاه‌های داده GPCP، GPCC و CMAP، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. ۲۹: ۷۳-۸۷.

به رغم توان زیاد NCEP-NCAR در پیش‌بینی قابل قبول بارش در برخی از پیکسل‌ها، مقدار بسیار کم EF در برخی از پیکسل‌ها (مانند پیکسل‌های ۷ و ۱) نشان از ناتوانی مدل در پیش‌بینی بارش در این پیکسل‌ها دارد. در پیکسل ۴ مقدار RMSE در برخی از سال‌ها کمتر از ۱۳ میلی‌متر است که بیانگر انحراف کم بارش پیش‌بینی شده با NCEP-NCAR در مقایسه با بارش واقعی است. در برخی از پیکسل‌ها مانند پیکسل ۲ مقدار RMSE رقم‌های بزرگتری را نشان می‌دهد که با توجه به رقم بزرگ ضریب تبیین و EF در این پیکسل‌ها می‌توان گفت که بزرگ بودن مقدار RMSE در این پیکسل‌ها دلیلی بر کم بودن دقت مدل در پیش‌بینی بارش نیست. آماره MBE نشان می‌دهد که NCEP-NCAR در پیکسل‌های ۴، ۵، ۶، ۷ در تمام سال‌های مورد ارزیابی و پیکسل ۲ در سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۶ و سال خشکسالی ۲۰۰۸ کم برآورد داشته است. در مقابل در برخی پیکسل‌ها مانند پیکسل‌های ۱ و ۳ مقدار بارش بیشتر از مقدار واقعی برآورد شده است. در خصوص NCEP-NCAR، در صورت چشم‌پوشی از مواردی که در آن پیش‌بینی درستی از بارش برخی ایستگاه‌ها به دست نیامد که آن هم به دلیل توپوگرافی پیچیده در برخی مناطق، پراکندگی نامناسب ایستگاه‌ها در پیکسل و تراکم کم شبکه ایستگاهی در ارزیابی برخی پیکسل‌ها باشد، به طور کلی این‌گونه نتیجه گرفته شد که برآورد خوبی از بارش در منطقه مورد مطالعه می‌کند. دقت داده‌های NCEP-NCAR و ECMWF را در تحلیل مکانی و تغییرپذیری بارش فصلی و سالانه اتیوپی در مقایسه با داده‌های زمینی مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که هر دو مدل در مقایسه با داده‌های زمینی به خوبی الگوی مکانی بارش را به دست می‌دهند اما مقدار بارش را در برخی مناطق بیشتر و در برخی مناطق کمتر از مقدار مشاهده‌ای برآورد می‌کنند (Diro et al, 2009). بنابراین نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج حاصل از پژوهش‌های سایر پژوهشگران همخوانی دارد.

- Atmós. 28, 51-61.
- Janowiak, J., Gruber, A., Kondragunta, C., Livezey, R. and Huffman, G. 1998. A comparison of the NCEP-NCAR reanalysis precipitation and the GPCP rain gauge- satellite combined dataset with observational error consideration, *Journal of Climate*, 11, 2960-2979.
- Katiraie-Boroujerdy, S.P.S., Nasrollahi, N., Hsu, K.L., Sorooshian, S. 2016. Quantifying the reliability of four global datasets for drought monitoring over a semiarid region. *Theor. Appl. Climatol.* 123, 387-398.
- Keyantash, J. and Darcup, J. A., 2002. The quantification of drought indices, *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 83, 1167- 1180.
- Mishra, A. K., Gairola, R. M., Varma, A. K., Agarwal, V. K. 2011. Improved rainfall estimation over the Indian region using satellite infrared technique. *Adv Space Res.* 48, 49-55.
- Sathiyamoorthy, V., Paul Shukla, B., Pal, P.K. 2010. Increase in the premonsoon rainfall over the Indian summer monsoon region, *Atmospheric science letters Atmos. 2010 .Sci. Let.* 11, 313-318.
- Wagner, P. D., Finer, P., Wilken, F., Kumar, SH., Schneider, K. 2012. Comparison and evaluation of spatial interpolation schemes for daily rainfall in data scarce regions. *J Hydrol.* 464, 388-400.
- Yin, X., Gruber, A. 2004. Comparison of the GPCP and CMAP Merged Gauge-Satellite Monthly Precipitation Products for the Period 1979-2001. *Journal of hydrometeorology.* 1207-1222.
- Zhao, T., Fu, C. 2006. Comparison of products from ERA-40, NCEP-2 and CRU with station data for summer precipitation over China. *Advances in Atmospheric sciences.* 23, 593-604.
- موغاری، م، ش، عراقی‌نژاد، ک، ابراهیمی. ۱۳۹۶. بررسی دقت اطلاعات بارش شبکه‌بندی شده جهانی در حوضه دریاچه ارومیه، تحقیقات آب و خاک ایران. ۴۸ :۳ ۵۹۸-۵۸۷.
- Bordi, I., Fraedrich, K., Petitta, M. and Sutera, A. 2006. Large- scale assessment of drought variability based on NCEP/NCAR and ERA-40 Re- Analyses, *Water Resours Manage*, 20, 899- 915.
- Bosilovich, M. G., Chen, J., Robertson, F. R, Adler, R. F. 2008. Evaluation of global precipitation in reanalysis. *Journal of applied meteorology and climatology.* 47(9): 2279-2299.
- Chappell, A., Renzullo, L. J. L., Raupach, T. T. H.; Haylock, M. 2013. Evaluating geostatistical methods of blending satellite and gauge data to estimate near real-time daily rainfall for Australia. *J. Hydrol.*, 493, 105-114.
- Chokngamwong, R. and Chiu, L. 2008. Thailand daily rainfall and comparison with TRMM products, *J. H. Geomorphol*, 9(2), 256-266.
- Dinku, T., Connor, S.J., Ceccato, P., Ropelewski, C.F. 2008. Omparison of global gridded precipitation products over a mountainous region of Africa. *International Journal of Climatology.* 28-1627-1638.
- Diro, G. T., Grimes, D.I.F., Black, E., O'Neill, A. and Pardo- Iguezuiza, E. 2009 Evaluation of reanalysis rainfall estimates over Ethiopia, *Int, J. Climatol.*, 29: 67-78.
- Fu, Y. Xia, J. Yang, W. Xu, B. We, X. Chen, Y, and Zhang, H. 2016. Assessment of multiple precipitation products over major river basins of China, *Theoretical and Applied Climatology.* 123: 11-22.
- Gairola, R. M., Prakash, S., Pal, P. K. 2015. Improved rainfall estimation over the Indian monsoon region by synergistic use of Kalpana-1 and rain gauge data.

Statistical Evaluation of Precipitation Data from GPCC, GPCP, CMAP and NCEP-NCAR with Observational Data in Alborz, Qazvin, Zanzan, Kurdistan and Hamedan Provinces

M. Ahmadi¹, A. Kaviani^{2*}, P. Daneshkar Arasteh³, Z. Faraji⁴

Received: Oct.08, 2019

Accepted: Nov.13, 2019

Abstract

Precipitation is one of the most important factors used in estimating many hydrological parameters at the level of the catchment area. Due to the importance of precipitation data in various sciences and the absence of a large and adequate rainfall network, it is necessary to estimate precipitation data in some way. One way to estimate precipitation is to use satellite data. In this study, precipitation data of GPCC, GPCP, CMAP and NCEP-NCAR models with station data in Alborz, Qazvin, Zanzan, Kurdistan and Hamedan provinces were investigated. The results showed that GPCP, GPCC, CMAP and NCEP-NCAR had good results in these regions and among them GPCP and GPCC produced better results. In evaluating GPCP with the weighted average of stations in the study area in pixel 3 in 2003 Explanation Coefficient (R²), Model Efficiency Coefficient (EF), Averaged Error Error (MBE), Absolute Mean Error (MAE) and Root Mean Square Error (RAD) RMSE) were 0.96, 0.94, 3.13, 5.30 and 6.58 mm / month, respectively.

Keywords: Precipitation, Remote Sensing, Statistical Tests, Diagnosis.

1- Ph.D. Candidate Student in Irrigation and Drainage Engineering, From Water Science and Engineering Department, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

2- Assistant Professor of Water Engineering Department., Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

3- Associated Professor of Water Engineering Department., Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

4- Ph.D. Candidate Student in Irrigation and Drainage Engineering, From Water Science and Engineering Department, Imam Khomeini International University, qazvin, Iran

(* - Corresponding Author Email: kaviani@eng.ikiu.ac.ir)