

مقدار بارش برآوردی در مناطق مختلف ایران بسیار نزدیک به مقدار بارش ثبت شده در ایستگاه‌های همدیدی می‌باشد. ارزیابی مؤلفه‌های دمایی (متوسط، حداقل و حداکثر دما) نشان داد اگرچه مقادیر برآوردی CRU در نواحی خزری نسبت به سایر مناطق انحراف بیشتری از داده‌های ایستگاهی دارد، اما بیش از ۹۵ درصد واریانس داده‌های ایستگاهی منتخب در سطح کشور توسط آن تبیین می‌گردد و بیشتر مقادیر برآوردی حول خط رگرسیون پراکنش دارند. این شرایط نشان‌دهنده دقت و اعتبار بسیار بالای مؤلفه‌های دمایی CRU در پهنه ایران است. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش پیشنهاد می‌شود در مناطق فاقد آمار و موارد نیاز از داده‌های بارش GPCC و مؤلفه‌های دمایی CRU استفاده شود.

کلید واژه‌ها: آزمون آماری، ایران، داده‌های شبکه‌ای، CRU، GPCC.

مقدمه

داده‌های هواشناسی حاصل از اندازه‌گیری ایستگاه‌های همدیدی، زیربنای طیف گسترده‌ای از برنامه‌ها و مطالعات کاربردی در علوم مختلف محیطی به‌ویژه آب و هواشناسی و مسائل مربوط به آن (مثلاً: ارزیابی مدل‌های آب و هوایی در مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی) است [۱۰]. با وجود این، داده‌های گم‌شده فراوان در ایستگاه‌های هواشناسی، بهنگام نبودن متغیرهای مختلف آب و هوایی همچون دما و بارش و تراکم فضایی نامناسب ایستگاه‌ها از جمله مشکلاتی است که پژوهشگران در بخش‌های بزرگی از جهان به‌ویژه کشورهای کمتر توسعه‌یافته، مناطق کوهستانی و بیابانی با آن مواجه هستند [۱۵]. از این رو طی دهه‌های اخیر تولید داده‌های آب و هوایی، با دقت مناسب یکی از اهداف اصلی مراکز پیش‌بینی و مدل‌سازی است. در همین راستا امروزه مراکز مهم همچون ناسا و نوآ با استفاده از ابزارهای مختلف (سنجنده‌ها، مشاهدات میدانی، داده‌های ایستگاهی، داده‌های تاریخی و غیره) حجم قابل توجهی از داده‌های آب و هوایی را در مقیاس جهانی و منطقه‌ای با قدرت تفکیک مکانی و زمانی متفاوت در دسترس کاربران قرار داده‌اند. علاوه بر این طی دهه‌های اخیر، مراکز دانشگاهی، ملی و بین‌المللی (ECMWF, GPCC) در راستای مطالعه تغییرات آب‌وهوایی شبکه‌ای از داده‌های آب و هوایی را تولید و گسترش داده‌اند. این داده‌ها به‌طور معمول از درون‌یابی مشاهدات نامنظم فضایی حاصل می‌شوند

ارزیابی آماری داده‌های شبکه‌ای بارش و دما با داده‌های مشاهده‌ای در ایران

مرتضی میری^۱، قاسم عزیزی^۲، فرامرز خوش اخلاق^۳ و مجتبی رحیمی^۴
تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۲۹

چکیده

پژوهش پیشرو با هدف معرفی داده‌های واحد تحقیقات آب و هوایی (CRU) و ارزیابی دقت داده‌های آن به همراه آخرین به‌روزرسانی داده‌های GPCC در مقابل داده‌های اندازه‌گیری شده ایستگاه‌های همدیدی کشور طی دوره ۲۰۱۴-۱۹۸۵ به انجام رسیده است. برای این منظور داده‌های بارش ماهانه GPCC⁵، بارش و مؤلفه‌های دمایی CRU^۵ با قدرت تفکیک مکانی ۰/۵×۰/۵ درجه طول جغرافیایی برای پهنه ایران، به همراه داده‌های بارش، متوسط دما، حداقل و حداکثر دما به‌صورت ماهانه در ۸۸ ایستگاه همدیدی با پراکنش مناسب در سطح ایران از تارنماهای مربوطه دریافت و پردازش شد. برای ارزیابی آماری داده‌های نام‌برده از آماره‌های ضریب تعیین (R^۲)، مجذور میانگین مربع خطا (RMSE)، مجذور میانگین مربع خطا استاندارد شده (NRMSE) شاخص توافق (IA)، شیب خط (Slope)، اریب (Bias) و ضریب کارایی مدل (EF) استفاده شد. مقایسه‌های آماری انجام‌شده نشان داد هرچند در حالت کلی داده‌های بارش مؤسسه CRU در سطح ایران به‌ویژه نیمه غربی از دقت مناسبی برخوردارند، اما مقدار برآورد بارش در برخی از مناطق به‌خصوص نواحی ساحلی خزر و جنوب اعتماد کمتری دارد. زیرا مقدار ضریب تعیین داده‌های بارش CRU در این مناطق به کمتر از ۰/۵ می‌رسد. این در حالی است که دقت بارش برآوردی توسط GPCC در تمامی مناطق ایران حتی نواحی ساحلی از دقت بسیار بالایی برخوردارند. به‌طوری‌که نه تنها هماهنگی خوبی از نظر زمانی دارد، بلکه

۱- نویسنده مسول و دانش آموخته‌ی دکترای اقلیم‌شناسی دانشگاه تهران. پست

الکترونیک: mmiri@ut.ac.ir

۲- دانشیار اقلیم‌شناسی دانشگاه تهران

۳- استادیار اقلیم‌شناسی دانشگاه تهران

۴- دانشجوی دکترای اقلیم‌شناسی دانشگاه تهران

5- Global Precipitation Climatology Center

6- Climatic Research Unit

و از جهات مختلف حائز اهمیت هستند. تخمین بهتر متغیرهای آب و هوایی در نواحی فاقد ایستگاه و امکان مطالعه مناسب‌تر آب‌وهوا و بررسی نوسانات و تغییرات عناصر آب و هوایی یکی از مهم‌ترین مزایای این داده‌ها است. به طوری که در چند دهه گذشته با توسعه داده‌های شبکه‌ای نظیر CRU و GPCC طبقه‌بندی‌های آب و هوایی به‌روزرسانی گردیده [۱۱، ۲۱، ۳ و ۵]، و با ظهور داده‌های شبکه‌ای NCEP مطالعات زیادی در زمینه شناخت الگوهای گردش جو و مسیر حرکت سامانه‌های جوی انجام شده است، که متعاقب آن پیش‌بینی رخداد‌های هواشناختی توسعه قابل توجهی داشته است. از این رو طی سال‌های اخیر داده‌های تولیدشده توسط مراکز نام‌برده شده، در بسیاری از مطالعات مختلف آب و هوایی و هیدرولوژی در سطح جهان مورد ارزیابی و استفاده قرار گرفته است. در زمینه تغییر آب و هوا، پیین و همکاران [۲۲]، به کمک داده‌های شبکه‌ای CRU و GHCN، روند بلندمدت (۱۹۸۲-۱۹۹۹) دما در غرب ایالات متحده را ۰/۰۵ درجه در هر سال به دست آوردند. موریس و همکاران [۱۷]، با استفاده از داده‌های شبکه‌ای HadCRUT4 (که ترکیبی از داده‌های CRUTEM4 و HadSST3 می‌باشد) نشان دادند، روند ناهنجاری دمای کره زمین برای دوره ۱۹۰۱ تا ۲۰۱۰ هفت صدم درجه در هر دهه و برای دوره ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۰ هفده صدم درجه در هر دهه است. عراقی و همکاران [۱]، با استفاده از داده‌های شبکه‌ای دانشگاه Delaware نشان دادند روند دمای ایران طی دوره ۱۹۵۶-۲۰۱۰ به‌ویژه در بهار و تابستان بیشتر از متوسط جهانی است. مانزانس و همکاران [۱۳]، نشان دادند CRU و GPCC (با مقیاس مکانی ۰/۵ در ۰/۵ درجه) در مقایسه با داده‌های NCEP (با مقیاس مکانی ۲/۵ در ۲/۵ درجه) روند بارش نواحی مختلف کشور غنا را بسیار مناسب‌تر برآورد می‌کند. از دیگر کاربردهای این داده‌ها، ارزیابی خروجی مدل‌های گردش عمومی جو است. با توجه به اینکه خروجی این مدل‌ها عموماً شرایط میانگین نواحی را نشان می‌دهند، بنابراین داده‌های شبکه‌ای در مقایسه با داده‌های نقطه‌ای برای ارزیابی و صحت‌سنجی آن‌ها مناسب‌تر می‌باشند [۱۰]. جورجیو و همکاران [۷]، با استفاده از داده‌های CRU خروجی مدل RegCM را به‌منظور تحلیل تغییرپذیری منطقه‌ای آب‌وهوا در اروپا طی دوره ۱۹۶۱-۱۹۹۰ ارزیابی نمودند. نتایج نشان داد خروجی مدل تمایل به برآورد بیشتر بارش دارد. اسپوتر و همکاران [۲۷]، در پژوهشی با ارزیابی خروجی مدل‌های جهانی و منطقه‌ای آب و هوا در آلمان با داده‌های شبکه‌ای CRU TS2، ERA-40، GPCC-V4 و ECA&D-3.0، بیان کردند که دما و سرعت باد به‌خوبی توسط مدل‌های آب و هوایی شبیه‌سازی می‌شود. اما بارش، رطوبت نسبی و پوشش ابری از بایاس قابل توجهی برخوردارند. مک ماهون و همکاران [۱۴]، با استفاده از شاخص‌های R^2 ، RMSE و NSE خروجی داده‌های بارش و دمای مدل CMIP3 را با داده‌های بارش و دمای CRU3,1 ارزیابی نمودند. نتایج نشان داد خروجی میانگین دمای سالانه مدل با داده‌های شبکه‌ای ارتباط بسیار بالایی دارند اما بارش

سالانه و انحراف بارش سالانه پراکندگی بالایی دارند. همچنین از این داده‌ها در پژوهش‌های مختلفی برای مدل‌سازی استفاده می‌شود. ویدن و همکاران [۳۰]، با استفاده از داده‌های شبکه‌ای ERA-40 مجموعه داده WDF را به‌منظور استفاده در مدل‌های هیدرولوژیکی و ارزیابی تبخیر و تعرق تولید نمودند. وی و همکاران [۲۹]، با به‌کارگیری داده‌های شبکه‌ای GPCP، APHRODITE، GHCN2 و NCEP در مدل SWAT به شبیه‌سازی رواناب حوضه رودخانه داک بلا در ویتنام پرداختند. مقایسه خروجی‌ها نشان داد که داده‌های APHRODITE و GPCP از کارایی مناسب‌تری برخوردار می‌باشند. لوری و همکاران [۱۲]، نیز نشان دادند داده‌های شبکه‌ای آب و هوایی نظیر APHRODITE، TRMM و CFRS می‌تواند به‌خوبی مدل‌های هیدرولوژیکی را در شبیه‌سازی رواناب نواحی موسمی آسیا تقویت نمایند. باوجود کارایی زیاد این داده‌ها، در بسیاری از مناطق مختلف جهان به‌منظور آگاهی از دقت آن‌ها، قبل از استفاده مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. تیانو و کانبین [۲۸]، با مقایسه و ارزیابی داده‌های بارش تابستانه سه پایگاه CRU TS2، ERA-40 و NCEP-2 در چین نشان دادند داده‌های CRU نسبت به دو پایگاه دیگر با داده‌های ایستگاهی همبستگی بالاتری دارد. دینکی و همکاران [۴]، محصول بارش دو پایگاه داده GPCC 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 بود. کوی بالارد و همکاران [۲۴]، به ارزیابی داده‌های بارش CRU TS 3,1 در سه منطقه مختلف کشور چین پرداختند. نتایج نشان داد گرچه داده‌های CRU در مقایسه با داده‌های مشاهداتی برآورد کمتری دارند اما با سطح اطمینان ۹۰ درصد می‌توانند روند تغییرات بارش را تحلیل نمایند. فو و همکاران [۳]، با ارزیابی هفت پایگاه داده بارش از جمله NCEP، CAMP، GPCC و GPCP در ده حوضه 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 حوضه‌های مورد مطالعه کمترین است. در ایران نیز رضیئی و همکاران [۲۵]، روند تغییرات داده‌های بارش GPCC را با داده‌های ایستگاهی در ایران مقایسه و نشان دادند که این داده‌ها هماهنگی بسیار خوبی با داده‌های ایستگاهی در نقاط مختلف کشور دارند. رضیئی و همکاران [۲۶]، با استفاده از داده‌های بارش GPCC علاوه بر تحلیل توزیع مکانی بارش ماهانه، فصلی و سالانه در کشور، روند تغییرات بارش در کشور را نیز برای دوره زمانی ۱۹۵۱-۲۰۰۹ مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد روند حداکثر بارش روزانه و تعداد روزهای بارانی به‌ویژه در غرب ایران افزایشی است. عزیززی و همکاران [۲]، با ارزیابی چندین پایگاه داده نشان دادند داده‌های GPCC بارش نواحی جنوبی، غربی و شرقی و داده‌های APHRODITE بارش نواحی شمال غربی، دامنه‌های جنوبی البرز و ایران مرکزی را بهتر برآورد می‌کنند. میری و

دوره سی ساله (۲۰۱۴-۱۹۸۵) استفاده شده است. در ابتدا با مراجعه به سازمان هواشناسی داده‌های بارش و فراسنج‌های دمایی ۸۸ ایستگاه همدیدی با پراکنش مناسب در پهنه ایران زمین (شکل ۱) دریافت و پردازش شد. داده‌های شبکه‌بندی شده بارش به همراه فراسنج‌های دمایی CRU (شکل ۱ الف) و داده‌های بارش GPCC (شکل ۱ ب)، با قدرت تفکیک مکانی 0.5×0.5 درجه جغرافیایی از تارنماهای مربوطه دریافت و مورد استفاده قرار گرفتند. قابل ذکر است در این پژوهش از آخرین به‌روزرسانی داده‌های بارش GPCC (۲۰۱۳-۱۹۰۱) استفاده گردید. همچنین داده‌های مورد استفاده CRU در این تحقیق دربرگیرنده CRU_TS3.23 است که در ادامه به‌طور اختصار توضیح داده می‌شود.

CRU

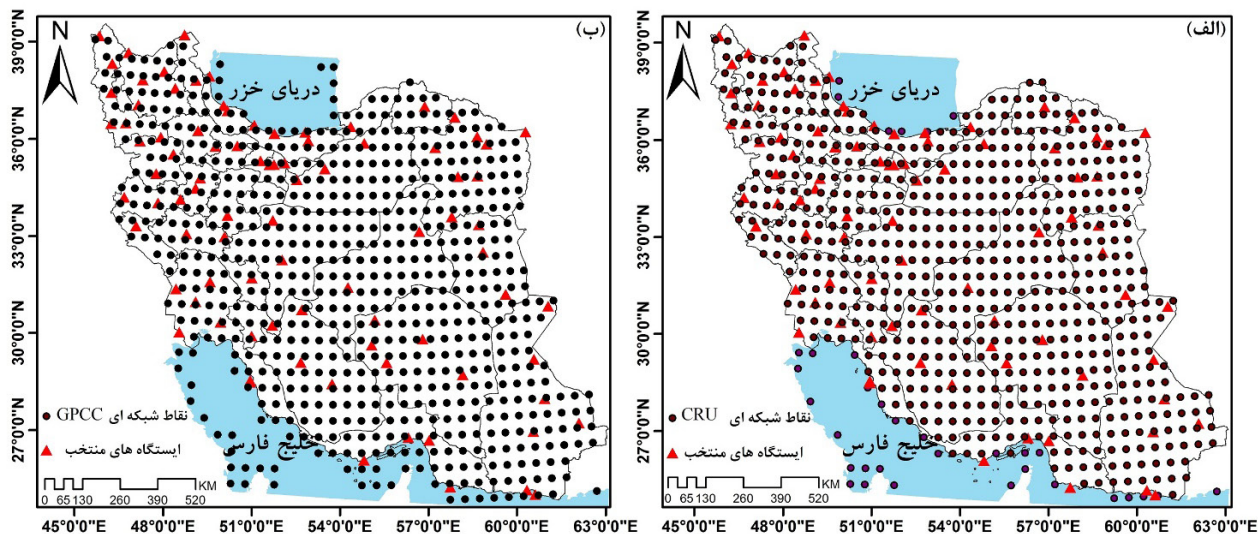
واحد تحقیقات آب و هوایی (CRU) وابسته به دانشگاه شرق آنجلیا یکی از مؤسسات پیشرو در زمینه مطالعه تغییرات طبیعی و انسانی آب و هوا می‌باشد که به تهیه و انتشار تعدادی از مجموعه داده‌های آب و هوایی با تفکیک‌های مختلف می‌پردازد (جدول ۱). CRU_TS مجموعه داده‌های سری زمانی این مؤسسه با قدرت تفکیک مکانی 0.5 درجه جغرافیایی است، که نسخه ۳ آن دوره زمانی ۱۹۰۱ الی ۲۰۱۴ و تمام خشکی‌های سطح زمین (به جز قطب جنوب) را پوشش می‌دهد. این مجموعه داده شامل شش متغیر آب و هوایی مستقل (دمای متوسط، دامنه دمای روزانه، بارش، تعداد روزهای بارانی، فشار بخار آب و پوشش ابر) می‌باشد. دمای حداکثر و حداقل نیز از این متغیرها و بر اساس رابطه‌های زیر حساب شده‌اند. متغیرهای ثانویه (فراوانی روزهای یخبندان، تبخیر و تعرق

همکاران [۱۵])، با ارزیابی داده‌های بارش سنجنده TRMM و داده‌های GPCC بیان کردند که هر دو پایگاه داده از دقت مناسبی در سطح ایران برخوردارند. حاجی حسینی و همکاران [۸]، با ارزیابی داده‌های CRU و مدل SWAT در شبیه‌سازی بارش رواناب بالادست رودخانه هیرمند طی دوره ۱۹۷۹-۱۹۶۹ بیان کردند که داده‌های بارش CRU از دقت مناسبی برخوردار است.

همان‌طور که در بالا اشاره شد دقت داده‌های مراکز CRU و GPCC برای بسیار از نقاط جهان مورد ارزیابی قرار گرفته است، ولی بررسی مطالعات انجام‌شده در داخل ایران بیانگر تحقیقات محدود در ارتباط با مرکز CRU و آخرین به‌روزرسانی داده‌های GPCC می‌باشد که از جامعیت لازم برخوردار نیست. از طرف دیگر هرچند مجموعه داده‌های شبکه‌ای آب و هوا به‌ویژه دما و بارش در حال افزایش دقت، دسترسی و اشتراک هستند [۱۸]، اما ارزیابی و اعتبار سنجی آن‌ها به‌منظور شناخت کارایی و محدودیت‌های آن‌ها در نواحی مختلف کره زمین به‌ویژه در مناطقی که تراکم ایستگاه‌های زمینی پایین است، امری ضروری است. از این رو این تحقیق سعی بر این دارد که ضمن معرفی محصولات مؤسسه CRU، با استفاده از آماره‌های مختلف طی یک دوره طولانی مدت داده‌های مؤسسه CRU و GPCC را ارزیابی کند.

مواد و روش‌ها داده‌ها

در پژوهش حاضر از داده‌های بارش ماهانه GPCC، داده‌های بارش، مؤلفه‌های دمایی (حداقل، متوسط و حداکثر) CRU، به همراه داده‌های بارش و دمای ماهانه ۸۸ ایستگاه همدیدی کشوری طی یک



شکل ۱- توزیع نقاط شبکه‌بندی شده با دقت 0.5×0.5 در پهنه ایران، الف) CRU و ب) GPCC. مثلث‌های قرمز رنگ پراکنش ایستگاه‌های همدیدی مورد استفاده در مطالعه را نشان می‌دهند.

Figure 1. Distribution of reticulation points with an accuracy of 0.5×0.5 longitude (black circle) and Synoptic stations on Iran map (Red triangle), A: CRU and B: GPCC

جدول ۱- مجموعه داده‌های واحد آب و هوایی CRU

Table 1. Database - Climatic Research Unit

نام مجموعه داده	تفکیک مکانی	پوشش مکانی	بازه زمانی	نوع داده	عناصر آب و هوایی
Dataset	Resolution	Coverage	Period	Format	Variables
CRU TS3.23	درجه 5/0	خشکی‌های کره زمین (به جز قطب جنوب)	1901-2014	سری زمانی	بارش، متوسط دما، حداقل دما، حداکثر دما، تعداد روزهای بارانی، نوسان دما، پوشش ابری، فشار بخار، تعداد روزهای یخبندان و تبخیر تعرق بالقوه
CRU CY3.23	درجه 5/0	کشورها	1901-2014	سری زمانی	بارش، متوسط دما، حداقل دما، حداکثر دما، تعداد روزهای بارانی، نوسان دما، پوشش ابری، فشار بخار، تعداد روزهای یخبندان و تبخیر تعرق بالقوه
CRU CL1.0	درجه 5/0	خشکی‌های کره زمین (به جز قطب جنوب)	1961-1990	دوره آب و هوایی	بارش، تعداد روزهای بارانی، متوسط دما، نوسان دما، رطوبت نسبی، سرعت باد، ساعات آفتابی، تعداد روزهای یخبندان
CRU CL2.0	10 دقیقه	خشکی‌های کره زمین (به جز قطب جنوب)	1961-1990	دوره آب و هوایی	بارش، تعداد روزهای بارانی، متوسط دما، نوسان دما، فشار بخار، سرعت باد، پوشش ابری، تعداد روزهای یخبندان
CRU CL2.1	10 دقیقه	خشکی‌های اروپا	1961-1990	دوره آب و هوایی	پوشش ابری و فشار بخار
CRU TEM4	5 درجه	خشکی‌های کره زمین	1850-2016	سری زمانی	ناهنجاری دما
HadCRUT4	5 درجه	کل کره زمین (خشکی و دریا)	1850-2016	سری زمانی	ناهنجاری دما

متوسط دوره پایه را داشته باشد تا در فرآیند درون‌یابی محاسبه گردد. دوره پایه ۱۹۶۱-۱۹۹۰ می‌باشد و حداقل ۲۳ داده ثبت شده (فاقد گپی) طی این دوره در هرماه برای محاسبه نرمال آب و هوایی موردنیاز است. مقادیری که انحراف استاندارد آن بیشتر از ۳ باشد (برای بارش ۴) به‌عنوان داده‌های پرت شناسایی می‌شود. در ادامه سری‌های زمانی برای گنجانده شدن در فرآیند تولید شبکه، به ناهنجاری تبدیل می‌شوند که از تفاضل داده‌ها از دوره پایه به دست می‌آید [۹]. برای بارش و روزهای بارانی از نسبت ناهنجاری برحسب درصد استفاده شده است، زیرا واریانس بارش ارتباط نزدیکی با میانگین دارد [۲۰]. اثر داده‌های ایستگاهی برای متغیرها بر اساس فاصله کاهش همبستگی (CDD) تعریف می‌شود که نشان‌دهنده پتانسیل اطلاعاتی است که از هر یک از ایستگاه ممکن به دست آید. دامنه CDD برای متوسط دما ۱۲۰۰ کیلومتر، دامنه روزانه دما ۷۵۰ و بارش ۴۵۰ کیلومتر است [۲۰]. برای اطمینان از اینکه درون‌یابی تحت تأثیر اطلاعات ایستگاه‌هایی که فاصله نامناسبی دارند قرار نگیرد، ایستگاه‌هایی ساختگی با ناهنجاری صفر در مناطق فاقد ایستگاه قرار داده شده است [۱۶]. درنهایت برای به دست آوردن مقادیر مطلق، شبکه‌های ناهنجاری با داده‌های مشبک آب و هوایی که برای دوره نرمال (۱۹۶۱-۱۹۹۰) توسط [۱۹] تهیه گردیده و به داده‌های *cru cl1* معروف است، ترکیب می‌گردد [۹].

GPCC

با توجه به اینکه تحقیقات بیشتری در ارتباط با این پایگاه داده در سطح کشور انجام شده است، در این قسمت تنها به ویژگی‌های کلی

بالمقوه) نیز از شش متغیر اولیه با استفاده از فرمول‌های شناخته‌شده نظیر پنمن-مانتیس برآورد می‌شود [۹ و ۱۶].

$$TMN = TM - \frac{DTR}{2} \quad (1)$$

$$TMX = TMP + \frac{DTR}{2} \quad (2)$$

در این روابط، TMN حداقل دما، TMX حداکثر دما، DTR نوسان روزانه دما و TMP متوسط دما است.

این مجموعه‌ی داده مستقیماً از داده‌های بازبینی شده بیش از ۴۰۰۰ ایستگاه‌های زمینی در خشکی‌ها به دست می‌آید. منبع این داده‌ها در مقیاس جهانی عبارت‌اند از: داده‌های ماهانه ایستگاه‌های هواشناسی وابسته به سازمان هواشناسی جهانی، داده‌های ماهانه آب و هوا جهانی تهیه‌شده توسط مرکز ملی داده‌های آب و هوایی ایالات متحد (NCDC)، داده‌های دهه‌ای رکوردهای جهانی هوا (WWE) که بین سرویس‌های ملی هواشناسی و NCDC ردوبدل می‌شود. علاوه بر ترکیب سامانمند داده‌های ذکرشده، از اطلاعات و داده‌های دیگری که حاصل تبادل با سایر دانشمندان و مؤسسات آب و هوایی است (نظیر سازمان هواشناسی استرالیا و کانادا) و در غالب سری داده‌های آب و هوایی منتشر می‌شود، نیز استفاده می‌گردد. این مجموعه داده به‌طور خاص همگن نیست، زیرا بسیاری از مشاهدات اغلب توسط سازمان‌های ملی هواشناسی قبل از انتشار همگن می‌شوند [۹]. برای تبدیل شبکه نامنظم داده‌ها به شبکه منظم نیز از روش‌های درون‌یابی به‌ویژه Thin-plate splines استفاده می‌شود که جزئیات چگونگی درون‌یابی به‌طور کامل توسط نیو و همکاران [۱۹]، تشریح شده است. در این مجموعه داده هر سری ایستگاهی باید اطلاعات کافی برای

ذکر شده در مقاله [۱۵]، به طور کامل تشریح شده است.

نتایج

ارزیابی داده‌های شبکه‌ای CRU

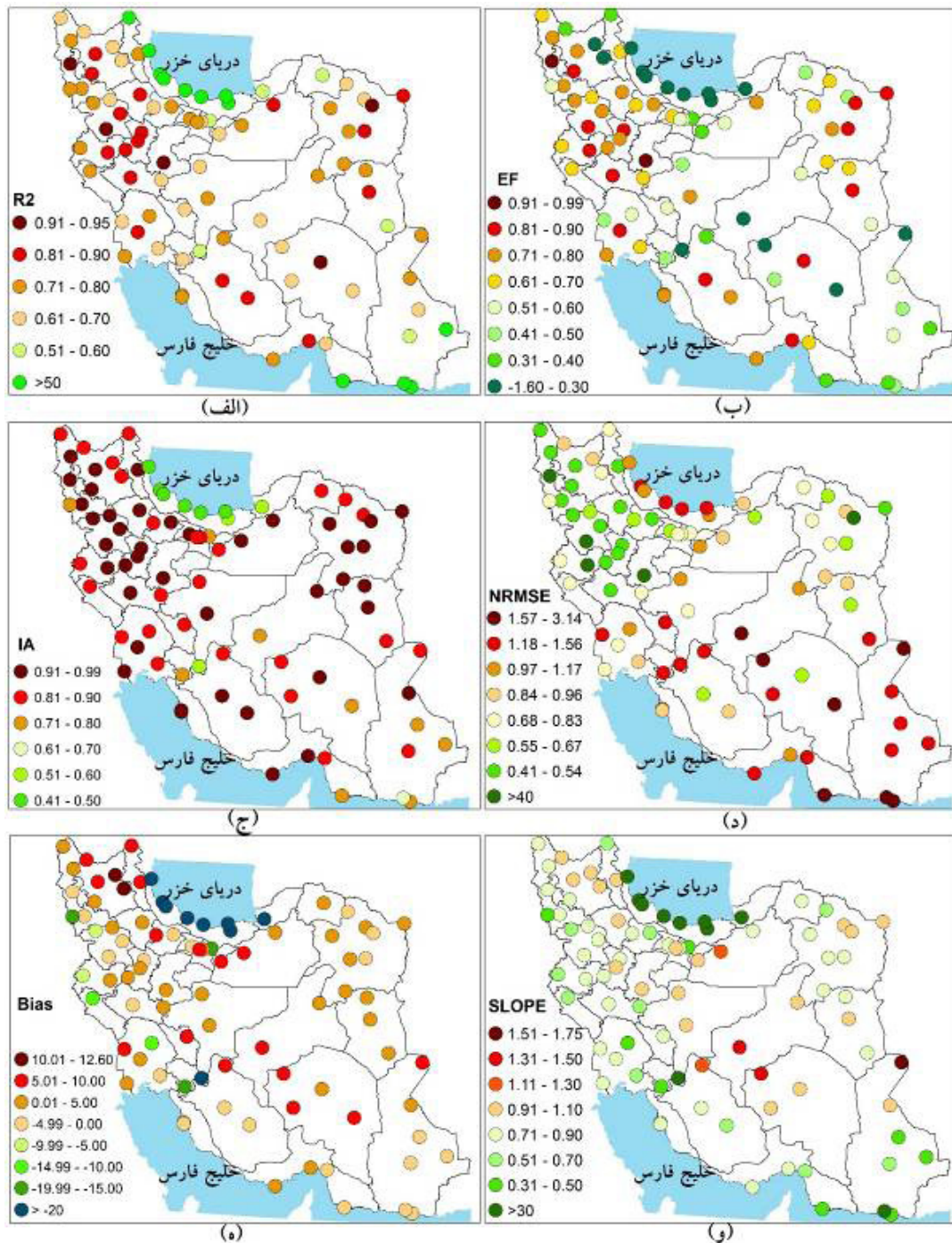
بارش

شکل (۲) نتایج حاصل از مقایسه داده‌های بارش CRU_TS3.23 و ایستگاه‌های زمینی با روش‌های مختلف آماری را نشان می‌دهد. مقادیر ضریب تعیین (شکل ۲ الف) بیانگر دقت متوسط داده‌های شبکه‌ای CRU می‌باشد. زیرا در بیشتر نواحی کشور مقدار r^2 بین $0/6$ الی $0/8$ است. با این حال دقت داده‌های مذکور در نواحی غرب و شمال غرب ایران مناسب است و بیش از $0/8$ و بعضاً $0/9$ درصد واریانس داده‌های بارش در برخی ایستگاه‌ها توسط داده‌های شبکه‌ای تبیین می‌گردد. نواحی ساحلی دریای خزر و دریای عمان از کمترین ضریب تعیین (کمتر از $0/5$) و دقت برخوردارند. در نواحی مرکزی و شرقی نیز مقادیر ضریب تعیین عمدتاً بین $0/6$ الی $0/8$ است و در موارد جزئی نظیر ایستگاه کرمان تا بیش از $0/9$ می‌رسد. در مجموع دقت داده‌های CRU در مقایسه با ایستگاه‌های کشور از غرب به شرق و از شمال به جنوب (به‌استثنای نوار ساحلی) کاهش می‌یابد. نتایج ضریب کارایی (ب) نیز همسو با ضریب تعیین می‌باشد و مقدار این شاخص در اکثر نواحی کشور بین $0/5$ تا $0/8$ است. علاوه بر مناطق ساحلی عمان و خزر در نواحی مرکزی کشور نیز مقادیر این شاخص پایین است، که نشان‌دهنده ناتوانی CRU در برآورد بارش‌های فرین این مناطق است. مقادیر شاخص توافق (IA) که نشان‌دهنده مقدار توافق بین مقادیر دو سری زمانی می‌باشد، بیانگر هماهنگی خوب، بین مقادیر بارش ماهانه ایستگاه‌های منتخب در پهنه ایران و داده‌های بارش برآوردی مؤسسه CRU است (۲ ج). به‌طوری‌که می‌توان به داده‌های برآوردی برای بیشتر ایستگاه‌ها به‌ویژه در نیمه غربی ایران اعتماد کرد. با وجود این مقادیر این شاخص نیز بیانگر اعتماد کمتر در سواحل خزر می‌باشد. مقادیر شاخص NRMSE نشان می‌دهد انحراف بارش شبکه‌ای در مقایسه با داده‌های مشاهده‌ای عمدتاً کمتر از یک است که بیانگر برآورد قابل قبول به‌ویژه در غرب، شمال غرب و شمال شرق کشور است. مقادیر بالاتر از یک در نواحی ساحلی، مرکزی و به‌ویژه جنوب شرق ایران دیده می‌شود. برای بررسی مقادیر بیش برآوردی و کم برآوردی از شاخص اریب استفاده شد. نتایج حاصل از این شاخص نشان داد که CRU در بیشتر نواحی مقدار بارش را بیش از مقادیر ایستگاهی برآورد می‌کند که البته این مقدار (کمتر از 10 میلی‌متر) است که با توجه به ماهیت بارش، مقدار زیادی نیست. کم برآوردی ناچیز بارش نیز به‌طور موردی در ایستگاه‌های غربی و جنوب شرقی کشور مشاهده می‌شود، ولی در مناطق ساحلی خزر این اختلاف به بیش از 20 میلی‌متر می‌رسد (شکل ۲ ه). با توجه به شکل (۲ و) مشخص می‌شود که مقدار شیب خط برای تعداد قابل توجهی از ایستگاه‌ها بین $0/7$ الی $1/1$ می‌باشد و فاصله زیادی از خط رگرسیون (۱:۱) ندارد. این شرایط نشان‌دهنده

این داده‌ها اشاره می‌شود. داده‌های GPCC که با درون‌یابی داده‌های ماهانه بارش ایستگاه‌های زمینی سرتاسر کره زمین (7000 تا 8000 ایستگاه همدیدی و کلیماتولوژی) تولید می‌شوند نیز در سه تفکیک مکانی $2/5 \times 2/5$ ، 1×1 و $0/5 \times 0/5$ درجه جغرافیایی هر دو سال یکبار به‌روز و به‌صورت رایگان در اختیار پژوهشگران جهان قرار می‌گیرد. این داده‌ها از سال 1901 به بعد را پوشش می‌دهد و هر دو سال یکبار نسخه جدیدی از آن ارائه می‌شود که در آن ایرادهای موجود در نسخه‌های قبلی شناسایی و حذف می‌شوند. برای تولید این داده‌ها کوشش می‌شود تا از حداکثر ایستگاه‌های ممکن که از کیفیت لازم برخوردار هستند استفاده شود. علاوه بر این، GPCC از بسیاری از منابع اطلاعاتی دیگر مانند؛ داده‌های تاریخی آب و هوایی (GHNC)، داده‌های سازمان غذا و کشاورزی (FAO) و داده‌های بارش واحد تحقیقات آب و هوایی دانشگاه ایست‌آنجلیا در شهر نورویچ انگلستان (CRU) برای افزایش کیفیت داده‌های بارش تولیدی خود استفاده می‌کند تا داده‌های تولیدشده هرچه بیشتر با بارش نقاط مورد پیش‌بینی همخوانی داشته باشد [۲۳ و ۱۵].

روش پژوهش

در تحقیق حاضر از پنج آزمون آماری برای مقایسه و ارزیابی دقت داده‌های CRU و GPCC در برابر داده‌های مشاهده‌ای بارش و مؤلفه‌های دمایی 88 ایستگاه همدیدی کشور استفاده گردید. پس از دریافت و پردازش داده‌ها، سری زمانی بارش و دمای ماهانه نقاط مختلف شبکه (شکل ۱) ساخته و آماده تجزیه و تحلیل شد. از آنجائی که هدف از انجام این پژوهش ارزیابی دقت داده‌های CRU و GPCC در پیش‌بینی بارش و مؤلفه‌های دمایی این 88 نقطه بوده است، مقدار بارش هر یک از این دو پایگاه در نزدیک‌ترین نقطه به هر ایستگاه استخراج و برای مقایسه مورد استفاده قرار گرفت. به این ترتیب سه ماتریس به ابعاد 3360×88 تشکیل و مورد استفاده قرار گرفت. در این ماتریس‌ها عدد 3360 تعداد مشاهده‌ها در ماه‌های پیاپی از 30 سال مورد مطالعه را نشان می‌دهد (12×30) و عدد 88 نیز معرف تعداد ایستگاه‌ها یا نقاطی است که مقایسه‌های آماری برای آن‌ها به انجام رسیده است. در مرحله بعد با استفاده از پنج آزمون آماری مختلف ماتریس داده‌های مشاهده‌ای (ایستگاهی) با ماتریس داده‌های CRU و GPCC مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت و میزان خطای هر یک از این دو پایگاه داده در پیش‌بینی دما و بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه شناسایی و به‌صورت نقشه ارائه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای ارزیابی دقت برآورد بارش هر یک از پایگاه‌های CRU و GPCC در محل هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه (شکل ۱) از آماره‌های ضریب تعیین (R^2)، مجذور میانگین مربع خطا (RMSE)، استاندارد مجذور میانگین مربع خطا (NRMSE) شاخص توافق (IA)، شیب خط (Slope)، اریبی (Bias) و راندامان یا کارایی مدل (EF) استفاده شده است. این آماره‌ها بیشترین کاربرد را در تجزیه و تحلیل‌های مقایسه‌ای مانند مقایسه پیش‌بینی‌های یک مدل با داده‌های مشاهده‌ای دارند (موریاسی، 2007). جزئیات کامل آماره‌های



شکل ۲- مقایسه داده‌های بارش CRU با بارش واقعی ایستگاه‌های همدیدی منتخب در سطح کشور با استفاده از شاخص‌های آماری: الف) ضریب تعیین (R^2)، ب) کارایی مدل (EF)، ج) شاخص توافق (IA)، د) مجذور میانگین مربع خطا (RMSE)، ه) شاخص اریب (BIAS)، و) شیب خط (Slope).

Figure 2. Comparison of average Precipitation CRU with average Precipitation synoptic stations using statistics indexes; A: R^2 , B: EF, G: IA, D: RMSE, H: BIAS and V: SLOPE

شاخص بیشترین انحراف در نواحی ساحلی خزر مشاهده می‌شود.

ارزیابی داده‌های شبکه‌ای GPCP
نتایج ارزیابی داده‌های بارش GPCP و ایستگاه‌های همدید کشور

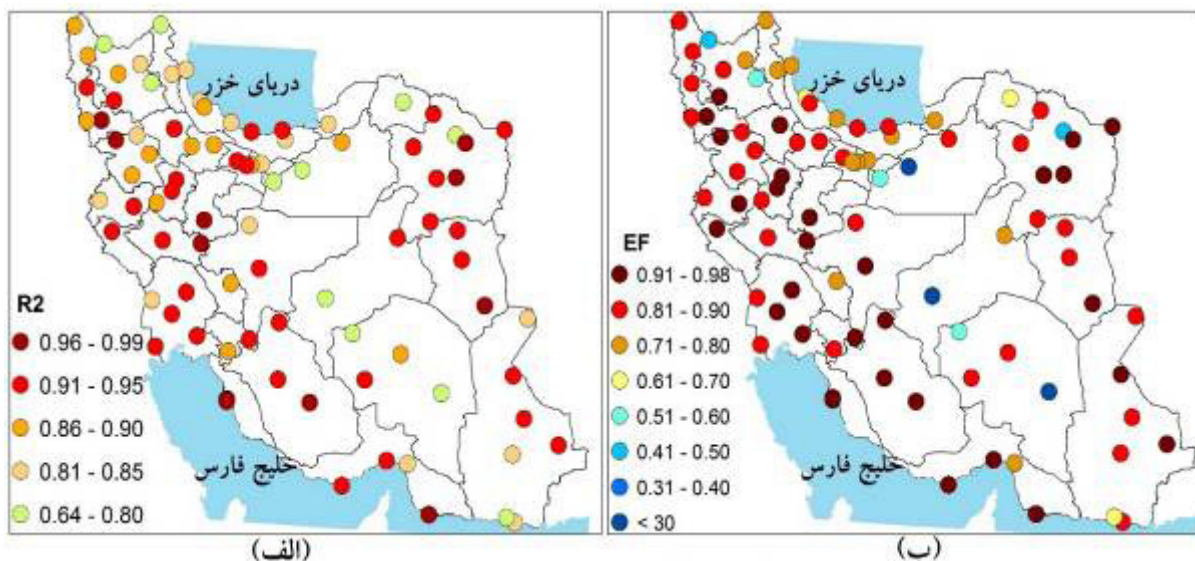
ارتباط مناسب بین داده‌های مشاهده‌ای و برآوردی است. هرچند توزیع مکانی ایستگاه‌هایی که پراکنش آن‌ها حول خط رگرسیون قرار دارند (۰/۹ تا ۱/۱) نامنظم است باین حال در دامنه‌های سایه بارانی البرز و زاگرس شرقی از تجمع بیشتری برخوردارند. بر اساس این

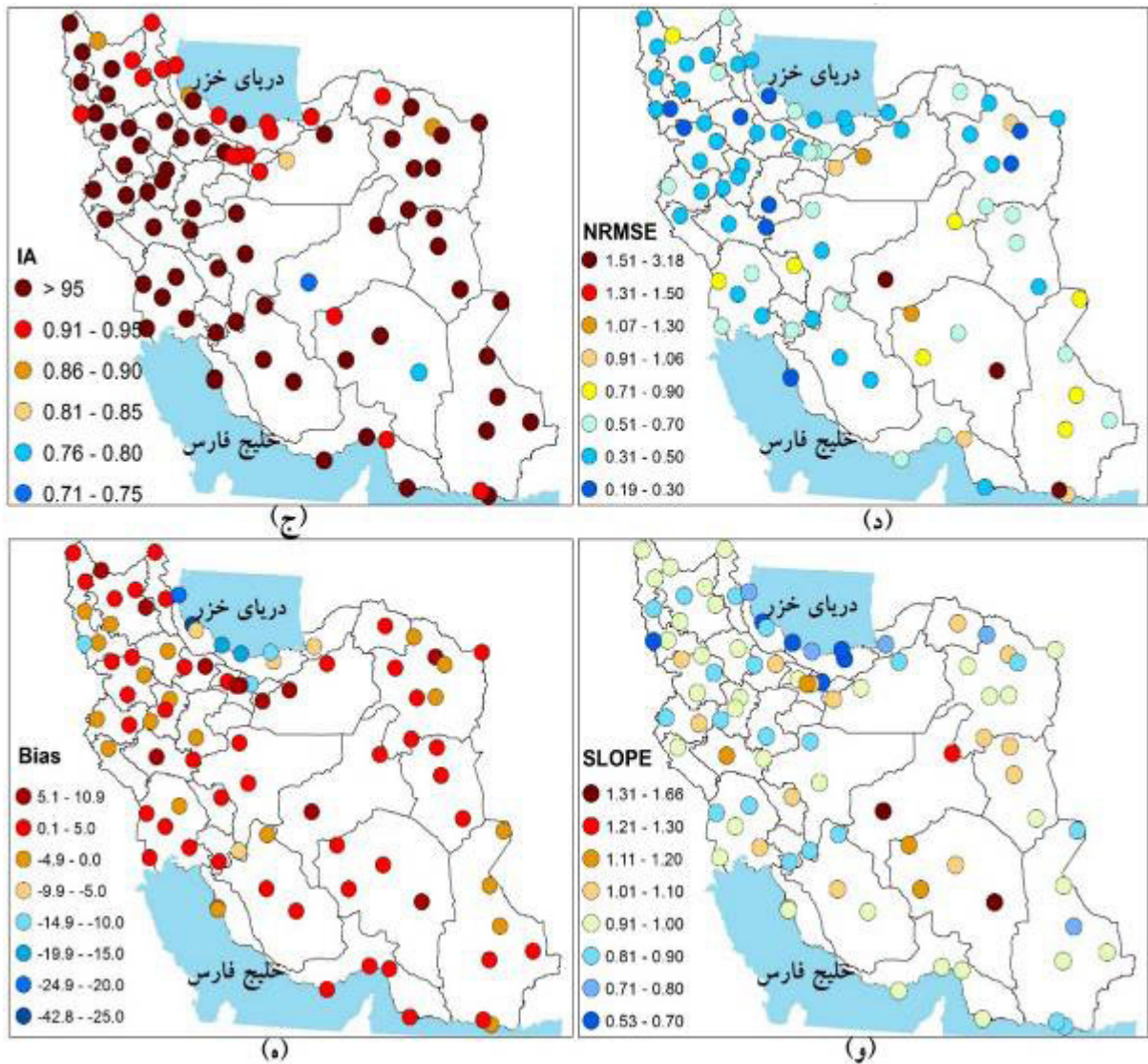
و بین ± 5 میلی‌متر است. یعنی اینکه بیش برآوردی و کم برآوردی بارش این مجموعه داده نسبت به باران‌سنج‌ها جزئی و ناچیز است. باین‌وجود کم برآوردی بارش در مقایسه با بیش برآوردی آن از شدت بالاتری برخوردار است. زیرا حداکثر اختلاف در برآوردهای بیشتر حدود ۱۱ میلی‌متر است درحالی‌که این مقدار برای برآوردهای پایین حدود ۴۳ میلی‌متر است. از نظر مکانی، در غرب و شمال غرب ایران به‌طور متناوب مقادیر مثبت و منفی اریب دیده می‌شود و روند مکانی منظمی قابل‌تصور نیست. مقادیر منفی Bias در سواحل دریای خزر و مقادیر مثبت آن در ایران مرکزی تجمع مکانی مناسبی دارند. شاخص شیب نیز نشان می‌دهد پراکندگی داده‌های GPCC از خط ۱:۱ چندان زیاد نیست و در بیشتر نواحی حول خط رگرسیون قرار دارند. مقدار Slope فقط در ایستگاه یزد و بم بیش از ۱/۳ و در ناحیه خزری، تهران و مهاباد کمتر از ۰/۷ است. در مجموع در غالب نقاط کشور مقدار شیب کمتر از خط رگرسیون می‌باشد.

ارزیابی داده‌های مؤلفه‌های دمای CRU

شکل ۴ دقت داده‌های متوسط دما حاصل از پایگاه CRU را در مقایسه با داده‌های متوسط دمای مشاهده‌ای در ایستگاه‌های همدید کشور نشان می‌دهد. بررسی مقادیر ضریب تعیین (R^2) بین متوسط دمای برآورد شده توسط CRU و داده‌های زمینی بیانگر دقت مناسب دمای برآوردی توسط CRU در بخش‌های مختلف ایران است. با توجه به شکل (۴ الف) ملاحظه می‌شود که مقدار R^2 در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه بیش از ۰/۹۰ است و این مقدار در بیشتر ایستگاه‌ها از ۰/۹۵ نیز فراتر می‌رود که نشان از دقت قابل‌قبول داده‌های CRU در برآورد مقدار متوسط دما در مناطق مختلف کشور دارد. مقدار I^2 فراتر از ۰/۹ در بیشتر ایستگاه‌های کشور نشان می‌دهد که بیش از ۹۰ درصد واریانس موجود در داده‌های دمای این ایستگاه‌ها به‌وسیله داده‌های CRU قابل توجیه است. در بین ایستگاه‌های منتخب تنها ایستگاه‌های چناران با ۰/۸۲ و سرپل ذهاب

در شکل (۳) نشان داده شده است. مقادیر ضریب تعیین بیانگر همبستگی بسیار مناسب این مجموعه داده با داده‌های مشاهداتی است. به‌طوری‌که در بخش قابل‌توجهی از ایران بیش از ۸۵ درصد واریانس بارش توسط GPCC تبیین می‌شود و ضریب R^2 در هیچ قسمتی از کشور کمتر از ۰/۶ نیست. برخلاف CRU، پایین‌ترین همبستگی‌ها در نواحی خشک مرکزی مشاهده می‌گردد و ارتباط این مجموعه داده حتی در نواحی ساحلی هم مناسب می‌باشد (۳ الف). این همبستگی بالا توسط شاخص ضریب کارایی هم تأیید می‌شود و در غالب نقاط کشور به‌ویژه دامنه‌های رشته‌کوه زاگرس، سواحل خلیج فارس و گوشه شمال شرق ایران، مقادیر EF نزدیک به یک می‌باشد (۳ ب). این حالت نشان می‌دهد علاوه بر اینکه GPCC همبستگی بالایی با داده‌های ایستگاهی کشور دارد، از توانایی بالایی در برآورد رخدادهای فرین بارش هم برخوردار است. پایین‌ترین مقادیر این ضریب در ایستگاه‌های خشک مرکزی (سمنان، گرمسار، یزد، انار و بم) مشاهده می‌شود. پایین بودن مقدار ضریب EF در این نواحی می‌تواند ناشی از تراکم پایین ایستگاه، تعداد روزهای بارانی کم و ریزش بخش قابل‌توجهی از بارش در دوره کوتاه باشد. شکل (۳ ج) مقادیر شاخص IA برای داده‌های بارش برآوردی GPCC را نشان می‌دهد. بر اساس این شاخص GPCC نه‌تنها رفتار زمانی هماهنگ با ایستگاه را ارائه می‌کند، بلکه مقدار برآوردی آن بسیار نزدیک به داده‌های ایستگاهی است که نشان‌دهنده اعتبار بالای داده‌های این مرکز می‌باشد. شاخص NRMSE نیز نشان‌دهنده کارایی بالای داده‌های بارش GPCC است، زیرا انحراف بارش در این شاخص در تعداد اندکی از ایستگاه‌ها (کنارک، بم، انار، یزد و سمنان) بیش از یک است، درحالی‌که مقادیر NRMSE در اکثر نقاط کشور کمتر از ۰/۵ است. از لحاظ منطقه‌ای نیز بیشترین انحرافات در جنوب شرق ایران و کمترین آن در غرب و شمال غرب مشاهده می‌گردد. بر اساس شاخص اریبی (Bias) انحراف مقادیر بارش GPCC از بارش مشاهده‌ای در بیشتر ایستگاه‌های سینوپتیک کشور بسیار پائین





شکل ۳- مقایسه داده‌های بارش GPCP با بارش واقعی ایستگاه‌های همدیدی منتخب در سطح کشور با استفاده از شاخص‌های آماری: الف) ضریب تعیین (R^2)، ب) کارایی مدل (EF)، ج) شاخص توافق (IA)، د) مجذور میانگین مربع خطا (RMSE)، ه) شاخص اریب (BIAS)، و) شیب خط (SLOPE).

Figure 3. Comparison of average Precipitation GPCP with average Precipitation synoptic stations using statistics indexes; A: R^2 , B: EF, G: IA, D: RMSE, H: BIAS and V: SLOPE

نیز نشان می‌دهد که مقدار RMSE در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه کمتر از ۲ درجه سلسیوس است که بیانگر انحراف بسیار ناچیز دمای پیش‌بینی شده به وسیله CRU در مقایسه با دمای واقعی در این دسته از ایستگاه‌ها است. تنها در برخی از ایستگاه‌های ساحلی و کوهپایه‌ای البرز مانند آستارا و تهران مقدار RMSE مقادیر بالاتر از ۴ درجه را نشان می‌دهد که با توجه به رقم بالای ضریب تعیین و EF در این ایستگاه‌ها (۴ ب و ۴ ج) می‌توان گفت که بالا بودن مقدار RMSE در این ایستگاه‌ها دلیل بر پائین بودن دقت مدل در پیش‌بینی دما نیست. شکل (۴ ه) که مقدار شاخص اریبی محاسبه شده بین داده‌های مشاهده‌ای و CRU را نشان می‌دهد، مشاهده می‌شود که اریب مقادیر پیش‌بینی شده در بیشتر ایستگاه‌ها حداقل ۲ تا ۲-

با مقدار R^2 کمتر از ۰/۹۰ دارند. شکل (۴ ب) نیز گواه بر کارایی داده‌های متوسط دمای CRU در برآورد قابل قبول متوسط دما در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه است. با توجه به شکل (۴ ب) مقدار EF در بیشتر ایستگاه‌ها بالاتر از ۰/۹ است که بیانگر هماهنگی خوب داده‌های CRU با داده‌های زمینی در این ایستگاه‌ها می‌باشد. زیرا هر مقدار که نتایج این شاخص به ۱ نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده دقت بالای مدل در پیش‌بینی است، که این ویژگی برای بیشتر ایستگاه‌های منتخب قابل مشاهده می‌باشد. در حالت کلی هرچند مقدار شاخص EF در سطح کشور به کمتر از ۰/۶ نمی‌رسد، با وجود این برای برخی ایستگاه‌ها به‌ویژه در نواحی ساحلی شمال کشور دقت برآورد داده‌های متوسط دما نسبت به سایر نواحی کمتر است. شکل (۴ د)

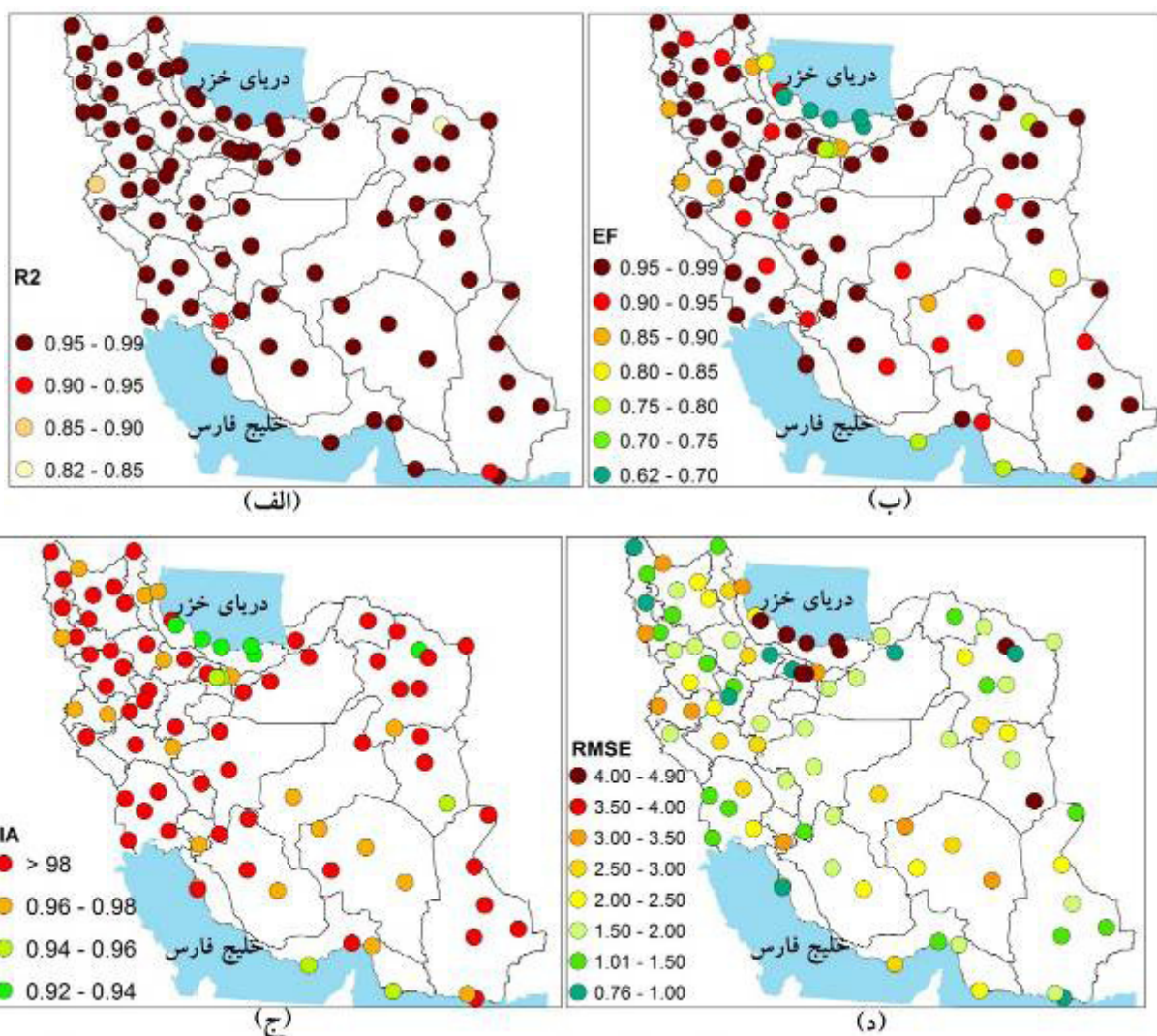
ارائه نقشه‌های آن خودداری شد. بررسی نتایج شاخص‌های آماری نام‌برده شده برای این فراسنج‌ها نشان داد که همانند متوسط دما، مقادیر برآوردی دمای حداقل و حداکثر توسط CRU در سطح ایران از دقت بسیار زیادی برخوردار است. به طوری که میزان شاخص R^2 برای هر دو متغیر در تمامی ایستگاه‌های منتخب بیش از ۰/۹ است. مقادیر شاخص‌های EF و IA نیز نشان‌دهنده دقت بالا و قابل‌اعتماد بودن داده‌های حداقل و حداکثر CRU دارد. مقادیر شاخص اریب برای هر دو فراسنج در بیشتر ایستگاه‌ها بین ± 2 است، که نشان‌دهنده مقادیر کم برآوردی و بیش برآوردی پایین CRU برای داده‌های حداقل و حداکثر در سطح ایران است. با وجود این بیش برآوردی CRU در سواحل شمالی کشور نسبت به سایر نواحی با مقدار بیشتر همراه است.

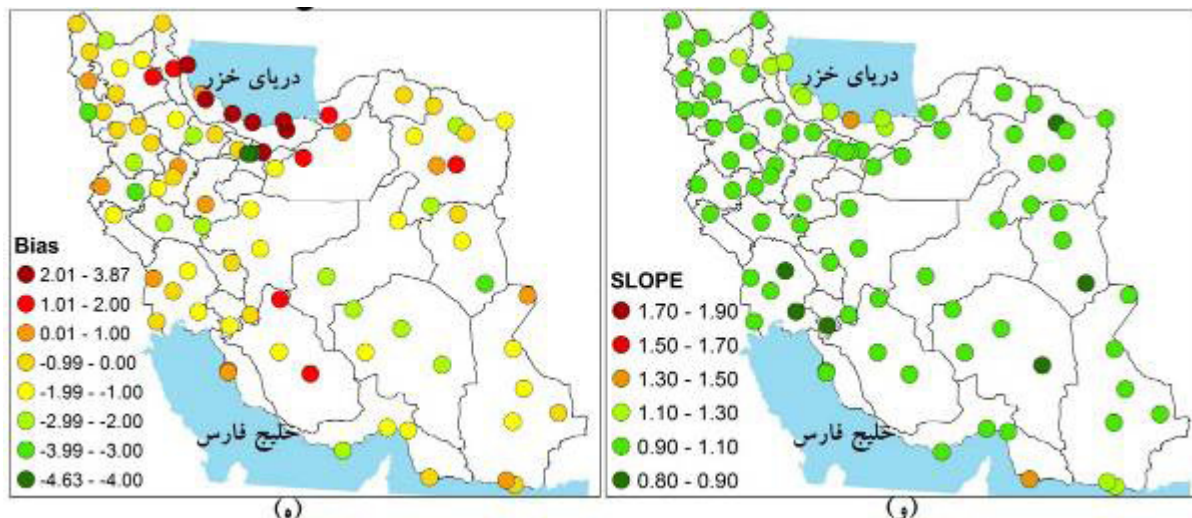
بحث

به‌طورکلی نتایج حاصل از ارزیابی داده‌های بارش CRU و GPCP نشان داد که داده‌های مذکور توانایی مناسبی در برآورد بارش اکثر نقاط کشور ایران دارند. از آنجاکه داده‌های مذکور حاصل درون‌یابی

است، که حاکی از انحراف اندک داده‌های برآورد شده از داده‌های مشاهده‌ای و دقت خوب CRU در پیش‌بینی مقدار واقعی متوسط دما در این ایستگاه‌ها دارد. با وجود این مقادیر زیاد این شاخص در برخی نواحی کشور به‌ویژه ایستگاه‌های واقع در سواحل شمالی (بابلسر، رامسر و غیره) نشان از بیش برآوردی محدود دما به‌وسیله CRU در این نواحی می‌باشد. شکل (۴) و نیز نشان می‌دهد که در اکثر ایستگاه‌ها خط رگرسیون به‌خوبی از میان داده‌ها عبور کرده و فاصله نقاط از خط رگرسیون (خط ۱:۱) در سطح قابل‌قبولی قرار دارد. با توجه به شکل (۴) و ملاحظه می‌شود که در تعداد قابل‌توجهی از ایستگاه‌ها مقدار شیب‌خط بین ۰/۸ تا ۱/۱ است که نشان‌دهنده ارتباط خوب میان هر دو داده و خطای اندک CRU در برآورد دمای این ایستگاه‌ها می‌باشد. این شاخص نیز که در واقع مقدار انحراف نقاط را از خط رگرسیون (خط ۱:۱) نشان می‌دهد، تأیید‌کننده بیش برآوردی CRU در نواحی ساحلی شمال کشور است.

قابل‌ذکر است در این پژوهش فراسنج‌های حداقل و حداکثر دمای برآوردی توسط مرکز آب و هوایی CRU نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. اما با توجه به محدودیت در تعداد صفحات مقاله از





شکل ۴- مقایسه داده‌های متوسط دما CRU با متوسط دمای واقعی ایستگاه‌های همدیدی منتخب در سطح کشور با استفاده از شاخص‌های آماری: الف) ضریب تعیین (R^2)، ب) کارایی مدل (EF)، ج) شاخص توافق (IA)، د) مجذور میانگین مربع خطا (RMSE)، ه) شاخص اریب (BIAS)، و) شیب خط (Slope).

Figure 4. Comparison of average average Temperature GPCP with average average Temperature synoptic stations using statistics indexes; A: R^2 , B: EF, G: IA, D: RMSE, H: BIAS and V: SLOPE

خاص جغرافیایی (تابین خشکی و دریا، توپوگرافی پیچیده) در این منطقه از کشور است. زیرا شناخت تمام جزئیات مکانی برای مراکز و مدل‌های تولید داده امکان‌پذیر نمی‌باشد. مقایسه ارزیابی داده‌های دما و بارش CRU بیانگر دقت بیشتر فراسنجهای دمایی در سطح کشور است. از جمله دلایل این حالت، ماهیت متفاوت این دو عنصر آب و هوایی است. زیرا تغییرات مکانی و زمانی دما، به‌خصوص در نواحی خشک و نیمه‌خشک بسیار کمتر از بارش است. در حالی که امکان دارد در بعضی نقاط کشور مجموع بارش سالانه حتی طی چند روز از سال ریزش نماید. علاوه بر این در فرآیند تولید داده‌های CRU اطلاعاتی که از ایستگاه‌های زمینی استخراج می‌شود بر اساس فاصله تعیین می‌گردد. این فاصله برای متوسط دما ۱۲۰۰ کیلومتر اما برای بارش ۴۵۰ کیلومتر است. بنابراین، اطلاعات ایستگاه‌های زمینی در تولید داده‌های دما دخالت بیشتری دارند و خروجی‌ها کمتر تحت تأثیر نقاط ساختگی و روش‌های درون‌یابی قرار می‌گیرند. در مجموع با توجه به مقیاس زمانی و مکانی بالای پایگاه‌های ارزیابی شده، می‌توان از آن‌ها برای اهداف مختلف آب و هوایی، هیدرولوژیکی و کشاورزی به‌خصوص در نواحی کوهستانی و مرکزی کشور که تراکم و طول دوره آماری ایستگاه‌های زمینی پایین است، استفاده کرد.

نتیجه‌گیری

در پژوهش پیشرو ضمن معرفی محصولات واحد آب و هوایی CRU، به ارزیابی داده‌های بارش و مؤلفه‌های دمایی این مرکز، همراه با آخرین داده‌های بارش ماهانه GPCP در مقابل داده‌های ۸۸ ایستگاه همدید کشور طی یک دوره ۳۰ ساله با استفاده از آزمون‌های آماری مختلف پرداخته شد. نتایج ارزیابی نشان داد که دقت داده‌های بارش

ایستگاه‌های زمینی هستند، بنابراین به‌طور کلی دقت آن‌ها در نیمه غربی کشور (که تراکم ایستگاه‌های هواشناسی زیادتر است) بیشتر و در نواحی مرکزی پایین‌تر از سایر نقاط است. هر چند مقیاس مکانی هر دو پایگاه داده استفاده‌شده یکسان است، اما دقت داده‌های GPCP به‌مراتب بالاتر از داده‌های CRU است، به طوری که مقادیر همبستگی داده‌های GPCP در اکثر نقاط بیش از ۹۰ درصد است اما داده‌های CRU کمتر از ۸۰ درصد است. علاوه بر این حتی در نواحی ساحلی خزر و عمان که دقت داده‌های CRU بسیار پایین است و کمتر از ۵۰ درصد واریانس بارش توسط این شبکه تبیین می‌شود، داده‌های GPCP برآورد بسیار مناسبی را به‌ویژه برای سواحل جنوب کشور ارائه می‌دهند. این اختلاف می‌تواند ناشی از فرآیند تولید داده باشد. از آنجاکه CRU در انتخاب ایستگاه‌های خود، معیار کمتر از ۶ مورد ناقصی داده طی دوره پایه (۱۹۶۱-۲-۱۹۹۰) و انحراف معیار بارش کمتر از ۴ را در نظر می‌گیرد، بنابراین با توجه به کیفیت ایستگاه‌ها و بی‌نظمی زمانی و مکانی بارش در کشور تعدادی از آن‌ها کنار گذاشته می‌شود. همچنین، علاوه بر اینکه CRUTS3 داده‌های زمینی را از نظر همگنی مورد آزمون قرار نمی‌دهد، این مجموعه داده در واقع شبکه ناهنجاری داده‌های بارش است که مقادیر مطلق از طریق ترکیب این شبکه با داده‌های آب و هوایی دوره ۱۹۶۱-۱۹۹۰ استخراج می‌نماید. این در حالی است که درصد زیادی از ایستگاه‌های کشور تازه تأسیس هستند.

نتایج حاصل از ارزیابی فراسنجهای دمایی CRU در مقابل داده‌های ایستگاهی بیانگر دقت بسیار بالای داده‌های برآوردی این مرکز برای پهنه ایران است. با این حال دقت داده‌های مذکور در برخی نواحی به‌ویژه سواحل دریای خزر (همچون بارش این محصول) نسبت به سایر نواحی پایین‌تر است. یکی از دلایل این حالت ویژگی‌های

برای بیشتر قسمت‌های ایران دقت بسیار بالایی دارند. در نهایت بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان گفت از داده‌های بارش GPCC و مؤلفه‌های دمایی CRU برای مناطق فاقد آمار، مناطق با داده‌های گم‌شده و همچنین موارد نیاز به داده‌های طولانی مدت استفاده کرد. با توجه به طول دوره آماری مناسب، دقت مکانی بسیار خوب و نیز به‌روز بودن این داده‌ها می‌توان با اطمینان از این داده‌ها در کنار داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی برای مطالعات مختلف آب و هواشناسی، آب‌شناسی و مطالعات محیطی در مناطق مختلف کشور استفاده نمود.

منابع

1. Araghi, A. Mousavi Bayg, M. Adamowski, J. Malard, J. Nalley, D. and Hasheminia, S.M. 2015. Using wavelet transforms to estimate surface temperature trends and dominant periodicities in Iran based on gridded reanalysis data. *Atmospheric Research*. 155: 52–72.
2. Aziz, G. Safarrad, T. Mohamadi, H. Faraji sabokbar, H.A. 2016. Evaluation and comparison of reanalysis precipitation data for using in Iran, *Geographical Research*, 48(1):33-49. (In Persian)
3. Belda, M. Holtanova, E. Halenka, T. and Kalvova, J. 2014. Climate classification revisited: from Köppen to Trewartha, *Climate Research*. 59: 1-13.
4. Dinku, T. Connor, S.J. Ceccato, P. and Ropelewski, C.F. 2008. Comparison of global gridded precipitation products over a mountainous region of Africa. *International Journal of Climatology*. 28: 1627–1638.
5. Forsythe, N. Blenkinsop, S. and Fowler, H.J. 20015. Exploring objective climate classification for the Himalayan arc and adjacent regions using gridded data sources. *Earth System Dynamics*. 6(1): 311-326.
6. 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.
7. Giorgi, F. Bi, X. and Pal, J.S. 2004, Mean, interannual variability and trends in a regional climate change experiment over Europe I. Present-day climate (1961–1990), *Climate Dynamics*, 22: 733–756.
8. Hajihoseini, H. Hajihoseini, M. Najafi, A. Morid, S. and Delavar, M. 2014. Assessment of changes in hydro-meteorological variables upstream of Helmand Basin during the last century using CRU data and SWAT model, *Iran-Water Resources Research*, 10(3):38-52. (In Persian)
9. Harris, I. Jones, P. Osborn, T.J. and Lister, D.H. 2014. Updated high-resolution grids of monthly climatic

ماهانه CRU در سطح کشور مناسب است. بیشترین دقت و هماهنگی داده‌های بارش ماهانه این مرکز در نیمه غربی و در مقابل کمترین میزان دقت در نواحی ساحلی به‌ویژه سواحل شمالی کشور مشاهده می‌شود. زیرا مقدار ضریب تعیین در نواحی ساحلی برای داده‌های برآوردی بارش CRU به کمتر از ۰/۵ می‌رسد. همچنین مقادیر شاخص کارایی برای این نواحی نشان می‌دهد که CRU توانایی کافی در برآورد مقادیر مشابه با بارش ثبت‌شده در ایستگاه و همچنین رفتار زمانی این متغیر آب و هوایی ندارد. بررسی مقادیر شاخص اریب نیز نشان از کم برآوردی بارش در نواحی ساحلی دارد. در واقع دلیل مشابه نبودن مقادیر بارش CRU با مقادیر ایستگاهی در نواحی ساحلی شمال ایران، کم برآوردی آن توسط CRU می‌باشد. این شرایط بیانگر ناتوانی CRU در برآورد بارش‌های فرین برای ایران است. بیش برآوردی نیز برای برخی از مناطق همچون ایستگاه‌های خشک مرکزی مانند یزد، بم و همچنین ایستگاه‌های واقع در شمال غرب مانند تبریز و ارومیه نیز مشاهده می‌شود. در مقابل ارزیابی بارش برآوردی GPCC نشان داد که تطابق مکانی و زمانی بسیار زیادی بین داده‌های این مرکز با داده‌های ایستگاهی در سطح ایران وجود دارد. زیرا مقادیر ضریب تعیین برای بیش از ۸۸ درصد ایستگاه بیشتر از ۰/۸ است. همچنین مقادیر بالای شاخص توافق برای ۹۳ درصد از ایستگاه با مقدار بیش از ۰/۹ بیانگر شباهت بسیار زیاد مقادیر برآوردی GPCC با مقادیر ثبت‌شده در ایستگاه‌های هم‌مدیدی می‌باشد. از طرف دیگر مقادیر پایین شاخص اریب نیز نشان‌دهنده کم برآوردی و بیش برآوردی بسیار ناچیز GPCC است. مقادیر شاخص شیب نیز بیانگر فاصله کم داده‌های برآوردی از خط رگرسیون (۱:۱) است، که این شرایط نشان‌دهنده خطای ناچیز و قابل اصلاح برای مقدار صحیح بارش در نقاط موردنظر است. ارزیابی مؤلفه‌های دمایی CRU نشان داد هرچند داده‌های بارش این مرکز برای تمامی سطح ایران از دقت مناسب برخوردار نیست، اما فراسنجهای دمایی این مرکز در قسمت‌های مختلف ایران از دقت بسیار بالایی برخوردارند. به‌طوری‌که مقادیر شاخص ضریب تعیین برای هر سه مؤلفه دمایی برای تمامی ایستگاه بیش از ۰/۹ است. این مقدار ضریب تعیین نشان می‌دهد، که بیش از ۹۰ درصد واریانس موجود در داده‌های مؤلفه‌های دمایی این ایستگاه‌ها به‌وسیله داده‌های CRU توصیف می‌شود. همچنین مقادیر شاخص توافق نیز بیانگر برآورد مؤلفه‌های دمایی CRU با شباهت زیاد به داده‌های ثبت‌شده در ایستگاه‌های هم‌مدیدی است. از طرف دیگر مقادیر شاخص اریب برای این فراسنجه‌ها نشان داد هرچند در برخی مناطق کشور به‌صورت موردی بیش برآوردی و کم برآوردی بیش از ± 3 درجه سلسیوس مشاهده می‌شود، اما در حالت کلی در اکثر نقاط ایران کم برآوردی و بیش برآوردی بسیار ناچیز است. این شرایط به همراه نتایج سایر شاخص‌ها بیانگر دقت بسیار مناسب داده‌های برآوردی دمایی CRU در سطح ایران است. به‌طورکلی می‌توان گفت هرچند در حالت کلی هر دو پایگاه داده مورد استفاده از دقت مناسبی در سطح ایران برخوردارند، اما داده‌های برآوردی مرکز GPCC به‌مراتب از دقت و اعتبار بیشتری نسبت به بارش برآوردی CRU برای پهنه ایران برخوردارند. این در حالی است که مؤلفه‌های دمایی برآوردی CRU

Twentieth-Century Space–Time Climate Variability. Part II: Development of 1901–96 Monthly Grids of Terrestrial Surface Climate, *Journal of Climate*. 13: 2217- 2238.

21. Peel, M. C. Finlayson, B.L. and McMahon, A. 2007. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification, *Hydrology and Earth System Sciences*.11:1633-1644.

22. Pereira, M. Dutra, E.Viterbo, P. 2011, Evaluation of global precipitation data sets over the Iberian Peninsula, *Journal of Geophysical Research*.116: 1-16.

23. Pepin, N.C. Losleben, M. and Hartman, M. 2005. A Comparison of SNOTEL and GHCN/CRU Surface Temperatures with Free-Air Temperatures at High Elevations in the Western United States: Data Compatibility and Trends, *Journal of Climate*. 18: 1967-1985.

24. Quaye-Ballard, J.A. An, R. Ruan, R. Adjei, K.A. and Akorful-Andam, S. 2013. Validation of Climate Research Unit High Resolution Time-Series Rainfall Data over Three Source Region: Results of 52 Years. *Advanced Materials Research*. 26(73): 3542-3546.

25. Raziei, T. Bordi, I. and Pereira, L.S. 2011, An application of GPCC and NCEP/NCAR datasets for drought variability analysis in Iran. *Water resource management*. 25:1075–1086.

26. Raziei, T. Daryabari, J. Bordi, I. Modarres, R. and Pereira, L.S. 2014. Spatial patterns and temporal trends of daily precipitation indices in Iran. *Climate Change*. DOI 10.1007/s10584-014-1096-1.

27. Schoetter, R. Hoffmann, P. Rechid, D. and Schlunzen, K.H. 2012. Evaluation and Bias Correction of Regional Climate Model Results Using Model Evaluation Measures. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 51: 1670- 1684.

28. Tianobao, ZH. And Congbin, F. 2006. Comparison of products from ERA-40, NCEP-2 and CRU with satellite data for summer precipitation over China, *Advances in Atmospheric Science*. 23(4): 593-604.

29. Vu, M.T. Raghavan, S.V. and Liang, S.Y. 2012. SWAT use of gridded observations for simulating runoff Vietnam river basin study, *Hydrology and Earth System Sciences*.16:2801–2811.

30. Weedon, G.P. Gomes, S. Viterbo, P. Shuttleworth, W.J. Blyth, E. 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. *Journal of Hydrometeorology*. 12: 823- 848.

observations – the CRU TS3.10 Dataset, *International Journal of Climatology*. 34: 623- 642.

10. Haylock, M.R. Hofstra, N. Klein Tank, A.M. Klok, E.J. Jones, P.D. and New, M. 2008, A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950–2006, *Journal of Geophysical Research*, 113: 1-12.

11. Kottke, M. Grieser, J. Beck, C. Rudolf, B. and Rubel, F. 2006. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated, *Meteorologische Zeitschrift*.15 (3):259-263.

12. Lauri, H. Rasanen, T.A. and Kummu, M. 2014, Using Reanalysis and Remotely Sensed Temperature and Precipitation Data for Hydrological Modeling in Monsoon Climate: Mekong River Case Study, *Journal of Hydrometeorology*, Vol. 15, pp.1532- 1545.

13. Manzanas, R. Amekudzi, L.K. Preko, K. Herrera, S. and Gutierrez, J.M. 2014. Precipitation variability and trends in Ghana: An intercomparison of observational and reanalysis products. *Climatic Change*. 124: 805–819.

14. McMahon, T.A. Peel, M.C. and Karoly, D.J. 2015. Assessment of precipitation and temperature data from CMIP3 global climate models for hydrologic simulation. *Hydrology and Earth System Sciences*. 19: 361-377.

15. Miri, M. Raziei, T. Rahimi, M. 2016, Evaluation and statistically comparison of TRMM and GPCC datasets with observed precipitation in Iran, *Journal of Earth and Space Physics*, Published online. (In Persian)

16. Mitchell, T. and Jones, P. 2005. An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. *International Journal of Climatology*. 25: 693–712.

17. Morice, C.P. Kennedy, J.J. Rayner, N.A. and Jones, P. 2012. Quantifying uncertainties in global and regional temperature change using an ensemble of observational estimates: The HadCRUT4 data set. *Journal of Geophysical Research*. 117: 1-22.

18. Munoz, E. Alvarez, C. Billib, M. Arumi, J. and Rivera, D. 2011. Comparison of Gridded and Measured Rainfall Data for Basin-scale Hydrological Studies. *Chilean journal of agricultural research*. 71(3):459-468.

19. New, M. Hulme, M. and Jones, P. 1999. Representing Twentieth-Century Space–Time Climate Variability. Part I: Development of a 1961–90 Mean Monthly Terrestrial Climatology. *Journal of Climate*. 12: 829-856.

20. New, M. Hulme, M. and Jones, P. 2000. Representing

*Abstract***Evaluation Statistically of Temperature and Precipitation Datasets with Observed Data in Iran**M. Miri¹, G. Azizi², F. Khoshakhlagh³ and M. Rahimi⁴

Received: 2016/01/26 Accepted: 2016/11/19

This study aimed to present Climatic Research Unit (CRU) data and assess the accuracy of this data with the latest GPCC updates against the synoptic stations data during 2014-1985. For this purpose, monthly precipitation from GPCC Full Data Version 7, monthly precipitation and temperature from CRU TS3.23 with 0.5×0.5 degree spatial resolution, monthly total precipitation, and average of minimum, maximum and mean daily temperature of 88 synoptic stations with proper distribution in Iran were gathered and analyzed. To assess the databases that mentioned R square, RMSE, IA, Bias, slope of the regression and EF indicators was used. Statistical comparisons revealed that, although accuracy of CRU precipitation data in Iran, especially in the western half of country, is well, but in some regions, especially coastal areas, is less reliable. Because the R square in these areas is less than 0.5, while the accuracy of GPCC data in all areas of Iran even coastal stations is very high. So, the amount of its precipitation in different regions of Iran is very close to the amount of precipitation recorded in the synoptic stations. Temperature components (average, minimum and maximum) assessment shows that although CRU amounts in the Caspian coastal area have more deviation than other areas, but, more than 95% of the observed data variance across the country explained by CRU and most of the CRU data distributed around the regression line. This term represents very high accuracy and reliability of CRU gridded temperature data in Iran. Based on the results of this study suggested that in the regions with no data, GPCC precipitation data and CRU temperature data to be used.

Keywords: *Statistical indicators, Iran, Databases, CRU, GPCC.*

1. PhD Climatology, Corresponding author, Email: mmiri@ut.ac.ir.
2. Associate professor in University of Tehran.
3. Assistant professor in University of Tehran.
4. MPhD. Student in University of Tehran.