

تهیه داده‌های تلفیقی بارش ماهانه برای حوضه‌های آبریز جنوب غرب کشور با بکارگیری داده‌های شبکه‌ای APHRODITE و مشاهداتی

ایمان بابائیان^{۱*} - مریم کریمیان^۲ - حامد عاشوری^۳ - راهله مدیریان^۲ - لیلی خزانه داری^۴ - شراره ملبوسی^۲ - منصوره کوهی^۵ -

آزاده محمدیان^۴ - ابراهیم فتاحی^۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰

چکیده

حوضه های آبریز جنوب غرب کشور شامل کرخه، کارون بزرگ، جراحی و زهره سهم چشمگیری در تامین منابع آبی مورد نیاز بخش های کشاورزی، شرب، صنعت و نیروگاههای برقابی منطقه و برخی استان های واقع در شرق زاگرس دارند. وجود داده های پایه ماهانه بارش با تراکم مناسب از نیازهای اساسی برای مدیریت منابع آبی منطقه از قبیل تصمیم گیری در مورد زمان مناسب آبیگری و تخلیه سدها، واسنجی و پس پردازش برون داد مدل های پیش بینی ماهانه بارش و پیش آگاهی خشکسالی می باشد. بررسی تعداد ایستگاههای سنجش بارش تحت پوشش وزارت نیرو و سازمان هواشناسی کشور نشان می دهد که حدود ۳۴ درصد از منطقه فاقد تراکم مناسب از ایستگاههای اندازه گیری بارش می باشد. برای پر کردن خلاء های آماری از داده های بازکاوی افروودیت که توسط سازمان هواشناسی ژاپن و با همکاری اتحادیه هواشناسی آسیا در تامین داده های بارش کشورهای آسیایی تهیه شده است، استفاده گردید. داده های شبکه ای افروودیت در دو تفکیک مکانی 0.5×0.5 درجه و 0.25×0.25 درجه در دسترس هستند. بدین منظور در ابتدا صحت داده های بارش افروودیت با داده های دیدبانی بررسی گردید. پس از حصول اطمینان از کارایی داده های افروودیت و اعمال تصحیحات مربوطه، داده ها مذکور جایگزین داده های دیدبانی مخدوش یا شبکه های فاقد داده شدند. به دلیل عدم به روزرسانی داده های APHRODITE بر روی غرب آسیا، دوره مطالعاتی محدود به دوره ۲۰۰۷-۱۹۸۷ میلادی گردید. بررسی ها نشان داد، داده های تلفیقی دیدبانی-افروودیت بدست آمده به خوبی قادر به نمایش الگوهای بارش حوضه های آبریز جنوب غرب کشور به ویژه در ماههای سرد و پر بارش می باشد.

واژه‌های کلیدی: اریبی، بارش شبکه ای، پس پردازش، پیش بینی ماهانه، کارون بزرگ

مقدمه

حوضه های آبریز غرب کشور شامل کرخه، کارون بزرگ، جراحی

و زهره به دلیل نقش حیاتی و اهمیت زیاد آن ها در تامین منابع آبی استانهای غرب، جنوب غرب و حتی برخی استان های مرکزی کشور دارای اهمیت بسیاری می باشند. داشتن اطلاعات پایه از توزیع مکانی-زمانی بارش در این حوضه موجب مدیریت دانش پایه این بخش از منابع آبی کشور می گردد. امروزه، دسترسی به بانک اطلاعات پایه دقیق از بارش و همچنین سایر متغیرهای هواشناسی، از ابزارهای اصلی پس پردازش و واسنجی مدل های دینامیکی پیش بینی بارش و رواناب می باشد. براساس استاندارد سازمان هواشناسی جهانی، حداقل ۳۰ سال داده های هواشناسی برای مطالعات اقلیمی لازم است (۶). براساس ارزیابی برنامه تحقیقات اقلیم جهانی^۷ سازمان هواشناسی جهانی، بهبود و تکمیل داده های شبکه ای بارش جهانی از مهمترین چالش های جامعه علمی است (۸). اگرچه بارانسنج ها بارش رسیده به سطح زمین را اندازه گیری می کنند اما به دلیل تراکم

- ۱- استادیار، گروه پژوهشی تغییر اقلیم، پژوهشکده اقلیم شناسی، سازمان هواشناسی کشور، مشهد
(*) نویسنده مسئول: Email: ibabaeian@yahoo.com
- ۲- کارشناس ارشد پژوهشی، گروه پژوهشی تغییر اقلیم، پژوهشکده اقلیم شناسی، سازمان هواشناسی کشور، مشهد
- ۳- استاد هیدرولوژی، مرکز هیدرومتئورولوژی و سنجش از دور، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه کالیفرنیا-اروین
- ۴- کارشناس ارشد پژوهشی، گروه پژوهشی اقلیم شناسی بلایای جوی اقلیمی، پژوهشکده اقلیم شناسی، سازمان هواشناسی کشور، مشهد
- ۵- کارشناس ارشد پژوهشی، گروه پژوهشی اقلیم شناسی کاربردی، پژوهشکده اقلیم شناسی، سازمان هواشناسی کشور، مشهد
- ۶- دانشیار، پژوهشکده هواشناسی، سازمان هواشناسی کشور، تهران

7- World Climate Research Program .

اینگونه می باشد که در ابتدا برای برآورد شدت بارش از دمای روشنائی مادون قرمز ماهواره های زمینگرد استفاده می شود، سپس مقادیر بدست آمده با استفاده از اندازه گیری های سنجنده ریزموج غیر فعال از ماهواره مدار پایین تصحیح و ارتقاء می یابند. تفکیک مکانی و زمانی این داده ها به ترتیب 0.25×0.25 و نیم ساعته می باشد و از سال ۲۰۰۰ در دسترس هستند. براساس توضیحات پیش گفته شده، ملاحظه می شود که تهیه داده های ماهواره-پایه بارش با تفکیک مکانی بالا نیازمند دیدبانی از طریق سنجنده ریزموج غیر فعال است، از آنجا که تعداد سنجنده های یادشده قبل از سال ۱۹۹۷ حدود یک یا دو مورد بیشتر نبودند، لذا تهیه چنین داده هایی با تفکیک مکانی حدود 0.25×0.25 و تفکیک زمانی یک روزه برای دوره قبل از سال ۱۹۹۷ عملاً غیرممکن است. در بین داده های بارش برآوردی ماهواره-پایه با تفکیک بالا، الگوریتم PERSIANN به دلیل استفاده از اطلاعات مادون قرمز که سابقه داده های آن به قبل از سال ۱۹۹۷ برمی گردد، بهترین سیستم برای برآورد بارش های تاریخی در طول سه دهه گذشته می باشد. برای تولید داده های مذکور، ابتدا مدل PERSIANN با بکارگیری داده های بارش ساعتی NCEP به روش شبکه عصبی آموزش داده می شود، سپس با حفظ پارامترهای مرحله آموزش، مدل برای کل دوره ای که داده های مادون قرمز در دسترس هستند، اجرا می شود. آرشو داده های مادون قرمز جهانی از طریق پروژه بین المللی اقلیم شناسی ماهواره های ابر^{۱۰} در دسترس است. با حفظ الگوهای مکانی-زمانی بارش PERSIANN، ارزیابی آنها توسط داده های بارش ماهانه پروژه اقلیم شناسی بارش جهانی^{۱۱} حذف می شود. داده های حاصل PERSIANN-CDR نامیده می شوند (۴). در سال ۲۰۰۶ پروژه افروودیت با هدف ایجاد سری داده های بارش روزانه در سلول های ی با قدرت تفکیک بالا برای سراسر آسیا اجرا شد (۲۶). افروودیت^{۱۲} یک برنامه همکاری بین المللی برای جمع آوری و تجزیه و تحلیل داده های دیدبانی بارانسنجی از هزاران ایستگاه قاره آسیا، علاوه بر داده های بارش موجود در سیستم جهانی تبادل داده های هواشناسی سازمان هواشناسی جهانی^{۱۳}، می باشد که منجر به ایجاد سری داده های بارش روزانه برای ۵۷ سال می شود. برای اجرای این پروژه ها، اکثر کشورهای آسیایی داده های خود را به اشتراک گذاشتند. از این رو، در بسیاری از موارد، دسترسی به داده ها توسط پروژه افروودیت امکان پذیر است. داده های به کار رفته پروژه افروودیت شامل: الف- داده های مبتنی موجود در سیستم تبادل جهانی^{۱۴}، ب- داده های از پیش تهیه شده توسط سایر پروژه ها یا سازمان ها و ج-

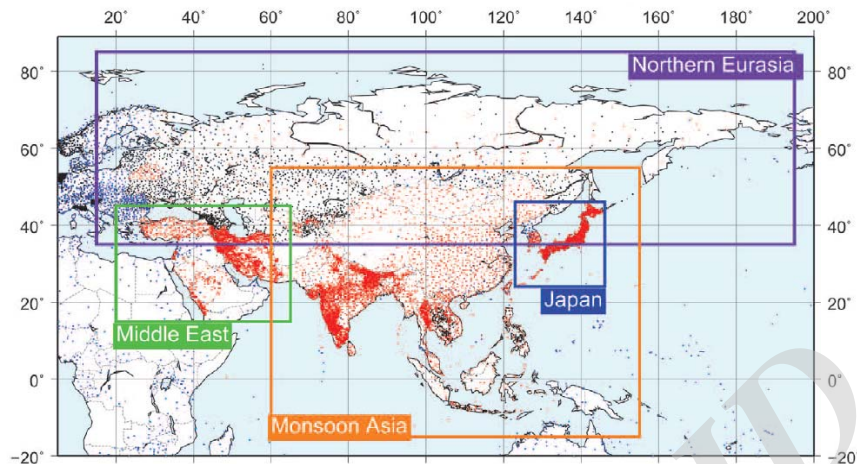
کم، امکان ایجاد مجموعه داده های بارش با تفکیک مکانی بالا با استفاده از داده های آنها وجود ندارد. رادار و ماهواره دو منبع دیگر برای تهیه سری داده های بارش با تفکیک بالا در مقیاس جهانی هستند که در این بین داده های رادار مهمترین منبع برای برآورد بارش می باشند، اما داده های رادار همه جا در دسترس نبوده و اشعه آنها در توپوگرافی های پیچیده توسط عوارض زمینی سد می شوند (۱۶، ۱۷ و ۲۳). توسعه سری داده های ماهواره-پایه از پژوهش های نوظهور طی سه دهه گذشته می باشد. از سال ۱۹۹۷، سنجنده TRMM^۱ توانایی ثبت بارش در منطقه حاره را افزایش داده است (۱۴). سنجنده GPM^۲ که در ۲۷ فوریه ۲۰۱۴ پرتاب شد، ماموریت تلفیق دیدبانی ها از سنسورهای چندگانه میکروویو نصب شده بر روی ماهواره های مدار پایین^۳ را برای اندازه گیری توزیع جهانی بارش در بازه های زمانی ۳ ساعته به عهده دارد (۸ و ۹). پروژه اقلیم شناسی بارش جهانی^۴ (۲ و ۱۱) و مرکز پیش بینی اقلیمی^۵، آنالیز داده های بارش با طول دوره بلندمدت را با هم تلفیق نموده و داده های تلفیقی بارش مورد نیاز مرکز پیش بینی اقلیمی را ایجاد می کنند (۲۴). مجموعه داده های بارش CMORPH^۶ که در مطالعات اخیر به وفور و فور به آن استناد می شود، از تلفیق داده های بارش برآورد شده از سنجنده های ریز موج غیرفعال ماهواره های مدار پایین و اندازه گیری های حاصل از ماهواره های زمینگرد^۷ بدست آمده اند (۱۲). تفکیک مکانی این داده ها حدود 0.7×0.7 درجه یا 8×8 کیلومتر مربع و تفکیک زمانی آنها نیم ساعته می باشد که از سال ۲۰۰۲ تاکنون در دسترس هستند. داده های بارش CMORPH محدوده ۶۰ درجه جنوبی تا ۶۰ درجه شمالی را پوشش می دهند (۴). نمونه دیگری از داده هایی که با الگوریتم مشابه تهیه می شوند، PERSIANN^۸ هستند که تفکیک مکانی و زمانی آن به ترتیب نیم ساعته و 0.25×0.25 درجه بوده و از سال ۲۰۰۰ تاکنون در دسترس می باشند و منطقه تحت پوشش آن ۶۰ درجه جنوبی تا ۶۰ درجه شمالی است. مجموعه داده های TMPA^۹ نیز از الگوریتم مشابهی در تهیه داده های بارش استفاده می کند که تفکیک زمانی آن سه ساعته و تفکیک مکانی آن 0.25×0.25 درجه است و از سال ۱۹۹۸ تاکنون در دسترس می باشند و محدوده پوشش آن نیز ۵۰ درجه جنوبی تا ۵۰ درجه شمالی است. فرایند تهیه داده های بارش PERSIANN به

- 1- Tropical Rainfall Measuring Mission
- 2- Global Precipitation Measurement
- 3- Low Earth Orbit Satellite
- 4- Global Precipitation Climatology Project
- 5- Climate Prediction Center
- 6- CPC Morphing Technique
- 7- Geosynchronous Satellite
- 8- Precipitation Estimation from Remote Sensing Information using Artificial Neural Network
- 9- TRMM Multi-satellite Precipitation Analysis

- 10- International Satellite Cloud Climatology Project
- 11- Global Precipitation Climatology Project
- 12- Asian Precipitation- Highly-Resolved Observational Data Integration Towards Evaluation (APHRODITE)
- 13- World Meteorology Organization
14. Global Telecommunication System

کلی پروژه افروودیت داده های قابل دسترسی را برای برآورد بارش در سراسر آسیا تهیه می کند.

سری داده های حاصل از افروودیت می باشد. در شکل ۱ توزیع داده های جمع آوری شده در این پروژه نشان داده شده است. بطور



شکل ۱- توزیع بارانسنج های به کار رفته در افروودیت برای مناطق مونسون آسیا، خاور میانه و شمال اوراسیا، و در نسخه V1005 برای ژاپن. ایستگاه های شبکه سیستم تبادل جهانی (نقاط آبی)، داده های از پیش تهیه شده (نقاط سیاه) و داده های جمع آوری شده از ایستگاه های منفرد در افروودیت (نقاط قرمز).

Figure 1- The dominate and rain gauge distributions used in APHRODITE VII01 for monsoon Asia(MA), the Middle East(ME), and northern Eurasia [i.e., Russia (RU)], and in VI005 for Japan(JP). Stations derived from the GTS network (blue dots), those from the precompiled dataset (black dots), and those in APHRODITE's individual data collection (red dots).

تفکیک بالا (۰/۰۵×۰/۰۵ درجه) تحت عنوان پروژه APHRO_JP بر روی ژاپن به عنوان بخشی از پروژه افروودیت ایجاد شد. آدام و لنتمیر (۱) سری داده های جهانی را برای اصلاح این برآورد کم، تولید کردند. نتایج آنها، افزایش بارش سالانه جهانی را حدود ۱۱/۷ درصد نشان داد. اوتسامی و همکاران (۲۱) تجزیه و تحلیل هایی مبتنی بر بارش روزانه حاصل از بارانسنج ها را در سراسر ژاپن انجام دادند. آنها نشان دادند که بارش سالانه بر روی ژاپن تقریباً ۱۰ درصد بیشتر از تصور رایج است. نصرآبادی و همکارانش (۱۹)، در تحقیقی داده های سری زمانی بارش شبکه بندی شده افروودیت و پایگاه داده اسفرازی^۳ را بر روی ایران مقایسه کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که مقدار سری زمانی بارش تخمین زده شده ماهانه، فصلی و سالانه در افروودیت از داده های اسفرازی کوچکتر است.

با توجه به نقش مهم حوضه های آبریز جنوب غرب کشور در تامین آب بخش های کشاورزی، شرب و صنعت استان های واقع در حوضه یادشده، هدف از این تحقیق ایجاد داده های شبکه ای بارش برای حوضه های آبریز کرخه، کارون بزرگ، جراحی و زهره در مقیاس ماهانه می باشد تا بتوان از آن در مطالعات هیدرواقليمی مانند پس پردازش برون داد مدل های دینامیکی پیش بینی ماهانه بارش، پیش آگاهی خشکسالی و برآورد رواناب ماهانه در راستای مدیریت

در تحقیقی راسا و همکاران (۲۰) داده های افروودیت را توسط موسسه تحقیقات علوم انسانی و طبیعت^۱ و موسسه تحقیقات هواشناسی ژاپن^۲، برای مناطق مرطوب و نیمه مرطوب پاکستان با قدرت تفکیک ۰/۵ × ۰/۵ درجه به صورت دهه ای توسعه دادند. نتایج نشان داد که داده های افروودیت برای اکثر ایستگاه ها در ماه های همراه با بارش سنگین، داده های دیدبانی شده را کم برآورد می کند. در مطالعه دیگری تاکاشیما و همکاران (۲۱) توازن هیدرولوژیکی را بر روی اوراسیای شمالی با استفاده از داده های بارش روزانه شبکه بارانسنجی با قدرت تفکیک بالا بررسی کردند. یاسوتامی و همکاران (۲۲) سری داده های روزانه دمای شبکه بندی شده بلندمدت را تولید و آن را برای تفکیک بارندگی- برف در بارش های روزانه مورد مطالعه قرار دادند. آنها سری داده های روزانه میانگین دمای مونسون شبکه بندی شده را در آسیا (۱۵°S-۵۵°N, ۶۰°E-۱۵۵°E) برای دوره ۱۹۷۳-۲۰۰۷، با شبکه ۰/۵×۰/۵ درجه ایجاد کردند. کامی گاچی و همکاران (۱۲) پروژه افروودیت را برای دستیابی به داده های بارش روزانه ژاپن با قدرت تفکیک بالا برای بیش از ۱۰۰ سال توسعه دادند. در این مطالعه داده های تاریخی (۱۹۰۰-۲۰۰۰) بارش روزانه با قدرت

3- Asfazari

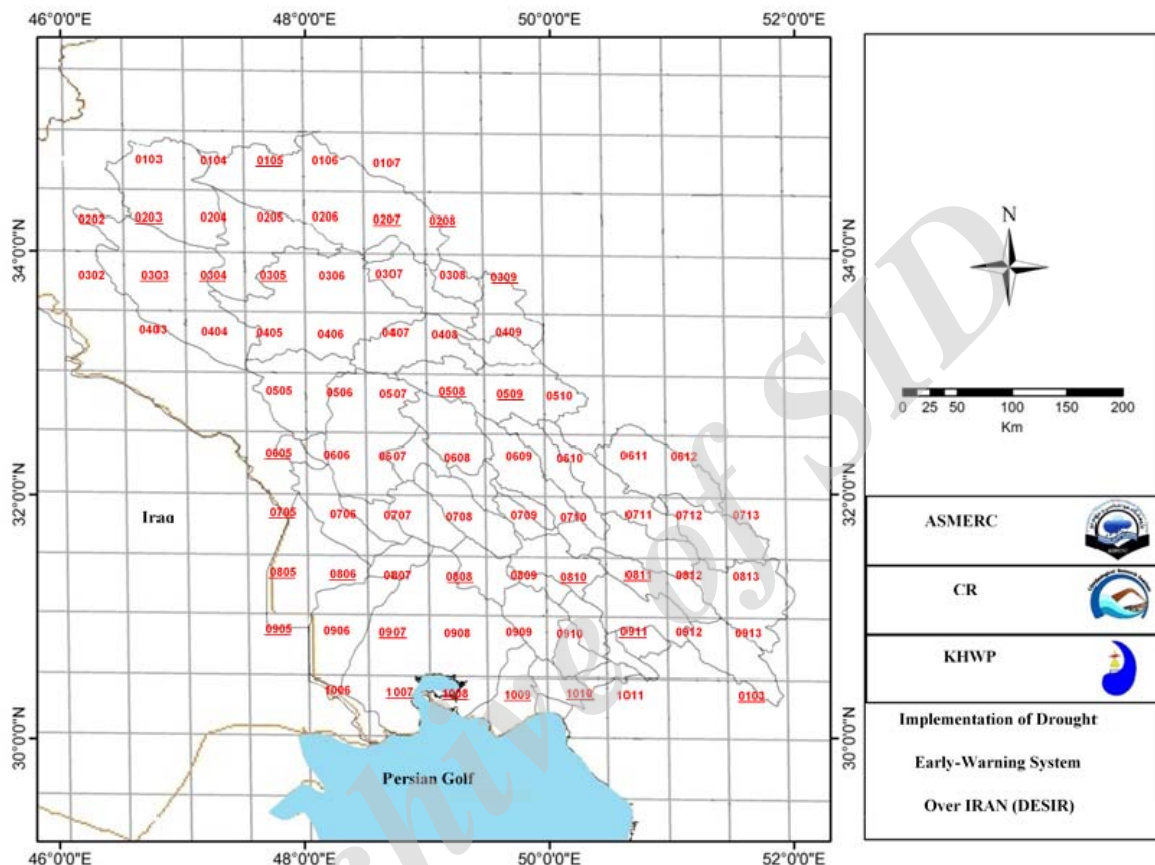
1- Research Institute for Humanity and Nature
2- Meteorological Research Institute/ Japan Meteorological Agency

منابع آب منطقه استفاده نمود.

کارون بزرگ، جراحی و زهره است که تمام یا بخشی از استانهای خوزستان، کرمانشاه، ایلام، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه، اصفهان، همدان، فارس و لرستان را پوشش می دهد. در شکل ۲ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق حوضه های آبریز کرخه،



شکل ۲- موقعیت حوضه های آبریز منطقه مورد مطالعه و سلول های منظم 0.5×0.5 درجه داده های بارش افرو دیت (سلول های دارای خلاء آماری با خط در زیر آن مشخص شده اند)

Figure 2- Location of basins under study and overlying regular gridded network 0.5×0.5 degrees APHRODITE precipitation data (grids with missed data are underlined)

به طور کلی در این محدوده تعداد ۱۳۵ ایستگاه سینوپتیک، اقلیم شناسی، تبخیرسنجی و بارانسنجی تحت پوشش سازمان هواشناسی کشور یا وزارت نیرو وجود دارد که داده های بارش در مقیاس ماهانه از این ایستگاهها در دوره ۱۹۸۷-۲۰۰۷ دریافت گردید. محدوده ذکر شده با ۷۵ سلول با ابعاد 0.5×0.5 درجه پوشش داده شده که برای هر یک از این شبکه ها بارش ماهانه توسط پروژه افرو دیت تهیه شده است. افرو دیت پروژه ای منطقه ای می باشد که با همکاری اتحادیه هواشناسی آسیا و موسسه پژوهشی علوم انسانی و طبیعی ژاپن اجرا شده است. داده های افرو دیت از لینک

قابل دانلود می باشند. هدف این پروژه تهیه داده های روزانه بارش با دو تفکیک مکانی 0.5×0.5 و 0.25×0.25 درجه برای مطالعات هواشناسی و هیدرولوژی می باشد. تراکم ایستگاههای مورد استفاده در این پروژه تا ۴.۵ برابر ایستگاههای موجود در شبکه بین المللی تبادل داده های سازمان جهانی هواشناسی می باشد (۱۳). در منطقه مورد مطالعه حدود ۳۴ درصد از سلول های یاد شده هیچ گونه ایستگاه اندازه گیری بارش از وزارت نیرو یا سازمان هواشناسی کشور وجود نداشته یا داده های آنها مخدوش می باشند. در شکل ۲، سلول های یاد شده به صورت

شبکه ای افرویدیت و داده های دیدبانی میانگین گیری شده بر روی سلول های با تفکیک پذیری مشابه (هر دو 0.5×0.5 درجه)، آورده شده است. کمترین اریبی به مقدار $1/2+$ (اریبی مثبت یعنی بارش افرویدیت بیش از بارش مشاهداتی می باشد) میلیمتر در فصل تابستان و بیشترین اریبی در فصل زمستان به مقدار $40/9$ میلیمتر رخ داده است. همانطور که ملاحظه می شود در فصول پربارش داده های بارش افرویدیت دارای اریبی بیشتری نسبت به فصول کم بارش هستند. در تمام فصول همبستگی بین داده های بارش افرویدیت با داده های دیدبانی در حد بالا و بین $0/87$ در تابستان تا $0/99$ در پاییز بوده و تمامی مقادیر همبستگی در سطح 0.05 معنی دار و قابل قبول هستند که نشان می دهند این دو سری داده دارای نوسانات هماهنگی با یکدیگر می باشند، لذا با حفظ نوسان پذیری ماهانه، امکان کاهش اریبی بر روی حوضه وجود دارد.

جدول ۱- اریبی و همبستگی بین سری داده های فصلی بارش افرویدیت و دیدبانی بر روی سلول های یکسان

Table 1- Bias and correlation between APHRIDITE seasonal precipitation and area-averaged observation data

پاییز Autumn	تابستان Summer	بهار Spring	زمستان Winter	
-11.2	1.2	-25	-40.9	اریبی (م) Bias
0.99	0.87	0.97	0.94	همبستگی Correlation

بر اساس شکل ۳، بیشترین همبستگی مکانی بارش با میانگین حدود $0/8$ در فصل پاییز دیده می شود. مقدار همبستگی در فصول بهار و زمستان حدود $0/7$ است، اما در فصل تابستان کمتر از $0/5$ می باشد که نشان دهنده ضعف نسبی داده های افرویدیت در شبیه سازی بارش تابستان (در مقایسه با سایر فصول) می باشد. در تحقیقی مشابه و با هدف مقایسه توانایی داده های شبکه ای بارش PERSIANN بر روی ایران، غضنفری و همکاران (۷) نشان دادند که PERSIANN توانایی ضعیفی در شبیه سازی بارش فصول را دارد (۷)

بررسی سری زمانی ماهانه داده های میانگین شبکه ای دیدبانی و افرویدیت برای فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان در شکل ۴ نشان داده شده است. ملاحظه می شود که در فصل پاییز بیشترین تطابق بین داده های دیدبانی و افرویدیت وجود دارد.

مقیاس ماهانه

سری زمانی ماهانه بارش دیدبانی شده شبکه ای^۲ و افرویدیت در شکل ۵ نشان داده شده است. در این شکل مقادیر سلول های فاقد داده دیدبانی حذف شده اند. ملاحظه می شود که تطابق بسیار خوبی

خط تیره در زیر شماره آنها از سایر سلول ها تفکیک شده اند. با توجه به محدودیت دوره داده های افرویدیت (۲۰۰۷-۱۹۸۷)، طول دوره آماری همه ایستگاههای مورد مطالعه ۱۹۸۷-۲۰۰۷ میلادی انتخاب شد. گام اولیه در استفاده از داده های افرویدیت، راستی آزمایی و تطابق آنها با داده های دیدبانی مناطق دارای ایستگاه بارانسنجی (سازمان هواشناسی و وزارت نیرو) می باشد. از آنجا که سری داده های بارش افرویدیت در سلول های 0.5×0.5 در دسترس هستند، لذا برای یکسان سازی و امکان مقایسه داده های دیدبانی حوضه مورد مطالعه با داده های افرویدیت، داده های دیدبانی حوضه نیز به صورت میانگین های 0.5×0.5 (حدود 50 در 50 کیلومتر) درجه تنظیم شدند، به اینصورت که میانگین بارش ایستگاههای موجود در یک سلول به عنوان نماینده بارش سلول مورد نظر لحاظ گردید تعداد ایستگاههای موجود در هر سلول بین صفر تا هفت ایستگاه در تغییر است. در برخی شبکه ها نیز علیرغم وجود ایستگاه هواشناسی، داده های مفقوده زیاد بوده و یا طول دوره آماری نامناسب می باشد. این دسته از سلول های حوضه که فاقد داده های دیدبانی هستند، با استفاده از داده های افرویدیت و با لحاظ اریبی (انحراف بارش افرویدیت از مقدار مشاهداتی) ماهانه آنها در مقایسه با داده های دیدبانی تصحیح و جایگزین خلاء های آماری موجود شدند. در مجموع از تعداد ۷۵ سلول در شبکه بندی 0.5×0.5 درجه که کل حوضه های آبریز غرب کشور را پوشش می دهند، تعداد ۲۶ مورد آن فاقد ایستگاه سنجش بارش و یا محدودش بودند که حدود ۳۴ درصد کل سلول های موجود در فرآیند پس پردازش بارش را تشکیل می دهند. با توجه به سهم قابل توجه سلول های فاقد آمار بارش، لزوم استفاده از داده های تلفیقی در این تعداد از ایستگاهها کاملاً محسوس است. خلاء های آماری در سلول های فاقد داده با داده های تلفیقی دیدبانی- افرویدیت پر شدند، به اینصورت که در ابتدا میزان همخوانی این داده ها با مقادیر دیدبانی مورد بررسی قرار گرفت و پس از حصول اطمینان از کارایی داده های افرویدیت و اعمال تصحیحات ماهانه مربوطه، جایگزین داده های دیدبانی در سلول های فاقد داده گردیدند و هیچ گونه تغییری در شبکه های دارای داده های دیدبانی، اعمال نشد. برای بررسی کارایی سری داده های بارش افرویدیت، از شاخص های اریبی^۱ (تفاوت بین داده های اندازه گیری شده زمینی با داده های افرویدیت)، ضریب همبستگی و ضریب کارایی طبقه ای بارش استفاده شد (۱۸ و ۵).

نتایج و بحث

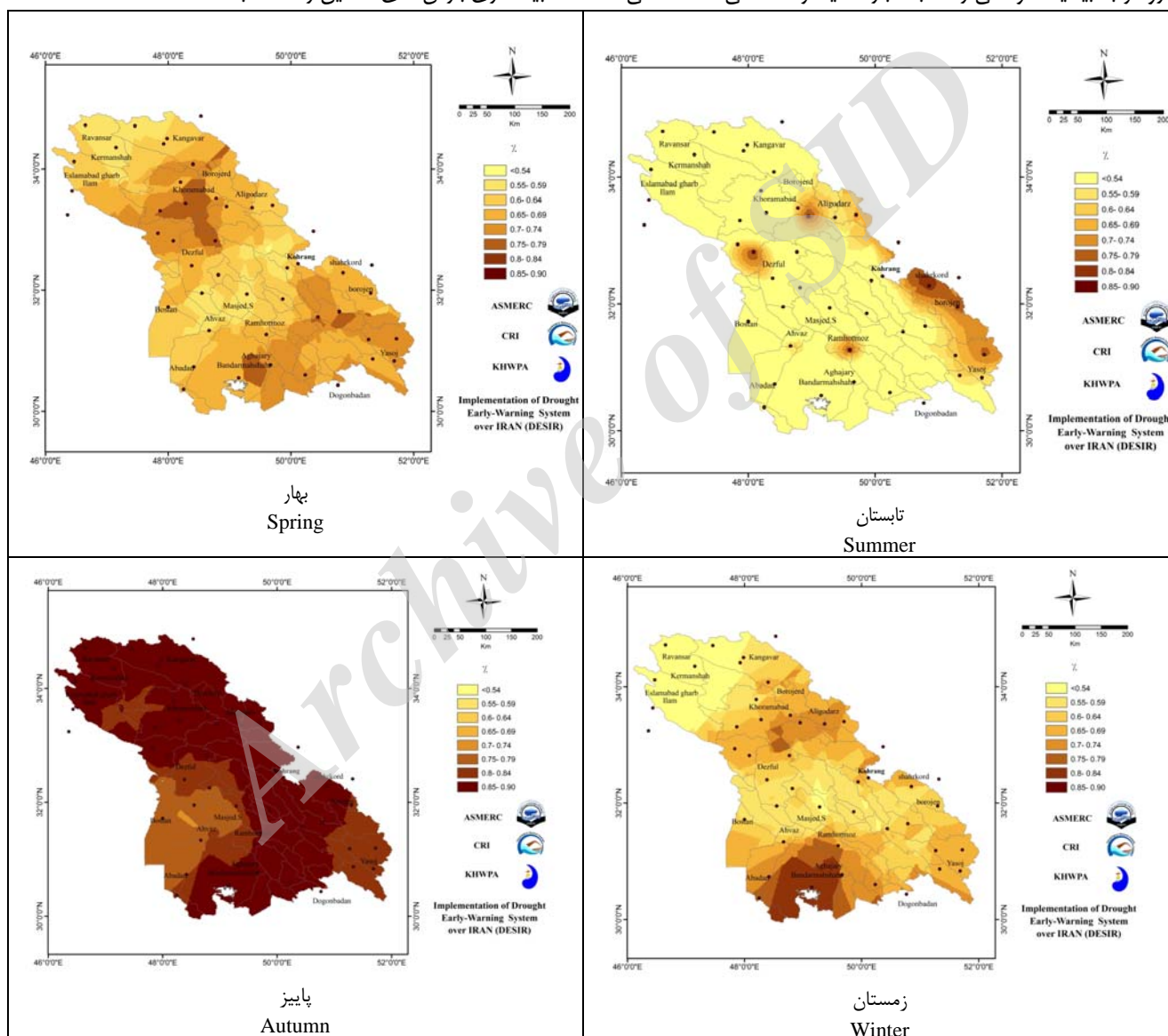
مقیاس فصلی

در جدول ۱ اریبی و همبستگی بین سری داده های فصلی بارش

رخدادهای بارشی افرویدیت به اتمام می رسد، هنوز بخشی از رخدادهای حدی دیدبانی آشکار نشده اند که بیانگر اریبی خشک یا منفی (بارش افرویدیت کمتر از بارش دیدبانی) داده های افرویدیت نسبت به داده های دیدبانی در رخدادهای بارش سنگین می باشد. این ضعف ممکن است ناشی از شبکه ای بودن داده های افرویدیت با ابعاد هر شبکه (سلول) در حدود ۵۰ در ۵۰ کیلومتر باشد که در آن کلیه بارش های ایستگاهی داخل هر سلول میانگین گیری می شوند که عمل میانگین گیری موجب تعدیل رفتارهای حدی می شود. این شرایط موجب می شود که داده های افرویدیت توانایی نسبتاً ضعیفی در شبیه سازی بارش های سنگین را داشته باشند.

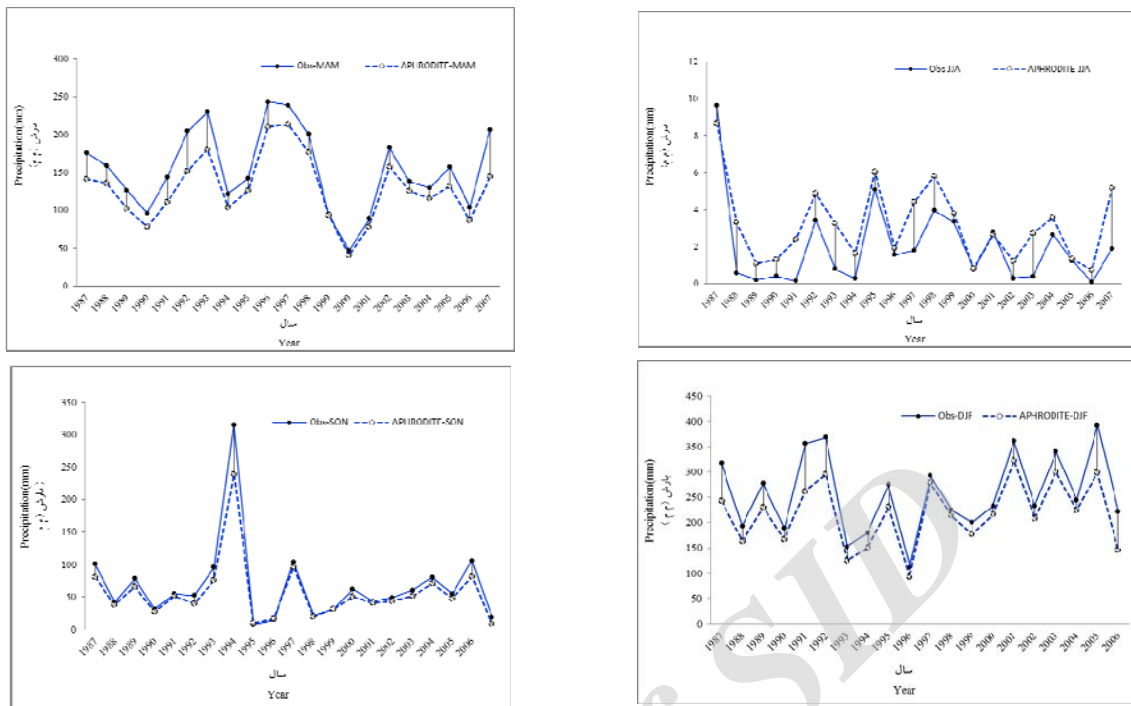
بین داده های دیدبانی (ثبت شده در ایستگاه های سازمان هواشناسی و وزارت نیرو) میانگین گیری شده بر روی سلول های 5×5 درجه با داده های افرویدیت با سلول های یکسان وجود دارد. نمایه های آماری نیز تطابق بسیار بالایی بین این دو سری از داده ها را نشان می دهند.

در شکل ۶ توزیع تجمعی سری داده های دیدبانی و افرویدیت برای شبکه های دارای بارش دیدبانی که حدود ۷۰ درصد حوضه مورد مطالعه را پوشش می دهد، آورده شده است. این شکل نشان می دهد که توزیع تجمعی داده های افرویدیت نسبت به داده های دیدبانی زودتر به بیشینه خود می رسد، به عبارت دیگر هنگامی که تمامی



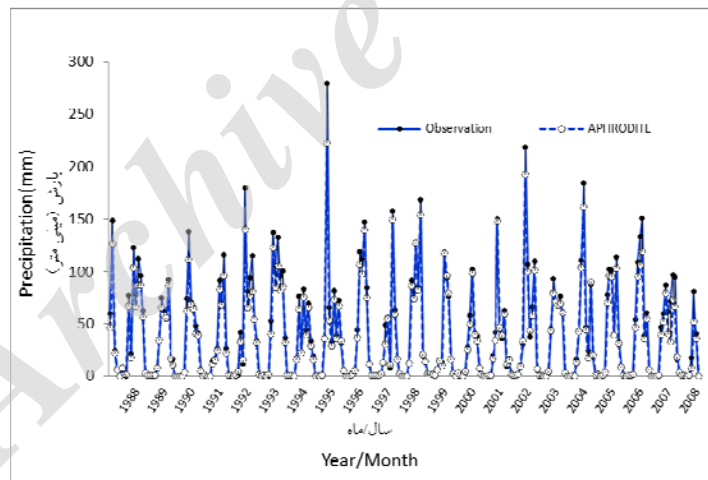
شکل ۳- نقشه های هم مقدار همبستگی مکانی فصلی بین داده های دیدبانی و افرویدیت (رنگ تیره همبستگی بالا و رنگ روشن همبستگی پایین را نشان می دهند)

Figure 3- Maps showing seasonal spatial correlation between the APHRIDITE and observed precipitation data (Dark color represents high correlation while bright color represents low correlation)



شکل ۴- مقایسه سری فصلی داده های دیدبانی (میانگین گیری شده بر روی شبکه های 0.5×0.5 درجه) و افروڈیت در حوضه مورد مطالعه (محور قائم بارش را نشان می دهد)

Figure 4- Seasonal time series of area-averaged observed (over 0.5×0.5 degrees grids) and APHRODITE data over studied region



شکل ۵- مقایسه سری ماهانه داده های دیدبانی (میانگین گیری شده بر روی شبکه های 0.5×0.5 درجه) و افروڈیت در منطقه مورد مطالعه

Figure 5- Monthly time series of observed (averaged over 0.5×0.5 degrees grids) and APHRODITE data over studied region

مقدار 0.87 در تابستان رخ داده است. در عین حال تمامی مقادیر همبستگی معنی دار هستند (جدول ۲).
در شکل ۷ همبستگی مکانی بین داده های افروڈیت و دیدبانی بصورت ماهانه آورده شده است. مشاهده می شود که در اغلب نواحی حوضه در ماههای ژوئن، ژوئیه، اوت، سپتامبر و اکتبر مقادیر همبستگی های مکانی (مقایسه سلول به سلول دو سری از داده های

نوسان پذیری داده های افروڈیت با داده های دیدبانی هماهنگی خوبی روی کل حوضه دارند، به طوریکه ضریب همبستگی بین آنها در اغلب موارد بیش از ۹۰ درصد است. مقایسه همبستگی فصلی و ماهانه نشان می دهد که علیرغم وجود همبستگی های بسیار بالا در مقیاس ماهانه، کمترین همبستگی به مقدار 0.52 در ماه سپتامبر رخ داده است در حالیکه در مقیاس فصلی کمترین مقدار همبستگی به

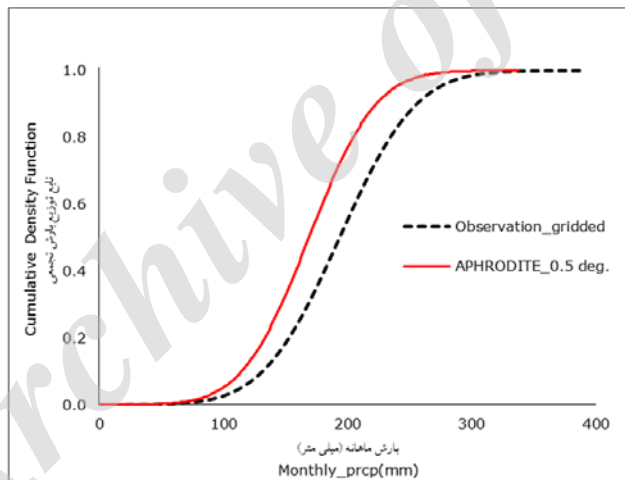
نرمال (بارش بین ۲۰ در صد کمتر تا ۲۰ درصد بیشتر از میانگین بلندمدت)، کمتر از نرمال (بارش ۲۰ درصد کمتر از میانگین بلندمدت) مورد بررسی قرار گرفت، به این صورت که وضعیت بارش مشاهداتی و افروودیت از نظر قرار گرفتن در طبقات بارشی یکسان مقایسه شده و سپس کارآیی داده های افروودیت در شبیه سازی مقادیر کیفی بارش محاسبه گردید. بررسی کارایی کلی داده های افروودیت در شبیه سازی طبقات مختلف بارشی ۹۴/۱ درصد می باشد. کمترین و بیشترین کارایی در ماه های سپتامبر و ژوئن به ترتیب به مقدار ۷۶/۲ و ۹۸/۸ درصد است. در شکل ۸ کارایی سری داده های افروودیت در شبیه سازی طبقات بارشی مختلف ماهانه نشان داده شده است؛ به عنوان نمونه در ماه ژانویه در حدود ۹۵ درصد موارد طبقه بارشی داده های مشاهداتی با داده های افروودیت یکسان می باشند. نتایج نشان می دهند که در ماهها و فصول گرم و دارای بارش کم کارایی داده های افروودیت در نشان دادن بارش مشاهداتی نسبت به سایر ماهها و فصول کمتر است. این یافته با یافته های محققین دیگر مانند غضنفری و دیگران (۷) هماهنگ می باشد.

افروودیت و مشاهداتی) بین داده های دیدبانی و افروودیت کمتر از ۰/۵ است. بیشترین همبستگی مکانی در ماه نوامبر رخ داده است و در ماههای دسامبر، ژانویه، فوریه، مارس، آوریل و می مقدار همبستگی به طور میانگین بیش از ۰/۶ است.

ضریب ناش-ساتکلیف ماهانه طی دوره ۱۹۸۷-۲۰۰۷ برابر ۰/۹۶ است که بسیار نزدیک به ۱ بوده و قابل قبول می باشد، علیرغم هماهنگی بسیار خوب بین داده های دیدبانی و افروودیت و با هدف ارتقاء هرچه بیشتر کارآیی سری داده های پایه مورد نیاز برای مطالعات هیدرواقلمی نظیر پس پردازش برونداد بارش مدل های پیش بینی فصلی و پیش آگاهی خشکسالی، ضمن حفظ داده های دیدبانی، در سلول های فاقد داده های دیدبانی از مقادیر بارش تصحیح شده افروودیت استفاده گردید.

کارآیی کیفی (طبقه ای) بارش

از آنجا که در موضوع پیش بینی ماهانه و فصلی بارش و در پیش آگاهی خشکسالی، هدف آگاهی از وضعیت ماه مورد نظر نسبت به شرایط نرمال می باشد، لذا وضعیت بارش شبکه ای افروودیت در طبقات بیش از نرمال (بارش بیش از ۲۰ درصد میانگین بلندمدت)،



شکل ۶- توزیع تجمعی سری داده های دیدبانی و افروودیت (۱۹۸۷-۲۰۰۷)

Figure 6- Cumulative distribution series of APHRODITE and observation data (1987-2007)

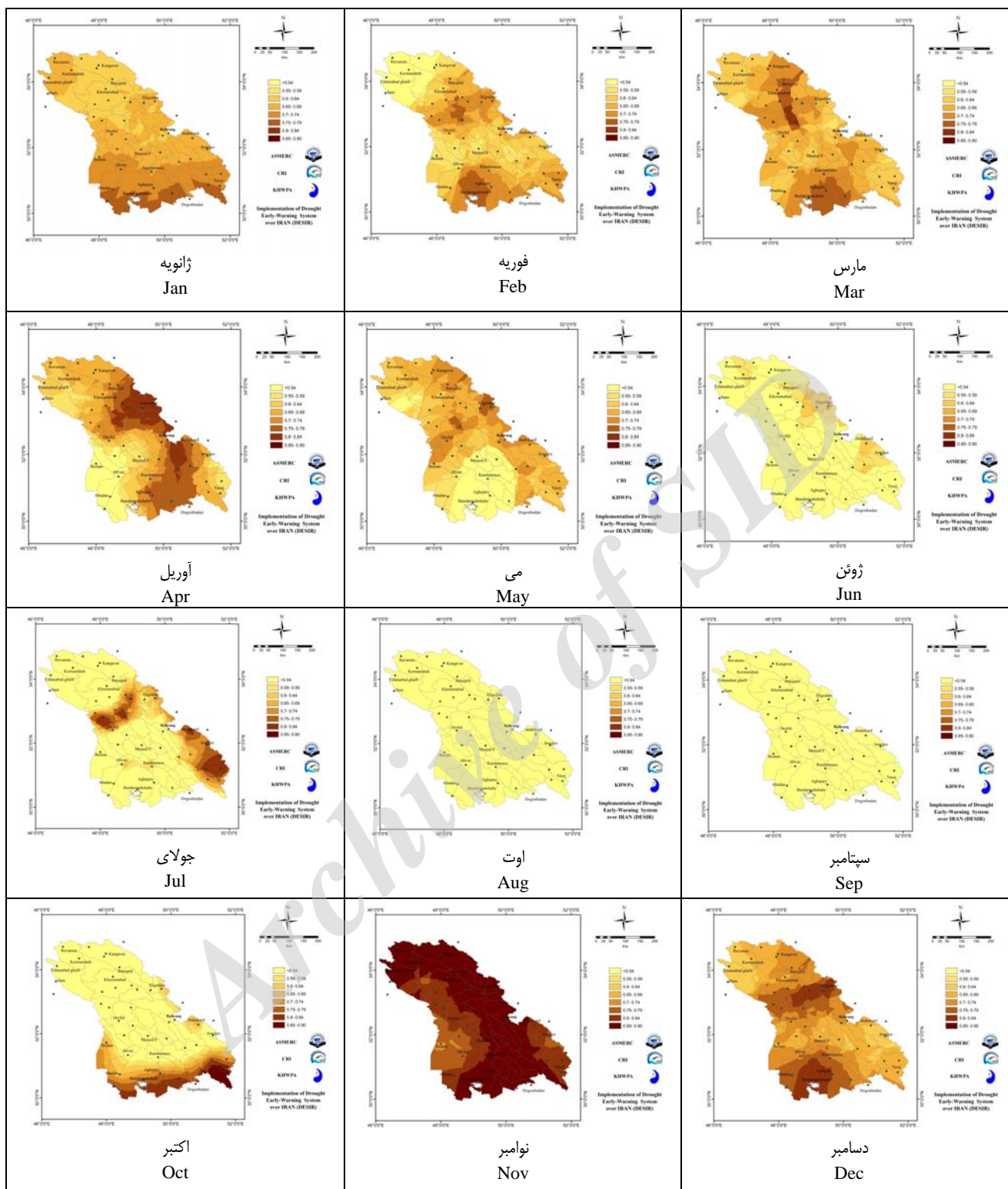
جدول ۲- آریبی و همبستگی بین سری داده های ماهانه بارش دیدبانی و افروودیت

Table 2- Bias and correlation between monthly APHRODITE and area-averaged observation precipitation data

سال Year	دسامبر Dec	نوامبر Nov	اکتبر Oct	سپتامبر Sep	اوت Aug	ژوئیه Jul	ژوئن Jun	می May	آوریل Apr	مارس Mar	فوریه Feb	ژانویه Jan	نمایه آماری Indices	
	-4.4	-13.1	-6.9	-1.7	0.3	-0.1	0	0.2	-0.5	-4.5	-10.2	-8.5	-8.4	آریبی (م) Bias (mm)
	0.99**	0.99**	1**	1**	0.52*	0.93**	0.98**	0.95**	0.98**	0.98**	0.98**	0.94**	0.98**	همبستگی Correlation

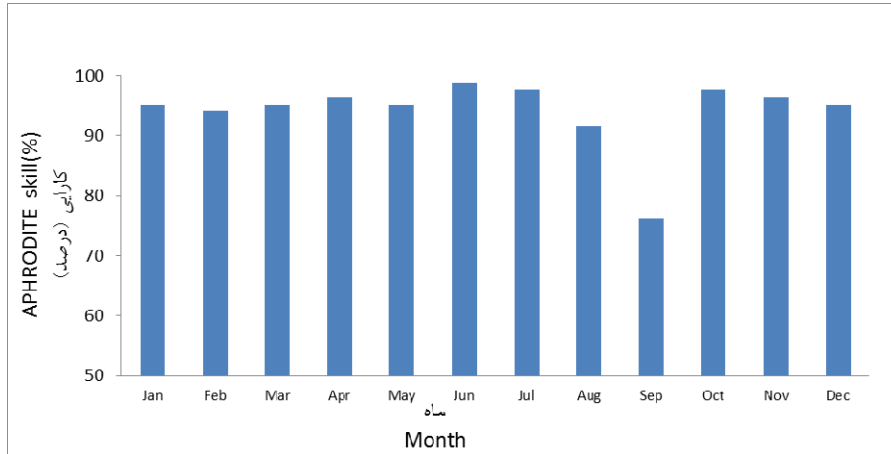
توضیح: همبستگی در سطح ۱ درصد با ** و در سطح ۵ درصد با * نشان داده شده است.

Note: Correlation at 1% and 5% significant levels are shown by ** and *, respectively.



شکل ۷- همبستگی مکانی ماهانه بین داده های دیدبانی و افرو دیت (رنگ تیره همبستگی بالا و رنگ روشن همبستگی پایین را نشان می دهند)

Figure 7- Monthly spatial correlation between the observation data and APHRODITE data (Dark color represents high correlation while bright color represents low correlation)



شکل ۸- کارایی سری داده های افروودیت در شبیه سازی طبقات بارشی مختلف ماهانه (برحسب درصد) طی دوره ۲۰۰۷-۱۹۸۷
Figure 8- APHRODITE data performance in simulation of monthly precipitation categories (in percent) during 2007-1987

اریبی بدست آمده از رفتار سلول های با تراکم ۳ ایستگاه بر سلول که تعداد سلول های مذکور ۱۱ مورد می باشد انجام شد، همانطور که در جدول ۳ ملاحظه می شود تراکم ایستگاههای دیدبانی در برخی سلول های شبکه با ابعاد 0.5×0.5 درجه از یک تا ۷ ایستگاه در سلول متغیر است. در جدول ۳ تراکم ایستگاههای دیدبانی بر حسب تعداد بر سلول های 0.5×0.5 درج شده است.

تهیه داده های پایه تلفیقی دیدبانی-افروودیت

از آنجایی که هدف از این پژوهش تکمیل خلاء های آماری بارش ماهانه در حوضه های کارون بزرگ، کرخه، جراحی و زهره با بکارگیری داده های شبکه ای افروودیت می باشد، قبل از جایگزین کردن مقادیر بارش افروودیت در سلول های بدون داده دیدبانی، بر روی آنها تصحیح اریبی صورت گرفت. تصحیح اریبی با افزودن مقدار

جدول ۳- تراکم ایستگاههای دیدبانی سازمان هواشناسی و وزارت نیرو در سلول های 0.5×0.5 درجه

Table 3- Density of observation stations (IRIMO and Ministry of Power) per grids of 0.5×0.5 degree

7	6	5	4	3	2	1	0	تعداد ایستگاهها در هر سلول Number of stations per grid
2	3	3	3	11	11	14	34	فراوانی سلول ها Number of cells(grid)

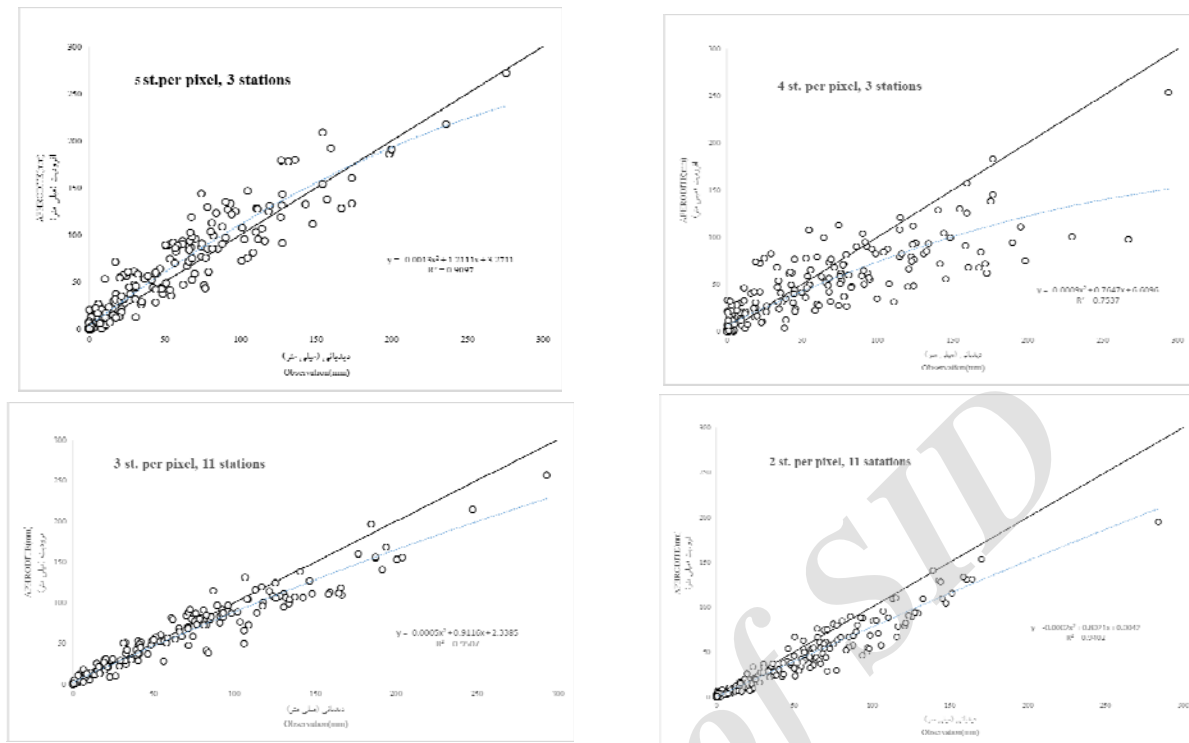
بارش ماهانه در ابعاد شبکه بندی مورد مطالعه مناسب است. بنابراین در تعیین اریبی ماهانه داده های افروودیت، سلول های با تراکم کمتر از ۳ ایستگاه - علیرغم همبستگی های نسبتا مناسب - حذف شدند و آن دسته از شبکه هایی که دارای ۳ ایستگاه دیدبانی و بیشتر بودند برای تخمین مقدار و تعیین رفتار اریبی ماهانه داده های افروودیت در نظر گرفته شدند (شکل ۹).

از آنجا که فراوانی سلول های با تراکم ۳ ایستگاه ۱۱ سلول و با تراکم های ۴ تا ۷ ایستگاه بین ۲ تا ۴ سلول هستند، لذا اریبی با تراکم ۳ ایستگاه بر سلول به عنوان نماینده اریبی ماهانه داده های افروودیت در نظر گرفته شد و پس از اعمال آن بر روی داده های افروودیت، به عنوان جایگزین خلاء های آماری در سلول های فاقد ایستگاه دیدبانی در نظر گرفته شدند. با توجه به روش مذکور، برای آن دسته از سلول های منظم 0.5×0.5 درجه ای که فاقد داده های دیدبانی بوده و حدود ۳۴ درصد از کل شبکه حوضه را تشکیل می دهند، داده های

مطابق جدول ۳ از نظر تعداد ایستگاه های موجود در هر سلول یا تراکم آنها، بیشترین فراوانی متعلق به سلول هایی است که فقط دارای یک ایستگاه دیدبانی (۱۴ سلول) می باشند و کمترین فراوانی متعلق به سلول هایی است که دارای ۷ ایستگاه دیدبانی (۲ سلول) هستند. با توجه به مساحت نسبتا زیاد هر سلول (حدود ۲۵۰۰ کیلومترمربع)، بدیهی است هرچه تراکم ایستگاهها بر واحد سلول بیشتر باشد، مقادیر بارش دیدبانی شده در سلول می تواند تقریب بهتری از رفتار بارش شبکه مورد نظر را ارائه نماید. بررسی نمودارهای یک به یک در شکل ۹ و همبستگی های احصاء شده بین تراکم های ایستگاهی مختلف نشان می دهد که بیشترین همبستگی بین داده های افروودیت و بارش میانگین شبکه ای دیدبانی شده در تراکم ۳ ایستگاه بر سلول (معادل با یک ایستگاه دیدبانی به ازای هر ۸۰۰ کیلومترمربع = $2500 \div 3$) رخ داده است، به عبارت دیگر وجود حداقل ۳ ایستگاه در شبکه های 0.5×0.5 درجه برای آشکارسازی رفتار

افروdit نشان داده شده است.

افروdit تصحيح شده ماهانه جايزين شدند. در شكل ۱۰ پهنه بندي بارش فصلی سه سری داده های دیدبانی، افروdit و تلفیقی دیدبانی-



شكل ۹- همبستگی بین داده های بارش دیدبانی و افروdit در شبکه بندي مشابه براساس تعداد ایستگاههای بارانسجی در هر سلول. محور افقی بارش دیدبانی و محور قائم بارش افروdit می باشد.

Figure 9- Correlation between observed and APHRODITE precipitation data based on number of stations per cells with same resolution

مدیریت منابع آبی آن دارد. یکی از ابزارهای اصلی سیستم های پیش بینی ماهانه بارش و رواناب و پیش آگاهی خشکسالی، وجود داده های پایه بارش قابل اعتماد برای واسنجی و افزایش صحت مدل های پیش بینی می باشد. از آنجا که اغلب مطالعات هیدرواقليم در حوزه پیش بینی و پیش آگاهی از قبیل پس پردازش برونداد بارش مدل های دینامیکی پیش بینی فصلی بارش و رواناب و هشدار خشکسالی براساس پیش بینی های گذشته نگر و با بکارگیری داده های مشاهداتی واسنجی می شوند، لذا در صورت عدم وجود داده های مشاهداتی در دوره پیش بینی گذشته نگر، امکان پس پردازش و واسنجی آنها وجود نداشته یا فاقد دقت کافی خواهند بود. هدف از این پژوهش تکمیل خلاء های آماری بارش موجود در سلولهای فاقد ایستگاه بارانسجی می باشد، به نحوی که داده های جایگزین نزدیکترین رفتار را به داده های دیدبانی داشته باشند. منطقه مورد مطالعه در این تحقیق در مجموع توسط ۷۵ سلول ۰/۵×۰/۵ درجه پوشش داده شده است که تعداد ۲۳ سلول (معادل ۳۴ درصد کل سلول های شبکه) فاقد ایستگاه بارانسجی می باشند که در این سلول ها، داده های افروdit تصحيح شده با اعمال آریبی، جایگزین شدند.

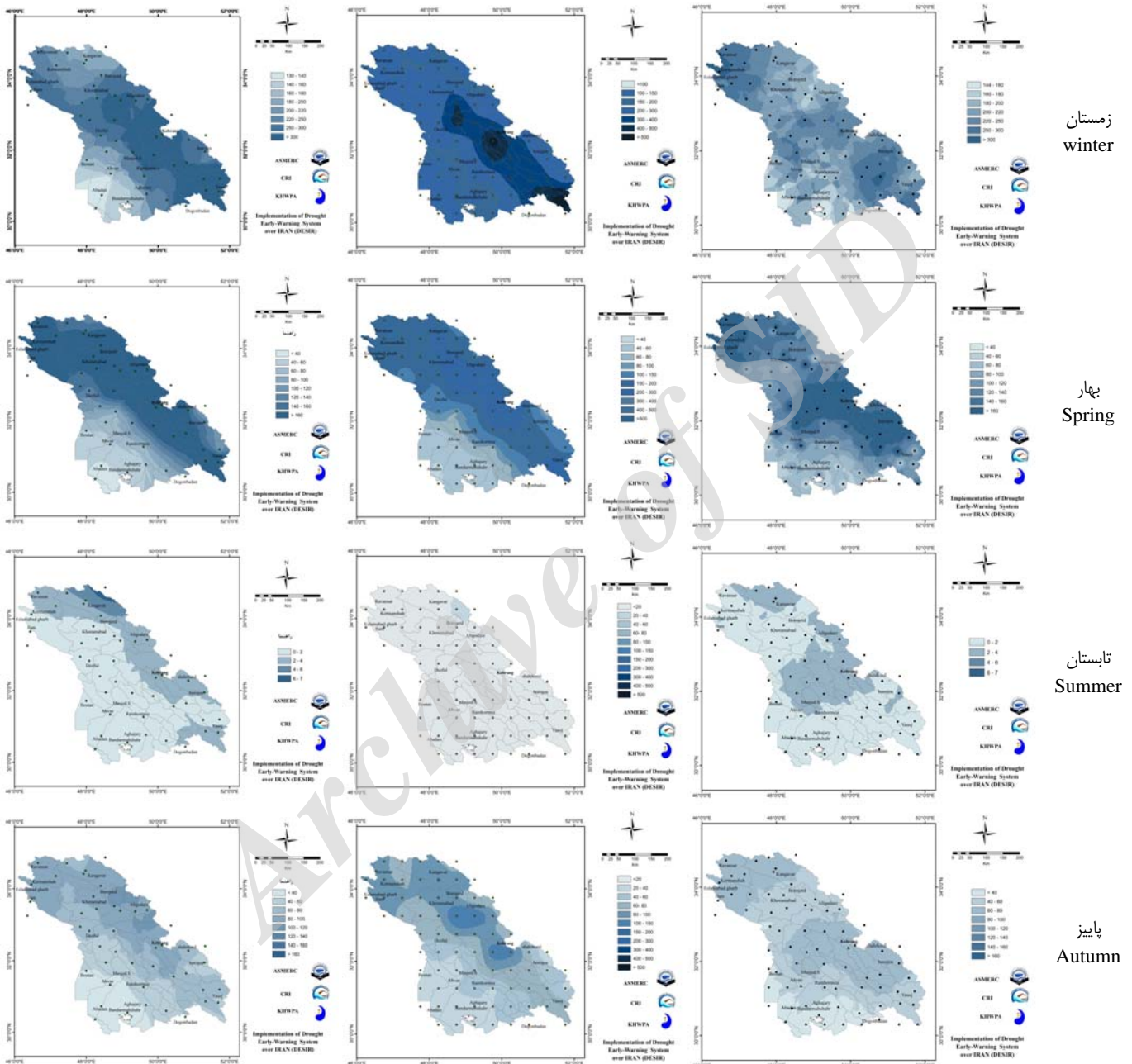
ملاحظه می شود که الگوهای مکانی بارش دیدبانی با بارش دیدبانی-افروdit (بویژه در ماههای سرد و پر بارش) -درمقایسه با افروdit تصحيح نشده - هماهنگی خوبی داشته و در هر دو سری از داده ها، مناطق پر بارش مرکز، جنوب شرق و منطقه کم بارش جنوب غرب حوضه را به خوبی آشکارسازی کرده اند. داده های تهیه شده به روش فوق می توانند به عنوان داده های پایه در مطالعات هیدرواقليمی نظیر واسنجی برونداد مدل های پیش بینی فصلی بارش، مدل سازی بارش-رواناب و پیش آگاهی خشکسالی مورد استفاده قرار گیرند.

جمع بندي

حوضه های آبریز جنوب غرب کشور شامل کرخه، کارون، جراحی و زهره تامین کننده عمده آب بخش های کشاورزی، صنعت و شرب در منطقه زاگرس میانی و جنوبی بوده و حدود ۲۵ درصد برق مصرفی کشور از طریق نیروگاههای برقابی این حوضه تولید می شوند. ذخیره و رهاسازی به موقع آب در سدهای این حوضه نقش اساسی در

هر سلول شبکه با ضریب همبستگی 0.95 می باشد، بنابراین اریبی سلول های با تراکم سه ایستگاه بر شبکه بر روی داده های افروڈیت اعمال گردید. با داده های افروڈیت تصحیح شده به این روش، خلاء های آماری 34 درصد سلول های فاقد ایستگاه بارانسنجی پر شدند.

برای بدست آوردن مقدار اریبی داده های افروڈیت در شبکه های فاقد داده، نمایه های آماری در سلول های دارای ایستگاه های بارانسنجی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که کمترین اریبی و بیشترین همبستگی های معنی دار در حالت وجود سه ایستگاه بارانسنجی در



شکل ۱۰- پهنه بندی میانگین بارش فصلی حوضه مورد مطالعه با استفاده از داده های دیدبانی (چپ)، افروڈیت (وسط) و تلفیقی دیدبانی-افروڈیت (راست)

طی دوره ۲۰۰۷-۱۹۸۷

Figure 10- Zoning of average seasonal precipitation over studied basin using observation (left), APHRODITE (middle) and composite observation - APHRODITE (right) data during 1987-2007

قدردانی

این مقاله مستخرج از نتایج فاز اول پروژه "پیش بینی سه ماهه خشکسالی برای حوضه های آبریز جنوب غرب کشور با استفاده از پس پردازش برون داد مدل های دینامیکی پیش بینی فصلی" می باشد که طی قرارداد شماره ۹۷۶۵۲/۱۳۰۰ از سوی سازمان آب و برق خورستان (کارفرما) مورد حمایت مالی قرار گرفته است، بدینوسیله از سازمان مذکور قدردانی به عمل می آید.

نتایج بررسیها نشان داند که الگوهای مکانی بارش دیدبانی با بارش دیدبانی-افرو دیت، بویژه در ماه های سرد و پر بارش، هماهنگی خوبی داشته و در هر دو سری از داده ها، پربارشی مناطق مرکز و جنوب شرق و کم بارشی منطقه جنوب غرب حوضه را به خوبی شناسایی می کنند. با توسعه این روش بر روی کل کشور می توان بانک اطلاعاتی پایه بارش شبکه ای مورد نیاز مدل های پیش بینی فصلی دینامیکی بارش و رواناب و هشدار خشکسالی را تهیه نمود و در واسنجی و راستی آزمایی آنها استفاده نمود.

منابع

1. Adam J.C., Lettenmaier D.P. 2003. Adjustment of Global Gridded Precipitation for Systematic Bias, *Geophysical Research*, 108(D9): 42-57.
2. Adler R., Coauthors. 2003. The version-2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) monthly precipitation analysis (1979–present). *Journal of Hydrometeorology*, 4:1147–1167.
3. Akhavan S., Abedi J., Mousavi F., Abaspoor K., Afyoni M., Eslamian S. 2010. Estimation of blue and green water using SWAT in Hamedan Sub-Basin, *Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science*, No. 53.
4. Ashouri H., Hsu K. L., Sorooshian S., Braithwaite D. K., Knapp K. R., Cecil L. D., Nelson B. R., Prat O. 2015. PERSIANN-CDR Daily precipitation Climate Data Record from Multi-satellite Observations for Hydrological and Climate Studies, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 96(1):69-83.
5. Babaeian I., Karimian M., Modirian R. 2013. Statistical post processing MRI-CGCM3 output for seasonal precipitation forecast over Khorasan-Razavi province, *Iranian Journal of Geophysics*, 7(3): 119-133.
6. Burroughs W. 2003. *Climate into the 21st Century*, Cambridge University Press, 240 pp.
7. Ghazanfari moghadam M. S., Alizadeh A., Musavi baygi S. M., Farid hoseini A., Bannayan aval M. 2011. Comparison the PERSIANN Model with the Interpolation Method to Estimate Daily Precipitation (A Case Study: North Khorasan), *Journal of Water and Soil*, 25(1): 207-215.
8. Gruber A., Levizzani V. 2008. Assessment of global precipitation products. Technical Report-WRCP-128, WMO/TD-No. 1430, 55 pp. Available online at: www.gewex.org/reports/2008AssessmentGlobalPrecipReport.pdf.
9. Hou, A., Jackson G. S., Kummerow C., Shepherd J. M. 2008. Global precipitation measurement. *Precipitation: Advances in Measurement, Estimation, and Prediction*, S. Michaelides, Ed., Springer: 131–170.
10. Hou A., Jackson G. S., Kummerow C., Shepherd J. M. 2014. The Global Precipitation Measurement Mission. *Bulletin of American Meteorological Society*, 95:701–722.
11. Huffman G. J., Coauthors. 1997. The Global Precipitation Climatology Project (GPCP) combined precipitation dataset, *Bulletin of American Meteorological Society*, 78 :5–20.
12. Joyce R. J., Janowiak J. E., Arkin P. A., and Xie P. 2004. CMORPH: A method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution. *Journal of Hydrometeorology*, 5:487–503.
13. Kamiguchi K., Arakawa O., Kitoh A., Yatagai A., Hamada A., Yasutomi N. 2010. Development of APHRO_JP, the First Japanese High-resolution Daily Precipitation Product for More than 100 Years, *Hydrological Research Letters*, 4: 60–64.
14. Kummerow C., Barnes W., Kozu T., Shiue J., Simpson J. 2000. The status of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) after two years in orbit, *Journal of Applied Meteorology*, 39:1965–1982.
15. Kavyani M. R., Alijani B. 1995. *The Foundations of Climatology. The Organization for Researching and Composing University Textbooks in the Humanities (SAMT)*, Tehran.
16. Lin Y., Mitchell K. E. 2005. The NCEP stage II/IV hourly precipitation analyses. Development and applications. Extended Abstracts, 19th Conference on Hydrology, San Diego, CA, Amer. Meteor. Soc., 1.2. Available online at http://ams.confex.com/ams/Annual2005/techprogram/paper_83847.htm.
17. Maddox R. A., Zhang J., Gourley J. J., Howard K. W. 2002. Weather radar coverage over the contiguous United States, *Journal of Weather and Forecasting*, 17:927–934.
18. Mansour Far K. 1995. *Statistical Methods*. University of Tehran Press, Tehran.

19. Nasrabadi E., Masoodian A., Asakereh H. 2013. Comparison of Gridded Precipitation Time Series Data in APHRODITE and Asfazari Database within Iran's Territory, *Journal of Atmospheric and Climate Sciences*, 3: 235-248.
20. Rasu A.G.G., Mahmood T., Zaman Q., Cheema S.B. 2012. Validation of APHRODITE Precipitation Data for Humid and Sub Humid Regions of Pakistan, *Pakistan Journal of Meteorology*, 19(17): 45-58.
21. Takashima H., Yatagai A., Kawamoto H., Arakawa O., Kamiguchi K. 2008. Hydrological Balance over Northern Eurasia from Gauge-based High-resolution Daily Precipitation Data, *Hydrochange 2008 in Kyoto*, 10,03, Kyoto.
22. Utsumi N., Kanae S., Kim H., Seto S., Oki T., Nitta T., Hirabayashi Y. 2008. Importance of Wind-induced Under catch Adjustment in a Gauge-based Analysis of Daily Precipitation over Japan, *Hydrological Research Letters*, 2:47-51.
23. Westrick, K. J., Mass C. F., Colle B. A. 1999. The limitations of the WSR-88D radar network for quantitative precipitation measurement over the coastal western United States, *American Meteorological Society*, 80:2289-2298.
24. Xie, P., Janowiak J. E., Arkin P. A., Adler R., Gruber A., Ferraro R., Huffman G. J., Curtis S. 2003. GPCP pentad precipitation analyses: An experimental dataset based on gauge observations and satellite estimates, *Journal of Climate*, 16:2197-2214.
25. Yasutomi N., Hamada A., Yatagai A. 2011. Development of a Long-term Daily Gridded Temperature Dataset and its Application to Rain/Snow Discrimination of Daily Precipitation, *Global Environmental Research*.
26. Yatagai A., Kamiguchi K., Arakawa O., Hamada A., Yasutomi N., Kitoh A. 2012. Constructing a Long-Term Daily Gridded Precipitation Dataset for Asia Based on a Dense Network of Rain Gauges, *American Meteorological Society*, Vol. 93, No. 9, pp. 1401-1415.

Archive of SID

Providing Monthly Composite APHRODITE-Observed Precipitation Data over Iran's Southwest Watersheds

I. Babaeian^{1*}- M. Karimian²- H. Ashouri³- R. Modirian²- L. Khazanedari⁴- Sh. Malbusi²- M. Kuhi⁵-
A. Mohamadian⁴- E. Fattahi⁶

Received: 30-04-2016

Accepted: 29-01-2017

Introduction: Southeast watersheds of Iran including Great Karoon, Karkheh, Jarrahi and Zohreh have the most significant contribution in the water supply of the agriculture, industry, drinking water and hydroelectric power plants over Iran. 25 percent of the country's electricity is produced from hydroelectric power plants located in this region. The existence of a monthly relatively high resolution gridded precipitation dataset is of the most important needs of water resources management for such as deciding on the suitable time of dewatering and discharge of dams, calibration of dynamical monthly forecasting models and drought early warning. Even considering all observation stations governed by Meteorological Administration and Ministry of Power, the density of stations is not so enough to use them for calibration of hydro-climate model outputs. To overcome this deficiency, one way to fill the gap is using bias corrected global gridded precipitation dataset such as APHRODITE, CMORPH, PRESIANN and other newly generated data.

Material and Methods: Watershed of Karkheh, great Karoon, Jarrahi and Zohreh are the area of study which covers southwest provinces of Khuzestan, Kermanshah, Ilam, Chaharmahal-Bakhtiari, Kohkiluyeh and Buyerahmad, Isfahan, Hamadan, Fars and Lorestan, which is shown in figure 2. There are 135 observation station in the area of study which governs by Iran Meteorological Organization and Ministry of Power. Area of study covers by 75 grids of 0.5×0.5 degree latitude and longitude. For each grid there is an APHRODITE precipitation data. In the 34% of grids, there is no observation station. The main goal of this study is to attribute a reliable monthly precipitation data to all grids without any observation station. Period of APHRODITE data set is 1987-2007, which is same to observation period. Firstly regional bias of APHRODITE data set has been computed by comparing observed precipitation with APHRODITE one. Then bias corrected APHRODITE precipitation (Composite APHRODITE Observation dataset) has been placed in non-observation grids. Efficiency of composite precipitation data has been determined by statistical parameters of bias, correlation and Nash-Sutcliff indices.

Results and Discussion: In this research the results have been evaluated at monthly and seasonal time scales. In the case of seasonal time scale, we found that the minimum APHRODITE's bias of 1.2 mm has been occurring in summer, while the maximum bias has been occurring in winter by 40.9mm. It means that the bias is high in the rainy season. Seasonal correlations were statistically acceptable in 0.05 significant levels, showing same seasonal fluctuations in APHRODITE and rain gage data. To provide seasonal composite APHRODITE-Observed precipitation gridded data set, mean seasonal bias of APHRODITE has been removed, while preserving seasonal fluctuation. The highest spatial correlation of 0.8 was detected in autumn, while it was about 0.7 for spring and winter. The minimum seasonal correlation was in summer by 0.5. There were also a good agreement between area averaged observation and APHRODITE data, when considering statistical indices of bias, Nash-Sutcliff and relative percentage errors. Results show the cumulative distribution function of APHRODITE data is behind of the observed cumulative distribution function data, meaning that APHRODITE reaches its maximum earlier than observation data. This implies that APHRODITE cannot capture well the extreme monthly precipitation. Monthly correlations are approximately greater than 0.9, but the only exception is September with a correlation coefficient of 0.52. All correlations are significant in 0.05 levels. The highest

1- Assistant Professor, Climate Change Research Group, Climatological Research Institute, Mashhad, Iran

(*- Corresponding Author Email: ibabaeian@yahoo.com)

2- Researcher, Climate Change Research Group, Climatological Research Institute, Mashhad, Iran

3- Center for Hysrometeorology and Remote Sensing, Department of Civil and Environment Engineering, University of California-Irvine

4- Researcher, Atmospheric and Climatic Disaster Research Group, Climatological Research Institute, Mashhad, Iran

5- Researcher, Applied Climatology Research Group, Climatological Research Institute, Mashhad, Iran

6- Associate Professor, Atmospheric Science and Meteorological Research Center, Tehran, Iran

spatial correlation was occurred in Novembers. Monthly Nash-Sutcliff was 0.96 in monthly time series. The categorical percentage score was 94.1%. These results strongly confirm that APHRODITE precipitation data is a good option for replacement in grid cells without observations. The number of observation stations per cell is varied from 1 to 7. We found that the maximum monthly correlations occur in grid cells of 0.5×0.5 degree latitude and longitude which having at least 3 observation stations. The three-station bias has been applied to APHRODITE data, then bias-removed data has been replaced with grid cells without observations. Spatial patterns of new composite APHRODITE-observation data set has good agreement with observation in the areas having intense observation stations. They also can capture well the spatial precipitation distribution of rainy areas located in the center of basin and low rainfall areas located in the southwest of the region. The results of this research can be used in calibration of dynamical seasonal forecasting outputs, drought early warning and rain-runoff simulation.

Keywords: APHRODITE, Calibration, Great Karoon Basin, Khuzestan, Precipitation

Archive of SID