دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

"مقاله پژوهشی"

ارزیابی و اصلاح شبکه بارش آفرودیت در برآورد بارش ماهانه و سالانه مناطق مرکزی ایران

مهدی نادی[۱]، هانیه بازیارپور[۲] و محمود رائینی سرجاز[۳]

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسوول: me_na63@yahoo.com)
۲- دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
۳- استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱/۱۸
صفحه: ۹۷ تا ۱۰۴

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: تخمین بارندگی و تهیه نقشه‌های دقیق هم‌بارش در مناطق فاقد آمار هواشناسی اهمیت بسیاری در مطالعات هیدرولوژی و هواشناسی دارد. اهمیت این موضوع در مناطق کویری که فاقد ایستگاه‌های متراکم هواشناسی می‌باشند بیشتر است. شبکه متراکم بارش آفرودیت، داده‌های روزانه بارش را در گره‌های ۰/۲۵× ۰/۲۵ درجه در محدوده ایران در اختیار قرار می‌دهد اما قبل از استفاده از آن باید ارزیابی و اصلاح شود.

مواد و روش‌ها: این تحقیق با هدف بررسی دقت و صحت داده‌های بارش شبکه آفرودیت در چهار حوضه‌ی آبریز کویری ایران از زیرمجموعه حوضه آبریز فلات مرکزی ایران در مقیاس‌های زمانی ماهانه و سالانه انجام شد. برای این منظور از داده‌های میانگین درازمدت ماهانه و سالانه ۹ ایستگاه همدیدی و ۲ ایستگاه باران‌سنجی سازمان هواشناسی استفاده شد که اقلیم ایستگاه‌ها از فراخشک، خشک و نیمه‌خشک متغیر است. برای صحت‌سنجی داده‌ها در هر مقیاس زمانی، از آماره‌های ضریب همبستگی، ریشه میانگین مربعات خطا و میانگین اریبی خطا استفاده شد. در ادامه داده‌های شبکه با روش نسبت میانگین‌ها اصلاح شد. سپس دقت داده‌های اصلاح شده با دو روش معمول درون‌یابی کریجینگ و وزنی عکس فاصله مقایسه گردید.

یافته‌ها: نتایج شاخص خطای اریبی نشان داد داده‌های شبکه آفرودیت در مقیاس ماهانه و سالانه همبستگی مناسبی با داده‌های ایستگاهی داشته اما به نظر می‌رسد تخمین بارش شبکه بیشتر از داده‌های واقعی است که برای رفع این مشکل با اعمال ضرایب اصلاحی، داده‌های شبکه اصلاح شد. ضرایب اصلاحی بدست آمده بین ۰/۶۰ در ماه‌های کم بارش تا ۰/۹۴ در ماه‌های پربارش تغییر می‌کند. بررسی شبکه اصلاح شده در ماه‌های مختلف نشان داد علاوه بر رفع مشکل بیش‌برآوردی، میانگین خطا نیز به مقدار زیادی کاهش یافته است، همچنین در مورد بارش سالانه، جذر میانگین مربعات خطا از ۷۱/۲۵ به ۱۵/۱۹ میلی‌متر تقلیل یافت که نشان‌دهنده افزایش تقریبی پنج برابری کارایی این شبکه پس از اعمال ضرایب اصلاحی است.

نتیجه‌گیری: نتایج مقایسه شبکه اصلاح شده با روش‌های درون‌یابی نشان داد که در همه شاخص‌های مورد بررسی شبکه اصلاح شده از هر دو روش درون‌یابی در تخمین بارش بسیار کارآمدتر است. لذا استفاده از ضرایب اصلاحی به دست آمده در این پژوهش برای شبکه آفرودیت به منظور بالا بردن دقت شبکه بارش آفرودیت توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اصلاح خطای اریبی شبکه آفرودیت، بیش‌برآورد، تخمین بارش، شبکه بارش

مقدمه

بارش یکی از مهم‌ترین مولفه‌های چرخه آب و انرژی در جهان است. تخمین بارندگی در انواع مقیاس‌های زمانی و مکانی کاربرد گسترده‌ای در مطالعات خشکسالی و مدل‌های هیدرولوژیک دارد. اما پراکنده بودن شبکه ایستگاه‌های باران سنجی و ناکافی بودن داده‌های مشاهداتی بارندگی، کشورهای در حال توسعه از جمله ایران را با چالش پایش بارش روبه رو کرده است. برای تخمین داده‌های بارش در نقاط فاقد ایستگاه معمولا از روش‌های درون‌یابی آماری و زمین آماری استفاده می‌شود. که البته در هر منطقه روش مناسب باید تعیین شود. به عنوان مثال نادی و همکاران (۱۵) برای درون‌یابی داده‌های بارش ماهانه و سالانه استان خوزستان روش رگرسیون-کریجینگ را پیشنهاد کردند. در زمینه تعیین روش مناسب درون‌یابی داده‌های بارش می‌توان به مطالعات قربانی (۴) ، میرموسوی و همکاران (۱۲) و ثقفیان و همکاران (۲۱) در داخل کشور و مطالعات فرانسیسکو (۳) در جنوب غرب اسپانیا و مایر و فارس (۱۰) در جنوب هاوایی اشاره نمود. استفاده از روش‌های درون‌یابی برای تخمین داده‌های بارش در نقاط فاقد ایستگاه دارای محدودیت‌هایی همچون ناهمگنی منطقه و عدم قطعیت بالا در تخمین بارش نقاط مرزی منطقه می‌باشد. به این منظور در سال‌های اخیر توسعه شبکه‌های جهانی بارش مانند شبکه NCEP[۱]، PERSIANN[۲] و APHRODITE[۳] گسترش زیادی یافته است. این شبکه‌ها با استفاده از داده‌های ایستگاهی و ترکیب روش‌های درون‌یابی و تصاویر ماهواره‌ای و نقشه پستی و بلندی منطقه به تخمین بارش در شبکه‌های منظمی با اندازه تفکیک مشخص در مقیاس‌های روزانه و ماهانه می‌پردازند. شبکه آفرودیت توسط مرکز تحقیقات هواشناسی ژاپن در پروژه‌ای تحت عنوان "گردآوری داده‌های مشاهداتی بارش با قدرت تفکیک بالا در راستای ارزیابی منابع آبی در آسیا" اقدام به ایجاد مجموعه بارش شبکه‌ای روزانه از سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۷ نمودند که این کار با جمع‌آوری داده‌های دیده‌بانی شده بارش در آسیا و استفاده از مدل ADW[۴] صورت پذیرفت (۲۵). قبل از استفاده از شبکه‌های جهانی در یک منطقه باید عدم قطعیت آن‌ها بررسی گردد. در زمینه کاربرد این پایگاه داده در ایران و جهان مطالعات محدودی صورت گرفته است. به عنوان مثال تاکاشیما و همکاران (۲۲) توازن هیدرولوژیکی را بر روی اوراسیای شمالی با استفاده از داده‌های بارش روزانه شبکه بارانسنجی با قدرت تفکیک بالا بررسی کردند. در مطالعه دیگری رجیوان و بهت (۱۹) به منظور بررسی کیفیت داده‌های شبکه بارندگی هند، به مقایسه این داده‌ها با داده‌های شبکه آفرودیت پرداختند. شبکه آفرودیت دارای قدرت تفکیک مکانی بسیار خوبی (۰/۲۵× ۰/۲۵ درجه) است و استفاده از داده‌های این شبکه اهمیت بسیار زیادی در تهیه نقشه‌های

1- Network of Conservation Educators and Practitioners
2- The Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks
3- Asian Precipitation - Highly-Resolved Observational Data Integration towards Evaluation 4- Angular-Distance-Weighting

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-02-04]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.97]

هم‌بارش و برآورد بارش نقاط فاقد ایستگاه مخصوصا ارتفاعات صعب‌العبور دارد. وو و همکاران (۲۴) از داده‌های آفرودیت برای شبیه‌سازی رواناب یک حوضه آبریز در ویتنام استفاده کردند، نتایج نشان داد که این داده‌ها بالاترین همبستگی را با داده‌های ایستگاهی دارند. گوهر و همکاران (۵) با مقایسه داده‌های بارندگی ایستگاهی و داده‌های شبکه آفرودیت مناطق مرطوب و غیرمرطوب پاکستان نشان دادند که این داده‌ها در مناطق پربارش، کمتر از واقعیت برآورد می‌کند. به طور مشابه اونو و سو (۱۷) دریافتند که بارش‌های مونسون آسیایی شبکه آفرودیت دارای خطای اریبی بوده که قبل از استفاده از داده‌ها با روش نسبت میانگین‌ها داده‌های شبکه را اصلاح نمودند. راسا و همکاران (۲۰) داده‌های شبکه افرودیت را توسط موسسه تحقیقات علوم انسانی و طبیعت و موسسه تحقیقات هواشناسی ژاپن، برای مناطق مرطوب و نیمه مرطوب پاکستان بـا قدرت تفکیک ۰/۵ × ۰/۵ درجه به صورت دهه‌ای توسعه دادند. نتایج نشان داد که داده‌های آفرودیت برای اکثر ایستگاه‌ها در ماه‌های همراه با بارش سنگین، داده‌های دیدبانی شده را کم برآورد مـی‌کند. رضیئی و همکاران برای شناسایی الگوهای روزانه گردش جوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی خاورمیانه و ایران در فصل زمستان، داده‌های میانگین روزانه شبکه آفرودیت را بکار بردند. بارانی زاده و همکاران (۲) صحت داده‌های الگوریتم ماهواره‌ای PERSIANN، را با استفاده از داده‌های بارندگی شبکه آفرودیت، مورد ارزیابی قرار دادند. جوانمرد و همکاران (۸) با استفاده از داده‌های شبکه آفرودیت اقدام به تهیه نقشه توزیع مکانی میانگین بارش سالانه و فصلی در همه نقاط شبکه، برای کل کشور نمودند. جامعی و همکاران (۷) با مقایسه داده‌های بارندگی روزانه حاصل از مدل‌های درون‌یابی و داده‌های شبکه آفرودیت در ۴۴ ایستگاه هواشناسی استان خوزستان، دریافتند علی رغم اینکه بیش از نیمی از خطای کلی شبکه آفرودیت، خطای سیستماتیک و جهت دار است اما دقت آن در تخمین بارش از روش‌های معمول درونیابی عکس فاصله و کریجینگ بالاتر بوده اما در مقایسه با روش درون‌یابی رگرسیون کریجینگ دقت پایین‌تری دارد. نصرآبادی و همکاران (۱۶) به منظور شناسایی و توزیع مکانی الگوهای احتمال بارش روزانه از داده‌های روزانه شبکه آفرودیت استفاده کردند. در این پژوهش محاسبه فراسنج‌های برازنده‌ترین تابع توزیع فراوانی نشان داد که با وجود کم بودن مقدار فراسنج میانگین بارش مورد انتظار در بخش قابل توجهی از کشور میزان اعتماد به بارش روزانه کم و نوسان بارش زیاد می‌باشد. فراسنج‌های چولگی و کشیدگی حکایت از چوله بودن بارش و عدم تقارن در بارش دارد. از طرف دیگر، پایین بودن مقدار فراسنج شکل، نشان دهنده فاصله زیاد تابع توزیع فراوانی بارش با شرایط نرمال دارد موضوعی که توسط آماره‌های آزمون آماری نیکویی برازش نیز تایید شده بود. نصرآبادی و همکاران (۱۷) در مقایسه برآورد بارش حاصل از داده‌های پایگاه آفرودیت و اسفزاری به این نتیجه رسیدند که بارش برآوردی پایگاه آفرودیت به‌خصوص در سال‌های اول تأسیس از مقدار بارش برآوردی پایگاه اسفزاری ایران کمتر است. مسعودیان و همکاران (۱۱) به بررسی صحت پایگاه بارشی TRMM پرداختند. به منظور راستی آزمایی این پایگاه از پایگاه ملی اسفزاری استفاده کردند. نتایج نشان داد که دو پایگاه اسفزاری و TRMM همبستگی بالایی داشتند. اما میزان بارش این دو پایگاه در مناطق پر بارشی همچون رشت و بندر انزلی چند صد میلی‌متر کم برآورد شده است. دارند و دانشور (۵) با استفاده از داده‌های پایگاه آفرودیت به ناحیه‌بندی بارش ایران پرداخته‌اند. آن‌ها داده‌های این پایگاه را برای ناحیه‌بندی رژیم‌های بارشی مناطق خشک و نیمه خشک ایران و کشورهای خاورمیانه مناسب دانسته‌اند. بابائیان و همکاران (۱) به منظور پرکردن خلاهای آماری و افزایش تراکم شبکه بارش برای حوضه‌های آبریز جنوب‌غرب کشور، پس از اصلاح اریبی داده‌های شبکه آفرودیت از تلفیق داده‌های واقعی با داده‌های اصلاح شده این شبکه استفاده نمود. کاشکی و داداشی (۹) به منظور واکاوی تعداد روزهای بارانی ایران، از پایگاه داده بارش آفرودیت طی دوره آماری ۵۶ساله استفاده کردند. همچنین، نقش مولفه‌های جغرافیایی در تعداد روزهای بارانی را مورد بررسی قرار دادند. نادی و بازیارپور (۱۳) به ارزیابی دقت و اصلاح شبکه بارش روزانه آفرودیت در استان گلستان پرداختند نتایج این پژوهش نشان داد که داده‌های آفرودیت علی رغم همبستگی بسیار خوب با داده‌های ایستگاهی، دارای خطای کم‌برآوردی زیادی هستند که این خطا در نقاط پربارش بیشتر است سپس ایشان با روش نسبت میانگین‌ها، شبکه مذکور را اصلاح نمودند. با توجه به درجه وضوح بالای این شبکه و همچنین مطالعات انجام شده در ارزیابی آن به نظر می‌رسد اصلاح این شبکه به خصوص در مناطق کویری و مرکزی ایران که فاقد شبکه متراکم ایستگاه هواشناسی و آمار درازمدت می باشد، می‌تواند اهمیت زیادی در مطالعات هیدرولوژی و منابع آب داشته باشد.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

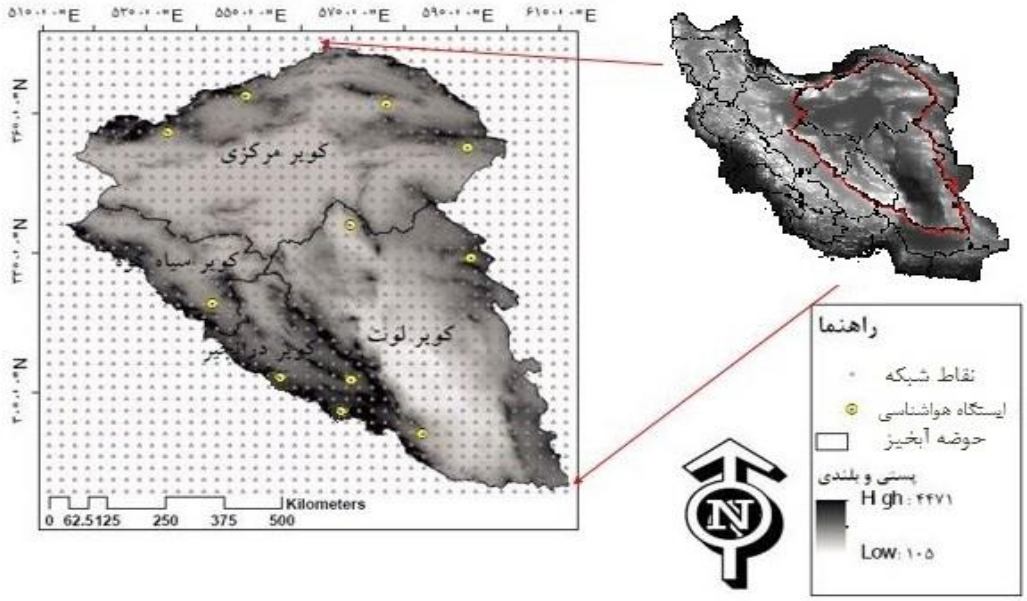
در این پژوهش چهار حوضه آبریز کویری که از زیر مجموعه حوضه آبریز فلات مرکزی ایران می‌باشند، مورد بررسی قرار گرفت، کویر مرکزی با مساحت ۲۲۶/۵۲۳ کیلومترمربع شامل زیرحوضه‌های کویر مرکزی غربی، دشت کویر مرکزی شرقی، کال درونه- دستگردان، کویر نمک-بجستان، کال شور خارتوران و ترود، کویر دامغان می‌باشد. حوضه آبریز کویر لوت با مساحت ۲۰۶۲۲۰ کیلومتر شامل زیرحوضه‌های حمید- بهاباد، بیرجند - سرجنگل، غرب لوت، کهورک چاه غیب، شرق لوت، کویر سهل‌آباد، پهنه کویر لوت می‌باشد. حوضه آبریز در انجیر شامل حوضه‌های درجه ۳ کویر درانجیر و کویر ساغند می‌باشد و حوضه آبریز کویر سیاه کوه شامل زیرحوضه‌های کویر دق سرخ، کویر سیاه کوه و کویر ریگ زرین می‌باشد که مساحت کل آن ۲۴۸۹۹ کیلومترمربع است (۶).

داده‌های مورد استفاده

مجموعه بارش روزانه APHRODITE به‌منظور ارزیابی منابع آب، به صورت سه مجموعه مجزا مناطق موسمی آسیا،

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-02-04]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.97]

خاورمیانه و روسیه را پوشش داده و با قدرت تفکیک مکانی ۰/۲۵ × ۰/۲۵ درجه و با مقیاس زمانی روزانه در دوره ۲۰۰۷-۱۹۵۰ داده‌های یکپارچه مشاهداتی بارندگی آسیا با قدرت تفکیک بالا ارائه داده است که در پایگاه اینترنتی http://www.chikyu.ac.jp/precip/index.html موجود می‌باشند (۷). ابتدا فایل داده‌ها از فرمت NETCDF به فرمت Excel تبدیل شد. سپس نقاط واقع در محدوده کشور ایران، از مجموعه داده‌های کل منطقه خاورمیانه استخراج گردید. در شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی منتخب و نقاط شبکه نشان داده شده است.



شکل ۱- پراکندگی ایستگاه‌های هواشناسی و نقاط شبکه آفرودیت
Figure 1. Distribution of meteorological station and Aphrodite grid points

روش‌شناسی

برای مقایسه و ارزیابی دقت داده‌های بارش شبکه آفرودیت، از داده‌های ۹ ایستگاه همدیدی سازمان هواشناسی و دو ایستگاه باران‌سنجی استفاده شد که مشخصات آن‌ها به همراه موقعیت نقاط متناظر از شبکه آفرودیت در جدول ۱ موجود می‌باشد. همچنین تعیین اقلیم ایستگاه‌ها بر اساس سیستم طبقه‌بندی اقلیمی دمارتن گسترش یافته انجام شد (۱۸). به‌منظور ارزیابی این شبکه از داده‌های میانگین بلندمدت بارش از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۷ استفاده شد و آنالیز داده‌ها در مقیاس‌های زمانی ماهانه و سالانه انجام شد. همچنین راهکاری برای اصلاح خطای شبکه ارائه گردید که در ادامه توضیح داده می‌شود.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی و نزدیک‌ترین نقاط شبکه به آن‌ها
Table 1. Meteorological station Characteristics and nearest grid points

ردیف	نام ایستگاه	ارتفاع ایستگاه (متر)	مختصات ایستگاه		مختصات نزدیک‌ترین نقطه		اقلیم ایستگاه	نوع ایستگاه
			عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی		
۱	شاهرود	۱۳۲۵/۲	۳۶/۳۸	۵۴/۹۳	۳۶/۳۷۵	۵۴/۸۷۵	سرد خشک	سینوپتیک
۲	سبزوار	۹۷۲	۳۶/۲	۵۷/۶۵	۳۶/۱۲۵	۵۷/۶۲۵	سرد خشک	سینوپتیک
۳	سمنان	۱۱۲۷	۳۵/۵۹	۵۳/۴۲	۳۵/۶۲۵	۵۲/۳۷۵	سرد خشک	سینوپتیک
۴	تربت حیدریه	۱۴۵۱	۳۵/۲۷	۵۹/۲۲	۳۵/۳۷۵	۵۹/۱۲۵	سرد نیمه خشک	سینوپتیک
۵	طبس	۷۱۱	۳۳/۶	۵۶/۹۵	۳۳/۶۲۵	۵۶/۸۷۵	معتدل فراخشک	سینوپتیک
۶	بیرجند	۱۴۹۱	۳۲/۸۹	۵۹/۲۸	۳۲/۸۷۵	۵۲/۳۷۵	سرد خشک	سینوپتیک
۷	یزد	۱۲۳۰/۲	۳۱/۹	۵۴/۲۹	۳۱/۸۷۵	۵۴/۳۷۵	سرد فراخشک	سینوپتیک
۸	کرمان	۱۷۵۴	۳۰/۲۶	۵۶/۹۶	۳۰/۳۷۵	۵۶/۸۷۵	سرد خشک	سینوپتیک
۹	بم	۱۰۶۶/۹	۲۹/۱	۵۸/۳۵	۲۹/۱۲۵	۵۸/۳۷۵	معتدل فراخشک	سینوپتیک
۱۰	راویز	۲۳۳۵	۳۰/۳۶	۵۵/۴۱	۳۰/۳۷۵	۵۵/۳۷۵	فرا سرد خشک	باران‌سنجی
۱۱	کیسکان	۲۵۳۰	۲۹/۳۶	۵۶/۶۳	۲۹/۳۷۵	۵۶/۶۲۵	فراسرد خشک	باران‌سنجی

برای بررسی دقت شبکه در مقیاس‌های ماهانه و سالانه ابتدا این داده‌ها در شبکه و ایستگاه‌های مورد بررسی از جمع مقادیر روزانه بارش در ماه‌های مختلف و در طی سال محاسبه گردید. سپس برای هر ایستگاه هواشناسی نزدیک‌ترین نقطه شبکه به آن تعیین شد و با مقایسه داده‌های نقاط منتخب شبکه و داده‌های ایستگاهی دقت و صحت

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-02-04]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.97]

شبکه بررسی شد. برای صحت‌سنجی داده‌ها در هر مقیاس، از آماره‌های ضریب همبستگی (R)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین اریبی خطا (MBE) استفاده شد (۱۵). در ادامه داده‌های شبکه با روش نسبت میانگین‌ها اصلاح شد. سپس دقت داده‌های اصلاح شده با دو روش معمول درون‌یابی کریجینگ و وزنی عکس فاصله مقایسه گردید.

نتایج و بحث

با تبدیل داده‌های روزانه به ماهانه و سالانه دقت شبکه در مورد داده‌های ماهانه و سالانه بررسی گردید که نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است. بررسی این جدول نشان‌دهنده متوسط خطای داده‌های شبکه در تخمین ماهانه بارش بین ۱/۲۱ تا ۱۱/۰۹ میلی‌متر در ماه‌های مختلف است که کمترین مقدار خطا مربوط به ماه کم بارش سپتامبر و بیشترین مقدار در ماه پربارش مارس رخ داده است. بررسی مقدار منفی شاخص خطای اریبی نشان داد که داده‌های این شبکه در منطقه مورد مطالعه، بارش ماهانه را بیشتر از داده‌های واقعی برآورد می‌کنند. همبستگی بالا بین داده‌های واقعی و شبکه آفرودیت در همه ماه‌ها نشان‌دهنده روند درست در داده‌های شبکه بوده که به خوبی قادر به تشخیص مناطق کم‌بارش و پربارش در منطقه است. اما در مورد داده‌های سالانه (جدول ۲) متوسط خطای برآورد ۷۱/۲۵ میلی‌متر است و همچنین این شبکه بارش سالانه را ۲۹/۱۵ میلی‌متر بیشتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند. مقایسه میزان خطا نیز در ماه‌های مختلف نشان می‌دهد که میزان خطای این شبکه در ماه‌های گرم نسبت به ماه‌های سرد سال به لحاظ اندازه کمتر می‌باشد به طوریکه در ماه‌های ژوئن- سپتامبر میانگین خطا کمتر از ۲ میلی‌متر در ماه است در حالی‌که در سایر ماه‌ها خطا کمتر از ۱۱ میلی‌متر است.

جدول ۲- ارزیابی دقت داده‌های ماهانه بارش شبکه آفرودیت

Table 2. Accuracy evaluation of monthly precipitation Aphrodite data

ماه	میانگین بارش ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه (mm)	میانگین مربعات خطا RMSE	میانگین خطای اریب MBE	ضریب همبستگی r
ژانویه	۲۲/۲۸	۱۰/۱	-۴/۹۸	۰/۶۹
فوریه	۲۱/۷۷	۹/۷۴	-۴/۶۲	۰/۷۳
مارس	۲۸/۴۸	۱۱/۰۹	-۴/۷۶	۰/۷۳
آوریل	۱۸	۷/۱۵	-۲/۴۸	۰/۶۷
مه	۹/۶۳	۶/۰۴	-۱/۸۶	۰/۷۸
ژوئن	۲/۰۷	۲/۱۸	-۰/۸۱	۰/۸۲
ژوئیه	۱/۰۸	۱/۶۵	-۰/۷۹	۰/۹۵
آگوست	۰/۷۱	۱/۵	-۰/۶۲	۰/۹۵
سپتامبر	۰/۷۸	۱/۲۱	-۰/۵۸	۰/۸۲
اکتبر	۳/۴۸	۶/۰۱	-۲/۲۱	۰/۵۳
نوامبر	۷/۱۹	۷/۵۴	-۳/۳۶	۰/۵۸
دسامبر	۱۸/۵۸	۷/۲۹	-۳/۰۱	۰/۷۵
سالانه	۱۳۳/۷	۷۱/۲۵	-۲۹/۱۵	۰/۶۶

با توجه به مقدار منفی شاخص MBE در همه ماه‌ها، قطعا می‌توان گفت این شبکه دارای مشکل بیش‌برآوردی در مناطق کویری است. از طرفی با توجه به وجود همبستگی بالا بین داده‌های ایستگاهی و نقاط شبکه، می‌توان داده‌های شبکه را با روش نسبت میانگین‌ها (رابطه ۱) اصلاح نمود (۱۷).

$$APH_{adj} = \frac{\bar{\mu}_{Obs}}{\bar{\mu}_{Aph}} \times APH \qquad (۱)$$

در این معادله، APH داده‌های شبکه آفرودیت و $\bar{\mu}_{Obs}$ و $\bar{\mu}_{Aph}$ به ترتیب میانگین داده‌های اندازه‌گیری شده و شبکه در ماه مورد نظر است. بنابراین با تقسیم میانگین داده‌های ایستگاهی به میانگین شبکه، ضریب اصلاح بدست می‌آید که با ضرب آن در داده‌های شبکه، داده‌های اصلاح شده (APH_{adj}) محاسبه می‌شود. ضرایب اصلاح داده‌های ماهانه و سالانه شبکه در جدول ۳ نشان داده شده است.

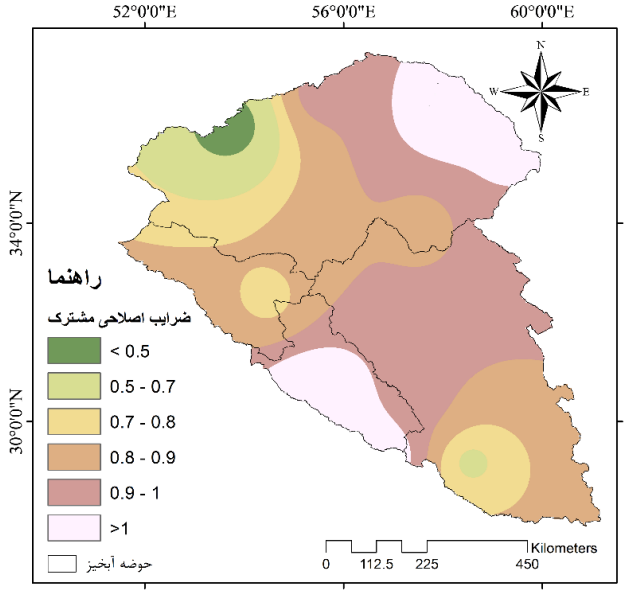
جدول ۳- ضرایب تعدیل برای هر ماه

Table 3. Aphrodite Correction factor for each month

ماه	ضریب اصلاح
ژانویه	۰/۹۴
فوریه	۰/۸۷
مارس	۰/۹۱
آوریل	۰/۸۸
مه	۰/۸۲
ژوئن	۰/۷۱
ژوئیه	۰/۶۲
آگوست	۰/۶۱
سپتامبر	۰/۶۰
اکتبر	۰/۶۲
نوامبر	۰/۷۳
دسامبر	۰/۹۲
سالانه	۰/۹۳

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-02-04]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.97]

بر اساس نتایج جدول ۳ ضرایب اصلاحی ماهانه در همه ماه‌ها طبق انتظار کمتر از ۱ می‌باشد چرا که شبکه آفرودیت مشکل بیش‌برآوردی داشته و ضرایب تصحیح باید کمتر از ۱ باشد. مقدار شاخص در دشت‌های مرکزی ایران بین ۰/۶ تا ۰/۹۴ در ماه‌های مختلف تغییر می‌کند که بنظر می‌رسد ضرایب اصلاحی ماه‌های گرم کمتر از ماه‌های سرد سال است. به عبارتی مشکل بیش‌برآوردی شبکه در ماه‌های گرم بیشتر از ماه‌های سرد می‌باشد. برای داده‌های سالانه ضریب اصلاحی ۰/۹۳ بدست آمد. همچنین نقشه ضرایب تعدیل داده‌های سالانه منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش درون‌یابی مربع عکس فاصله در شکل ۲ تهیه گردید.



شکل ۲- نقشه ضرایب اصلاحی سالانه در منطقه مورد مطالعه (ترسیم شده با روش IDW)
Figure 2. Map of annual correction coefficients in the study area (drawn by IDW method)

همان‌طور که این شکل نشان می‌دهد ضرایب اصلاح در بخش بزرگی از منطقه کمتر از ۱ بوده و تنها در بخش شرقی کویر مرکزی و بخش کوچکی از جنوب غربی ضریب اصلاحی بیشتر از ۱ می‌باشد. به‌نظر می‌رسد در اغلب بخش‌های منطقه ضریب تبدیل بین ۰/۷ تا ۰/۹ تغییر می‌کند. برای درک از میزان دقت شبکه آفرودیت اصلاح شده، کارایی این شبکه با روش‌های معمول درون‌یابی کریجینگ عمومی و وزنی عکس فاصله، مقایسه شد که در جدول ۴ خطای این روش‌ها و شبکه اصلاح شده آفرودیت نشان داده شده است. برای استفاده از روش وزنی عکس فاصله در این تحقیق توان‌های ۱ تا ۵ بررسی شد که نتایج نشان داد در بیشتر موارد توان ۲ کمترین خطا را به همراه داشت. همچنین مدل تئوری نیم‌تغییر نمای برازش یافته بر داده‌ها در اکثر موارد مدل کروی[1] بدست آمد.

جدول ۴- مقایسه کارایی شبکه تعدیل یافته آفرودیت و روش‌های مختلف درون‌یابی
Table 4. Compare error of different method as interpolation and adjustment coefficients network in different months

ماه	وزنی عکس فاصله			کریجینگ عمومی			شبکه اصلاح شده		
	RMSE	MBE	r	RMSE	MBE	r	RMSE	MBE	r
ژانویه	۹/۷۱	−۰/۶	۰/۳۵	۹/۱۱	۰/۲۶	۰/۳۲	۴/۲۸	۰	۰/۶۷
فوریه	۱۰/۳۶	−۰/۴۷	۰/۲۹	۹/۸۳	۰/۳۴	۰/۳۶	۳/۹۹	۰	۰/۷۲
مارس	۱۱/۰۲	−۰/۳۸	۰/۲۸	۱۱/۲۱	۰/۶	۰/۳۳	۳/۵۳	۰	۰/۷۱
آوریل	۸/۳۳	−۹/۱۱	۰/۷۶	۹/۷۱	−۱۰/۷۴	۰/۵۴	۲/۱۲	۰	۰/۶۸
مه	۸/۱	۰/۳۲	۰/۳۴	۸/۰۲	۰/۲۹	۰/۳۸	۱/۵۱	۰	۰/۷۷
ژوئن	۲/۱۲	۰/۱۵	۰/۷۱	۳/۴۱	−۱/۶۲	−۰/۶۲	۰/۹۱	۰	۰/۸۴
ژوئیه	۱/۹	۰/۲۴	۰/۶۱	۱/۶۹	۰/۲۴	۰/۵۳	۰/۷۵	۰	۰/۹۶
آگوست	۱/۸۳	۰/۱۹	۰/۷۲	۱/۸۴	۰/۴۷	۰/۶۱	۰/۶۶	۰	۰/۹۴
سپتامبر	۱/۸۱	۰/۴۷	۰/۲۰	۱/۳۶	۰/۱۸	۰/۴۸	۰/۵۹	۰	۰/۸۳
اکتبر	۵/۹۵	−۰/۱۰	۰/۶۷	۵/۴۶	−۱/۴۱	−۰/۷۳	۱/۲۲	۰	۰/۵۳
نوامبر	۱۰/۲۵	−۰/۵۰	۰/۳۱	۹/۰۵	۰/۲۱	۰/۳۵	۴/۴۹	۰	۰/۶۷
دسامبر	۱۰/۷۴	−۰/۴۳	۰/۲۹	۱۰/۱۱	۰/۴۴	۰/۳۴	۴/۰۸	۰	۰/۷۲
سالانه	۷۵/۵۱	−۰/۴۸	۰/۲۳	۷۳/۲۰	۰/۵۴	۰/۳۶	۱۵/۱۹	۰	۰/۷۴

1- Spherical

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-02-04]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.97]

مقایسه آماره‌های خطای شبکه اصلاح شده (جدول ۴) با نتایج قبل از اصلاح (جدول ۲) نشان می‌دهد که ریشه دوم میانگین مربعات خطای شبکه پس از تعدیل، در حدود ۹۰ درصد کاهش یافته است به طوری‌که در بعضی از ماه‌ها مانند ماه می، خطا در حدود ۸۰ درصد کاهش یافته است. در مورد بارش سالانه میانگین خطا از ۷۵/۲۵ به ۱۵/۱۹ میلی‌متر تقلیل یافت که ۷۸ درصد کاهش خطا را نشان می‌دهد. همچنین میانگین خطای اریب به صفر رسیده است. اما با توجه به اینکه برای اصلاح داده‌های شبکه تنها یک عدد ثابت (ضریب اصلاحی) در داده‌ها ضرب شد، بنابراین ضرایب همبستگی بدون تغییر باقی ماند. مقایسه داده‌های اصلاح شده با روش‌های درون‌یابی در همه ماه‌های مورد بررسی نشان داد، خطای هر دو روش معمول درون‌یابی از داده‌های اصلاح شده شبکه بارش آفرودیت بیشتر است به طوری‌که در بعضی از ماه‌ها خطای روش‌های درون‌یابی تا ۵ برابر بیشتر از داده‌های شبکه اصلاح شده است. به علاوه میانگین خطای اریب شبکه اصلاح شده نیز از هر دو روش درون‌یابی کمتر بدست آمد که نشان دهنده مرتفع شدن مشکل کم‌برآوردی داده‌های بارش شبکه آفرودیت است. در مورد داده‌های بارش سالانه نیز علاوه بر همبستگی بیشتر داده‌های واقعی و برآوردی شبکه اصلاح شده نسبت به روش‌های درون‌یابی، اصلاح داده‌های شبکه به طور چشمگیری خطای تخمین بارش سالانه را نسبت به استفاده از روش‌های درون‌یابی کاهش داده است. به‌طوری که مقدار خطای بارش سالانه از مقدار ۱۱ میلی‌متر در روش مربع عکس فاصله به ۳ میلی‌متر کاهش یافته است.

نتیجه‌گیری کلی

شبکه متراکم بارش روزانه آفرودیت اهمیت زیادی در مناطق فاقد ایستگاه‌های هواشناسی مانند دشت‌های کویری ایران دارد اما بر اساس نتایج این تحقیق این شبکه، بارش مناطق کویری را بیشتر از مقدار واقعی در کل ماه‌های سال نشان می‌دهد. البته ارزیابی این شبکه بر روی استان‌های پر بارش مازندران و گیلان، کم برآوردی شدید این شبکه را گزارش کردند (۱۵). همچنین اریبی این شبکه در استان گلستان نیز گزارش شده است (۱۴). با توجه به همبستگی خوب داده‌های واقعی و برآوردی و مقدار منفی MBE در همه ماه‌ها به‌نظر می‌رسد این شبکه دارای خطای سیستماتیک باشد که البته اعمال ضرایب اصلاحی بر روی داده‌های شبکه نیز نشان داد که مقدار متوسط خطا در حدود ۹۰ درصد کاهش یافت که این نشان می‌دهد از کل خطای شبکه آفرودیت تنها ۱۰ درصد آن تصادفی است و مابقی با اعمال ضرایب اصلاحی برطرف می شود. با توجه به اینکه شبکه اصلاح شده تا پنج برابر کارایی بالاتری نسبت به روش‌های معمول درون‌یابی دارد، به‌نظر می‌رسد اصلاح داده‌های این شبکه می‌تواند مجموعه ارزشمندی از داده‌های متراکم بارش در مناطق فاقد آمار هواشناسی را در اختیار محققین قرار دهد.

تشکر و قدردانی

این تحقیق از محل طرح تحقیقاتی شماره ۱۸-۱۳۹۶-۰۲ توسط دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری حمایت شده و بدینوسیله از حمایت مالی معاونت پژوهشی این دانشگاه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Anonymous. Instructions and criteria for classification and coding of catchments and study areas in the country. 2004. Iran Resource Management Company. 6 pp.
2. Babaeian, I., M. Karimian, H. Ashouri, R. Modirian, L. Khazanedari, S. Malbusi, M. Kuhi, A. Mohamadian and E. Fattahi. 2017. Providing monthly composite APHRODITE-observed precipitation data over Iran's southwest watersheds. Water and Soil, 31(3): 969-984 pp (In Persian).
3. Baranizade, E., S. Javanmard, J. Bodagh Jamali and Y.A. Abedini. 2011. Drought monitoring in Iran using Network precipitation Data with high resolution (Aphrodite). The First National Conference on Drought and Climate Change (In Persian).
4. Francisco, J.M. 2010. Comparison of different geostatistical approaches to map climate variables: application to precipitation. International Journal of Climatology, 30: 620-631 pp.
5. Darand, M. and M.R. Mansori Daneshvar. 2014. Regionalization of precipitation regimes in Iran using principal component analysis and hierarchical clustering analysis. Environmental Processes, 1(4): 517-532.
6. Ghorbani, Kh. 2012. Geographically Weighted Regression: A Method for Mapping Isohyets in Gilan Province. Journal of Water and Soil. 26(3): 743-752 pp (In Persian).
7. Gohar, A., G. Rasul, T. Mahmood, Q. Zaman and S.B. Cheema. 2012. Validation of APHRODIT precipitation data for humid and sub humid regions of Pakistan. Pakistan Journal of Meteorology (Pakistan), 9(17): 57-69.
8. Jamei, M., M. Mousavi Baygi and M. Bannayan Awal. 2014. Validation of Grid APHRODIT Daily Precipitation Estimates and Estimates derived from spatial interpolation of Precipitation in the Khuzestan province. Journal of Water and Soil, 28(3): 626-638 (In Persian)
9. Javanmard, S., J. Badagh Jamali and M.K. Pirhayati. 2011. Development of Daily Gridded precipitation Data Sets with High Spatial and temporal Resolution over Iran Country. The First National Conference on Drought and Climate Change (In Persian).
10. Kashki, A., A. Dadashi Roudbari. 2017. Analysis of rainy days in Iran based on output Aphrodite Precipitation Database. Physical Geography Research Quarterly, 49(3): 503-521 (In Persian).
11. Mair, A. and A. Fares. 2011. Comparison of Rainfall Interpolation Methods in a Mountainous Region of a Tropical Island. Journal of Hydrologic Engineering, 16(4): 371-383.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-02-04]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.97]

12. Masoodian, S., F. Rayatpishe and M. Keykhosravi Kiani. 2014. Introducing the TRMM and Asfezariprecipitation database: A comparative study. Iranian Journal of Geophysics, 8(4) (In Persian).
13. MirMousavi, H., A. Mazidi and Y. Khosravi. 2010. Determine the best methods of Geostatistics to estimate the distribution of rainfall using GIS. (Case Study: Esfahan Province). Journal of Geographic Space, 30(10): 105-120 (In Persian).
14. Nadi, M. and H. Baziyarpoor. 2017. Evaluation and modification of Aphrodite daily precipitation network in Golestan province. Journal of Water and Soil Conservation, 24(4): 273-286 (In Persian).
15. Nadi, M. and H. Baziyarpoor. 2017. Evaluation the accuracy of Aphrodite daily rainfall network in Gilan and Mazandaran provinces. The first national conference on forests of northern Iran (past, present, future), University of Guilan, Rasht (In Persian).
16. Nadi, M., M. Jamei and M.J. Bazrafshan. 2012. Evaluation of Different Methods for Interpolation of Mean Monthly and Annual Precipitation Data (Case Study: Khuzestan Province). Journal of Physical Geography Research Quarterly, 44(4): 117-130 (In Persian).
17. Nasrabadi, E., S.A. Masoodian and H. Asakereh. 2013. Comparison of gridded precipitation time series data in APHRODITE and Asfazari databases within Iran's territory, 3(2): 235-248.
18. Nasrabadi, I., S.A. Masoudian and H. Asakreh. 2014. Identification and spatial distribution of daily rainfall probability patterns in Iran. Scientific Journals Management System, 33: 237-255 (In Persian).
19. Ono, K. and K. So. 2011. Analysis of extreme daily rainfall in Southeast Asia with a gridded daily rainfall data set. Hydro-climatology, Variability and Change conference, Melbourne, Australia. 169-175 pp.
20. Rahimi, J., M. Ebrahimpour and A. Khalili. 2013. Spatial changes of extended De Martonne climatic zones affected by climate change in Iran. Theoretical and applied climatology, 112(3-4): 409-418.
21. Rajeevan, M. and J. Bhate. 2009. A high resolution daily gridded rainfall dataset (1971-2005) for meso-scale meteorological studies. Curr Sciece, 96: 558-562 pp.
22. Rasu, A.G.G., T. Mahmood, Q. Zaman and S.B. Cheema. 2012. Validation of APHRODITE Precipitation Data for Humid and Sub Humid Regions of Pakistan, Pakistan Journal of Meteorology, 19(17): 45-58.
23. Saghafiyan, B., H. Razmkhah and B. Ghermezcheshm. 2011. Investigation of Regional variations of annual precipitation using geostatistical methods (case study: Fars province). Journal of Management System. 4(9): 29-38 (In Persian).
24. Takashima H., A. Yatagai, H. Kawamoto, O. Arakawa and K. Kamiguchi. 2008. Hydrological Balance over Northern Eurasia from Gauge-based High-resolution Daily Precipitation Data, Hydrological Change and Watershed Management, 10(3): 37-42.
25. Vu, M.T., S.V. Raghavan and S.Y Liong. 2012. SWAT use of gridded observations for simulating runoff – a Vietnam River basin study Hydrology and Earth System Sciences, 16: 2801-2811.
26. Yatagai A., K. Kamiguchi, O. Arakawa, A. Hamada, N. Yasutomi and A. Kitoh. 2012. APHRODITE: Constructing a Long-Term Daily Gridded Precipitation Dataset for Asia Based on a Dense Network of Rain Gauges. Bulltion of American Meteorological Society, 9: 1401-1415.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-02-04]

[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.97]

Evaluation and Modification of Aphrodite Precipitation Network in Estimating Monthly and Annual Precipitation in Central Parts of Iran

Mehdi Nadi[1], Hanieh Baziarpour[2] and Mahmoud Raeini Sarjaz[3]

1- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, (Corresponding author: me_na63@yahoo.com)
2- PhD student in Agricultural Meteorology, Department of Water Engineering, Bu Ali Sina University, Hamadan
3- Professor of Water Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Received: 27 December, 2020 Accepted: 7 April, 2021

Extended Abstract

Introduction and Objective: Precipitation estimation and preparing of accurate rainfall maps in regions with no recorded climatic data is critical in hydrology and meteorology studies. This is more important especially in desert areas that do not have dense meteorological stations. The dense network of Aphrodite daily precipitation provides daily rainfall data at 0.25 * 0.25 degrees in Iran. But before using it must be evaluated and corrected.

Material and Methods: The aim of this study was to investigate the accuracy of Aphrodite network precipitation data in four desert catchments of Iran from the Central Plateau catchment of Iran in monthly and annual time scales. For this purpose, long-term monthly and annual average data of 9 synoptic and 2 rain gauge weather stations of the Meteorological Organization were used. The climate of the stations varies from extra arid, arid and semi-arid. To validate the data at each time scale, the statistics of correlation coefficient, root mean square error and mean bias error were used. Then the network data were modified by coefficient of means ratio. Then, the accuracy of the modified data was compared with the two usual methods of kriging interpolation and weighted inverse distance.

Results: The MBE showed that Aphrodite network data have a good correlation with station data, but it seems that rainfall network estimation is more than the actual data, which some correction coefficients is used to bias correction of rainfall data. The correction factors vary between 0.60 in low rainfall months to 0.94 in high rainfall months. Evaluation of the modified network in different months showed that in addition of solving network over estimation problem, the error was greatly reduced. as well as in the case of annual rainfall, the root mean square error was reduced from 71.25 to 15.19 mm, that indicating, increase network performance by five times after applying correction coefficients.

Conclusion: Comparison of modified network with the interpolation methods showed that, the modified network is much more efficient than the two interpolation methods. Therefore, the use of obtained correction coefficients for Aphrodite network modification is recommended to improve the accuracy of the Aphrodite precipitation network.

Keywords: Bias error correction of Aphrodite network, Overestimation, Rainfall network, Rainfall estimation

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-02-04]

[DOI: 10.52547/jwmr.13.25.97]