نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و چهارم، شماره چهارم، ۱۳۹۶
http://jwsc.gau.ac.ir

ارزیابی دقت و اصلاح شبکه بارش روزانه آفرودیت در استان گلستان

***مهدی نادی[۱] و هانیه بازیارپور[۲]**

[۱]استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،

[۲]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۲۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۷/۲

چکیده

سابقه و هدف: برآورد بارش در مناطق فاقد آمار هواشناسی اهمیتی حیاتی در مطالعات هیدرولوژی و هواشناسی دارد. این مسأله در کشور ما که فاقد شبکه متراکم ثبت بارش به‌ویژه در مناطق مرتفع می‌باشد، اهمیت بیش‌تری پیدا می‌کند. شبکه متراکم بارش آفرودیت، داده‌های روزانه بارش را در گره‌های ۰/۲۵×۰/۲۵ درجه در محدوده ایران اختیار قرار می‌گذارد اما قبل از استفاده از آن صحت شبکه و عدم قطعیت آن باید بررسی گردد. در مورد این پایگاه داده در ایران و جهان مطالعات محدودی صورت گرفته است. این پژوهش با هدف بررسی دقت و صحت داده‌های بارش شبکه آفرودیت در استان گلستان در مقیاس‌های مختلف زمانی روزانه، ماهانه و سالانه انجام شد. همچنین دقت این شبکه با روش‌های معمول درون‌یابی مقایسه و داده‌های آن برای کاربردی نمودن هرچه بیش‌تر اصلاح شد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش از داده‌های ۲٤ ایستگاه هواشناسی شامل ۵ ایستگاه همدیدی و ۱۹ ایستگاه باران‌سنجی به‌منظور ارزیابی شبکه آفرودیت استفاده شد. نقاط شبکه بر مبنای نزدیک‌ترین نقطه به ایستگاه‌های هواشناسی انتخاب شدند و آنالیز داده‌ها در ۳ مقیاس روزانه، ماهانه و سالانه انجام شد. پس از بررسی و ارزیابی دقت داده‌های شبکه، به‌منظور اصلاح خطای داده‌های بارش ماهانه و سالانه شبکه، از ضریب اصلاحی نسبت میانگین‌ها استفاده شد. سپس دقت داده‌های اصلاح‌شده این شبکه با دو روش معمول درون‌یابی کریجینگ عمومی و وزنی عکس فاصله مقایسه شد. برای ارزیابی این روش‌ها تکنیک اعتبارسنجی ارزیابی متقاطع به‌کار گرفته شد و با محاسبه آماره‌های خطا، روش‌های مختلف با یکدیگر مقایسه شدند.

یافته‌ها: نتایج حاصل از به‌کارگیری شاخص خطای اریبی جهت ارزیابی خطا در هر ۳ مقیاس روزانه، ماهانه و سالانه نشان داد که در همه مقیاس‌های مورد بررسی داده‌های آفرودیت علی‌رغم همبستگی بسیار خوب با داده‌های ایستگاهی، دارای خطای کم‌برآوردی زیادی هستند که این خطا در نقاط پربارش بیش‌تر است. ضرایب به‌دست آمده برای اصلاح داده‌های ماهانه و سالانه شبکه بین ۱/۲ در ماه‌های سرد تا ۱/۸ در ماه‌های گرم تغییر می‌کند. بررسی خطای شبکه اصلاح‌شده در ماه‌های مختلف نشان داد علاوه بر رفع مشکل کم‌برآوردی، میانگین خطا نیز به مقدار زیادی کاهش یافته است، همچنین در مورد بارش سالانه، جذر میانگین مربعات خطا از ۲٤۷ به ۱۹٤ میلی‌متر تقلیل

* مسئول مکاتبه: mehdi.nadi@gmail.com

یافته است. 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 که شبکه اصلاح‌شده از هر دو روش درون‌یابی کارآمدتر است. بررسی ضرایب همبستگی داده‌های واقعی و برآوردی نشان داد که همبستگی شبکه اصلاح‌شده با داده‌های واقعی در همه ماه‌ها مثبت است اما در روش‌های وزنی عکس فاصله و کریجینگ عمومی در برخی موارد ضریب همبستگی منفی به‌دست آمد که نشان می‌دهد شبکه اصلاح‌شده علاوه بر خطای کم‌تر در تشخیص درست نقاط کم‌بارش و پربارش منطقه نسبت به روش‌های درون‌یابی کارآمدتر است.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که شبکه متراکم آفرودیت دقت بسیار خوبی در تخمین بارش نقاط فاقد ایستگاه هواشناسی به‌خصوص در مناطق مرتفع دارد و نسبت به روش‌های درون‌یابی کریجینگ عمومی و وزنی عکس فاصله نتایج دقیق‌تری دارد، ولی به‌دلیل مشکل کم‌برآوردی داده‌های این شبکه، قبل از عملیاتی کردن داده‌ها شبکه باید اصلاح گردد.

واژه‌های کلیدی: بارش روزانه، اصلاح شبکه آفرودیت، کم‌برآوردی، روش‌های درون‌یابی

مقدمه

بارش یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های 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 باران‌سنجی و ناکافی بودن داده‌های مشاهداتی بارندگی، کشورهای در حال توسعه از جمله ایران را با چالش پایش بارش روبه رو کرده است (۵). برای تخمین داده‌های بارش در نقاط فاقد ایستگاه معمولاً از روش‌های درون‌یابی آماری و زمین آماری استفاده می‌شود. که البته در هر منطقه روش مناسب باید تعیین گردد. به‌عنوان مثال نادی و همکاران (۱۳۹۱) برای درون‌یابی داده‌های بارش ماهانه و سالانه استان خوزستان روش رگرسیون- کریجینگ را پیشنهاد کردند (۱۰). در زمینه تعیین روش مناسب درون‌یابی داده‌های بارش می‌توان به مطالعات قربانی (۱۳۹۱)، میرموسوی و همکاران (۱۳۸۹) و ثقفیان و همکاران (۱۳۹۰) در داخل کشور و مطالعات فرانسیسکو (۲۰۱۰) در جنوب‌غرب اسپانیا و مایر و فارس (۲۰۱۱) در جنوب هاوایی اشاره نمود (۲، ۳، ۸، ۹ و ۱٦). 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، PERSIANN و APHRODITE[1] (آفرودیت) 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

1- Asian Precipitation-Highly Resolved Observational Data Integration Towards the Evaluation of Water Resources

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[1] صورت پذیرفت (۱۸). 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. به‌عنوان مثال جامعی و همکاران (۱۳۹۳) با مقایسه داده‌های بارندگی روزانه حاصل از مدل‌های درون‌یابی و داده‌های شبکه آفرودیت در ٤٤ ایستگاه هواشناسی استان خوزستان، دریافتند که روش درون‌یابی رگرسیون کریجینگ دقت بالاتری در برآورد بارندگی دارد اما در مورد سایر روش‌های معمول مانند روش عکس فاصله و کریجینگ، دقت داده‌های این شبکه بالاتر است (٦). بارانی‌زاده و همکاران (۱۳۹۰) صحت داده‌های الگوریتم ماهواره‌ای PERSIANN، را با استفاده از داده‌های بارندگی شبکه آفرودیت، مورد ارزیابی قرار دادند (۱). جوانمرد و همکاران (۱۳۹۰) 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 (۷). رضیئی و همکاران (۱۳۸۹) برای شناسایی الگوهای روزانه گردش جوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بر روی خاورمیانه و ایران در فصل زمستان، داده‌های میانگین روزانه شبکه آفرودیت را به‌کار بردند (١٤). رضیئی و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از داده‌های آفرودیت، رابطه بین انواع گردش‌های جوی بزرگ مقیاس و رژیم فصلی بارندگی روزانه در کشور ایران را ارزیابی نمودند (۱۵). ویو و همکاران (۲۰۱۲) 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 (۱۷). گوهر و همکاران (۲۰۱۲) 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 (٤). رجیوان و بهت (۲۰۰۹) به‌منظور بررسی کیفیت داده‌های شبکه بارندگی هند، به مقایسه این داده‌ها با داده‌های شبکه آفرودیت پرداختند (۱۳). 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 هم‌بارش و برآورد بارش نقاط فاقد ایستگاه به‌خصوص ارتفاعات صعب‌العبور دارد. ارزیابی دقت داده‌های این شبکه در مناطق محدودی از ایران از جمله استان خوزستان توسط جامعی و همکاران، (۱۳۹۳) انجام شده است (٦). با توجه به این‌که نادی و همکاران (۱۳۹۲) دریافتند که روش‌های معمول درون‌یابی در ارتفاعات گرگان که دارای توپوگرافی پیچیده‌ای است، خطای زیادی به همراه دارد و از طرفی بررسی دقت این شبکه در استان‌های شمالی و شرقی ایران تاکنون انجام نشده است (۱۱) در این پژوهش هدف بررسی دقت و صحت داده‌های بارش شبکه آفرودیت در استان گلستان در مقیاس‌های مختلف زمانی روزانه، ماهانه و سالانه است و در صورت امکان ارائه روشی برای اصلاح داده‌های این شبکه برای کاربردی نمودن هر چه بهتر این شبکه در منطقه مورد مطالعه است.

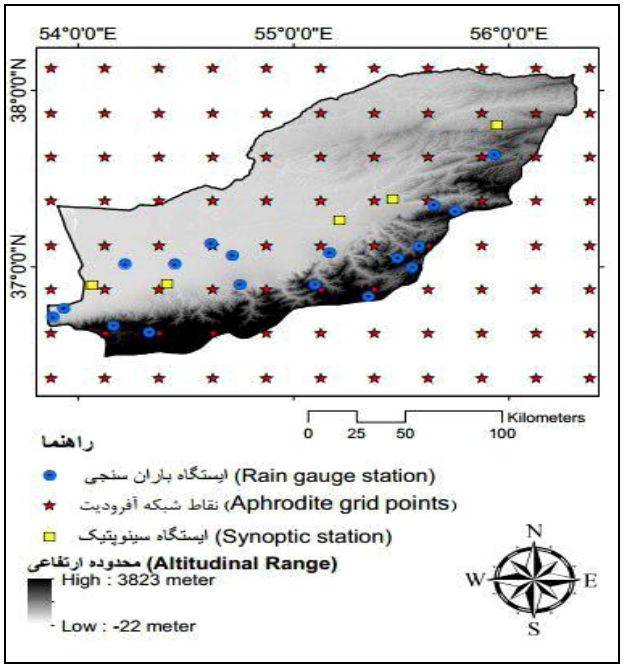
مواد و روش‌ها

استان گلستان با وسعت ۲۰۳٦۷ کیلومترمربع، بین ۳٦ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه تا ٥٦ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی در بخش شمالی ایران واقع شده است. محدوده ارتفاعی این استان از ۲۲- در سواحل خزر تا ۳۸۲۳ متر در ارتفاعات جنوبی می‌باشد.

1- Angular-Distance-Weighting

داده‌های مورد استفاده: داده‌های یکپارچه مشاهداتی بارندگی آسیا با قدرت تفکیک بالا (APHRODITE) به‌منظور ارزیابی منابع آب به‌صورت سه مجموعه مجزا مناطق موسمی آسیا، خاورمیانه و روسیه را پوشش داده و با قدرت تفکیک مکانی ۰/۲۵ × ۰/۲۵ درجه و با مقیاس زمانی روزانه در دوره ۲۰۰۷-۱۹۵۱ تهیه شده و در پایگاه اینترنتی http://www.chikyu.ac.jp/precip/index.html موجود می‌باشند (٦).

با توجه به این‌که فایل داده‌ها در فرمت NETCDF موجود می‌باشد، ابتدا به فرمت Excel تبدیل شد. سپس نقاط واقع در محدوده استان گلستان، از مجموعه داده‌های کل منطقه خاورمیانه استخراج گردید. در شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی منتخب و نقاط شبکه نشان داده شده است. برای مقایسه و ارزیابی دقت داده‌های بارش شبکه آفرودیت، از داده‌های ۵۵ ایستگاه همدیدی و باران‌سنجی سازمان هواشناسی استفاده شد. اما با توجه به این‌که برای ارزیابی نقاط شبکه از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به هر گره شبکه استفاده شد، در بعضی از نقاط گره چندین ایستگاه هواشناسی در دسترس بود که نزدیک‌ترین و معتبرترین ایستگاه انتخاب شد. بنابراین در مجموع از داده‌های ۲٤ ایستگاه هواشناسی شامل ۵ ایستگاه همدیدی و ۱۹ ایستگاه باران‌سنجی استفاده شد که مشخصات آن‌ها به همراه موقعیت نقاط متناظر از شبکه آفرودیت در جدول ۱ موجود می‌باشد. برای ارزیابی نقاط از داده‌های بارش روزانه سال ۲۰۰۵ (دارای کم‌ترین خلا آماری ایستگاه‌ها) استفاده شد و آنالیز داده‌ها در ۳ مقیاس روزانه، ماهانه و سالانه انجام شد. همچنین راهکاری برای اصلاح خطای شبکه ارائه گردید.



شکل ۱- پراکندگی ایستگاه‌های هواشناسی و نقاط شبکه آفرودیت در استان گلستان.

Figure 1. Distribution of meteorological station and Aphrodite grid points in Golestan province.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی و نزدیک‌ترین نقاط شبکه به آن‌ها.

Table 1. Meteorological station Characteristics and nearest grid points.

ردیف row	نام ایستگاه Station name	ارتفاع ایستگاه Elevation	مختصات ایستگاه Meteorological station Coordinate		مختصات نزدیک‌ترین نقطه Nearest point coordinate		نوع ایستگاه Type of station
			عرض جغرافیایی latitude	طول جغرافیایی longitude	عرض جغرافیایی latitude	طول جغرافیایی longitude	
1	خدمات کشاورزی آزادشهر Azadshahr	183	37.08	55.17	37.125	55.125	باران‌سنجی rain gauge
2	خوش‌ییلاق Khosh Yeylagh	1740	36.83	55.35	36.875	55.375	باران‌سنجی rain gauge
3	وامنان Vamanan	1373	37.00	55.55	37.125	55.625	باران‌سنجی rain gauge
4	جهاد کشاورزی آق قلا Agh ghalaa	-4	37.02	54.45	37.125	54.375	باران‌سنجی rain gauge
5	جهاد کشاورزی انبارالوم Anbar aloum	13	37.13	54.62	37.125	54.625	باران‌سنجی rain gauge
6	خدمات کشاورزی بندرگز Bandar Gaz	-16	36.77	53.93	36.875	53.875	باران‌سنجی rain gauge
7	لیوان شرقی Livan Sharghi	15	36.72	53.88	36.625	53.875	باران‌سنجی rain gauge
8	خدمات کشاورزی سیمین‌شهر Simin Shahr	-13	37.02	54.22	37.125	54.125	باران‌سنجی rain gauge
9	پاقلعه Pa Ghaleh	1200	36.90	55.10	36.875	55.125	باران‌سنجی rain gauge
10	جهاد کشاورزی گری‌دوجی Gari Douji	26	37.07	54.72	37.125	54.625	باران‌سنجی rain gauge
11	خدمات کشاورزی فاضل‌آباد Fazel Abad	206	36.90	54.75	36.875	54.625	باران‌سنجی rain gauge
12	دراز نو Deraz No	2620	36.67	54.17	36.625	54.125	باران‌سنجی rain gauge
13	حاجی‌آباد Haji Abad	2112	36.63	54.33	36.625	54.375	باران‌سنجی rain gauge
14	گلی‌داغ Goli dagh	961	37.63	55.93	37.625	55.875	باران‌سنجی rain gauge
15	خدمات کشاورزی دوزین Dozin	1007	37.12	55.58	37.125	55.625	باران‌سنجی rain gauge
16	قلعه قافه Ghaleh Ghaaf	1312	37.05	55.48	37.125	55.375	باران‌سنجی rain gauge
17	کندسکوه Kondeskouh	1133	37.32	55.75	37.375	55.875	باران‌سنجی rain gauge
18	لوه Loveh	306	37.35	55.65	37.375	55.625	باران‌سنجی rain gauge
19	افراتخته Afraa Takhteh	1523	36.78	54.97	36.875	54.875	باران‌سنجی rain gauge
20	مراوه‌تپه Marave Tapeh	460	37.80	55.94	37.875	55.875	سینوپتیک Synoptic
21	گرگان Gorgan	13	36.91	54.41	36.875	54.375	سینوپتیک Synoptic
22	کلاله (فرودگاه) Kalaleh	129	37.39	55.46	37.375	55.375	سینوپتیک Synoptic
23	گنبد کاووس Gonbad Kavous	37	37.27	55.21	37.375	55.125	سینوپتیک Synoptic
24	بندرترکمن Bandar Torkaman	-10	36.90	54.07	36.875	54.125	سینوپتیک Synoptic

به‌منظور ارزیابی دقت داده‌های روزانه، وقایع بارش روزانه فراگیر در شش روز مختلف در سال ۲۰۰۵ که بارندگی در تمام ایستگاه‌ها رخ داده باشد، انتخاب شده و مورد بررسی قرار گرفت. 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 و سپس آنالیزهای آن انجام شد. برای صحت‌سنجی داده‌ها در هر مقیاس، از آماره‌های ضریب همبستگی (R)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین اریبی خطا (MBE) استفاده شد. ضریب همبستگی درجه ارتباط بین داده‌های برآوردی با داده‌های ایستگاهی را توصیف می‌کند. این ضریب مشخص می‌کند که پراکندگی نقاط شبکه و داده‌های ایستگاهی چه‌قدر به خط مستقیم نزدیک هستند. ممکن است مجموعه داده‌های یک شبکه برخلاف خطای زیاد، همبستگی بالایی با مجموعه داده‌های ایستگاهی داشته باشند. شاخص MBE متوسط خطای برآورد را اندازه‌گیری می‌کند و شاخصی از میزان بیش برآوردی یا کم‌برآوردی است. مقدار MBE می‌تواند از منفی بی‌نهایت تا مثبت بی‌نهایت باشد که مقدار مناسب آن صفر است. ریشه میانگین مربعات خطا بزرگی خطای متوسط را اندازه می‌گیرد، اما به خطاهای بزرگ‌تر وزن بزرگ‌تری می‌دهد. در معادلات زیر ES مقدار برآورد شده و AC مقدار داده‌های ایستگاهی و n تعداد ایستگاه‌ها است.

$$RMSE = \left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(ES-AC)^2\right]^{1/2} \qquad (۱)$$
$$MBE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(ES-AC)$$

علاوه بر شاخص‌های فوق برای بی‌بعد کردن شاخص RMSE نسبت به میانگین بارش، از شاخص NDRMSE نیز استفاده شد که از حاصل تقسیم RMSE بر میانگین بارش در مقیاس مورد بررسی، به‌دست آمد. پس از بررسی و ارزیابی دقت داده‌های شبکه، روشی برای اصلاح این شبکه ارائه شد و در ادامه دقت داده‌های اصلاح شده این شبکه با دو روش معمول درون‌یابی کریجینگ عمومی و وزنی عکس فاصله در مقیاس ماهانه و سالانه مقایسه شد. برای محاسبه روش‌های درون‌یابی از نرم‌افزار GS+ استفاده شد. همچنین برای ارزیابی این روش‌ها تکنیک اعتبارسنجی ارزیابی متقاطع[1] به‌کار گرفته شد. در این روش اعتبارسنجی، یکی از داده‌ها حذف شده و ضرایب واسنجی بر اساس سایر داده‌ها محاسبه شده و این ضرایب برای ارزیابی نقطه حذف شده استفاده می‌شود و این کار به تعداد کل نقاط تکرار می‌شود. پس از آن با محاسبه آماره‌های خطا، روش‌های مختلف با یکدیگر مقایسه شدند.

بحث و نتایج

برای ارزیابی در مقیاس روزانه از داده‌های روزانه ۲٤ ایستگاه مورد بررسی در ٦ روز با بارش نسبتاً همه‌گیر سال ۲۰۰۵ استفاده شد که نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است. مقدار متوسط خطای روزانه در بارش‌های فراگیر تقریبا بین ۱۰ تا ٤۰ میلی‌متر تغییر می‌کند. بررسی مقدار شاخص خطای اریبی نشان داد که داده‌های این شبکه به‌طور متوسط بارش روزانه را بین ۵ تا ۲۰ میلی‌متر کم‌تر از داده‌های واقعی برآورد می‌کنند. همچنین مقدار همبستگی داده‌های ایستگاهی و شبکه در همه روزها مثبت بوده و می‌توان گفت همبستگی‌ها در روزهای گرم تقریباً بیش‌تر از روزهای سرد است. بررسی شاخص NDRMSE نشان می‌دهد که تقریباً بین ۵۰ تا ۹۵ درصد خطا وجود دارد. البته برای تاریخ ۱۰ آگوست

1- Cross Validation

مقدار خطا ۱۵۰ درصد به‌دست آمد. برای بررسی دقیق‌تر در مورد علت وقوع این خطای زیاد بررسی دقیق در سطح ایستگاه‌ها انجام شد و مشخص شد که عمده این خطا مربوط به ایستگاه‌های گلی‌داغ، لوه و کندسکوه و قلعه قافه واقع در ارتفاعات شمال‌شرق استان می‌باشد که در این تاریخ سیل معروف ۱۹ مرداد سال ۱۳۸٤ به‌وقوع پیوست که در طی آن ۲۰ قربانی و ۱۲ مفقودی را در پی داشت.

جدول ۲- آماره‌های خطای بارش روزانه شبکه آفرودیت در شش روز از سال ۲۰۰۵.

Table 2. Error statistics of Aphrodite data network in six days of 2005.

ضریب همبستگی R	میانگین خطای اریب MBE	میانگین مربعات خطای بی‌بعد NDRMSE	میانگین مربعات خطا RMSE	تاریخ Date
0.08	-5.73	0.90	12.07	7/1/2005
0.02	-10.86	0.81	17.96	11/1/2005
0.52*	-6.46	0.54	10.98	22/2/2005
0.67*	-9.37	1.52	20.91	10/8/2005
0.43*	-15.53	0.61	21.90	9/11/2005
0.25	-22.68	0.94	39.59	27/12/2005

* $P < 0.05$

با تبدیل داده‌های روزانه به ماهانه و سالانه دقت شبکه در مورد داده‌های ماهانه و سالانه نیز بررسی شد که نتایج آن در جدول ۳ نشان داده شده است. بررسی این جدول نشان‌دهنده متوسط خطای داده‌های شبکه در تخمین ماهانه بارش بین ۱۱/۲ تا ۵۳/۷ میلی‌متر در ماه‌های مختلف است. همچنین همانند داده‌های روزانه، این شبکه در همه ماه‌های سال بارش را کم‌تر از مقدار واقعی برآورد می‌کند که این مقدار بین ۵/۸ تا ۳۳/۲ میلی‌متر در ماه تغییر می‌کند. همبستگی مثبت بین داده‌های واقعی و شبکه آفرودیت در همه ماه‌ها نشان‌دهنده روند درست در داده‌های شبکه بوده که به‌خوبی قادر به تشخیص مناطق کم‌بارش و پربارش در منطقه است که البته می‌توان گفت تقریباً در ماه‌های گرم سال این همبستگی بیش‌تر است. همچنین ضرایب همبستگی در سطح احتمال ۹۵ درصد مورد آزمون قرار گرفت که نشان داد به‌جز در ماه‌های ژانویه، آگوست و اکتبر، همبستگی داده‌های واقعی و برآوردی معنادار است. اما در مورد داده‌های سالانه سال ۲۰۰۵ (جدول ۳) متوسط خطای برآورد حدوداً ۲٤۷ میلی‌متر است و همچنین این شبکه به‌طور متوسط بارش سال ۲۰۰۵ را ۱٦۰ میلی‌متر کم‌تر از مقدار واقعی برآورد می‌کند. بررسی شاخص بی‌بعد میانگین مربعات خطا نشان داد که این شبکه بین ۳۵ تا ۱۲۰ درصد خطا دارد البته خطای ۱۲۰ درصد مربوط به ماه جولای می‌باشد که به‌دلیل سیل بی‌سابقه مرداد سال ۱۳۸٤ می‌باشد که ارتفاعات شمال شرق را در بر گرفت. البته شایان ذکر است علی‌رغم این‌که مقدار متوسط خطا در ماه‌های گرم کم‌تر از ماه‌های سرد است اما به‌طور نسبی خطای شبکه در ماه‌های گرم افزایش می‌یابد. در مورد بارش سالانه در سطح استان نیز این شبکه به‌طور متوسط ٤۰ درصد خطا دارد.

جدول ۳- ارزیابی دقت داده‌های ماهانه بارش سال ۲۰۰۵ شبکه آفرودیت در استان گلستان.

Table 3. Accuracy evaluation of monthly precipitation Aphrodite data of 2005.

ماه Month	میانگین مربعات خطا RMSE	میانگین مربعات خطای بی‌بعد NDRMSE	میانگین خطای اریب MBE	ضریب همبستگی R
ژانویه (Jan)	53.71	0.49	-33.17	0.18
فوریه (Feb)	26.29	0.48	-13.11	0.56*
مارس (Mar)	27.68	0.46	-8.13	0.48*
آپریل (Apr)	14.60	0.55	-5.83	0.49*
می (May)	20.55	0.35	-8.82	0.61*
ژوئن (Jun)	25.79	0.82	-14.34	0.42*
ژولای (Jul)	18.38	1.21	-6.23	0.69*
آگوست (Aug)	29.05	0.83	-14.82	0.28
سپتامبر (Sep)	11.17	0.57	-4.75	0.59*
اکتبر (Oct)	26.35	0.81	-9.23	0.24
نوامبر (Nov)	35.31	0.38	-19.30	0.45*
دسامبر (Dec)	46.70	0.57	-21.90	0.43*
سالانه (Annual)	247.61	0.40	-159.63	0.42*

* $P < 0.05$

ترسیم داده‌های واقعی و برآوردی در مقیاس سالانه و مقایسه خط رگرسیون برازش‌یافته بر این داده‌ها با خط نیمساز در شکل ۲-A نشان می‌دهد که این خط در بالای خط نیمساز تشکیل شده که مشکل کم‌برآوردی داده‌های بارش شبکه آفرودیت را نشان می‌دهد. اما از طرفی با توجه به وجود همبستگی بسیار خوب بین داده‌های ایستگاهی و نقاط شبکه، می‌توان داده‌های شبکه را با روش نسبت میانگین‌ها (۱۲) اصلاح نمود.

$$APH_{adj} = \frac{\bar{\mu}_{Obs}}{\bar{\mu}_{Aph}} \times APH \qquad (۲)$$

در این روش که طبق رابطه ۲ انجام می‌شود APH داده‌های شبکه آفرودیت بوده و $\bar{\mu}_{Obs}$ و $\bar{\mu}_{Aph}$ به‌ترتیب میانگین داده‌های بارش ایستگاهی و شبکه آفرودیت در ماه مورد بررسی است. بنابراین با تقسیم میانگین داده‌های ایستگاهی به میانگین شبکه، ضریب اصلاح به‌دست می‌آید که با ضرب آن در داده‌های شبکه، داده‌های اصلاح‌شده (APH_{adj}) محاسبه می‌شود. ضرایب اصلاح داده‌های ماهانه و سالانه شبکه در جدول ٤ نشان داده شده است. بر اساس نتایج این جدول ضرایب اصلاحی ماهانه بین ۱/۲ تا ۱/۸ در ماه‌های مختلف تغییر می‌کند که

به‌نظر می‌رسد ضرایب اصلاحی ماه‌های گرم بیش‌تر از ماه‌های سرد سال است. برای داده‌های سالانه ضریب اصلاحی ۱/۳۵ به‌دست آمد. همچنین به‌منظور مقایسه داده‌های اصلاح‌شده شبکه آفرودیت با روش‌های معمول درون‌یابی کریجینگ عمومی و وزنی عکس فاصله، خطای این روش‌ها و شبکه اصلاح‌شده آفرودیت در جدول ٤ نشان داده شده است. برای استفاده از روش وزنی عکس فاصله در این پژوهش توان‌های ۱ تا ۵ بررسی شد که نتایج نشان داد در بیش‌تر موارد توان ۱ کم‌ترین خطا را به همراه داشت. قبل از استفاده از روش کریجینگ عمومی باید نیم‌تغییرنمای تئوری برازش‌یافته بر داده‌ها تعیین گردد که در اکثر موارد مدل کروی[1] به‌دست آمد.

جدول ٤- مقایسه خطای روش‌های مختلف درون‌یابی و شبکه آفرودیت اصلاح‌شده و ضرایب تعدیل شبکه در ماه‌های مختلف.

Table 4. Error Comparison of different interpolation methods and modified Aphrodite network and adjustment coefficients of network in different months.

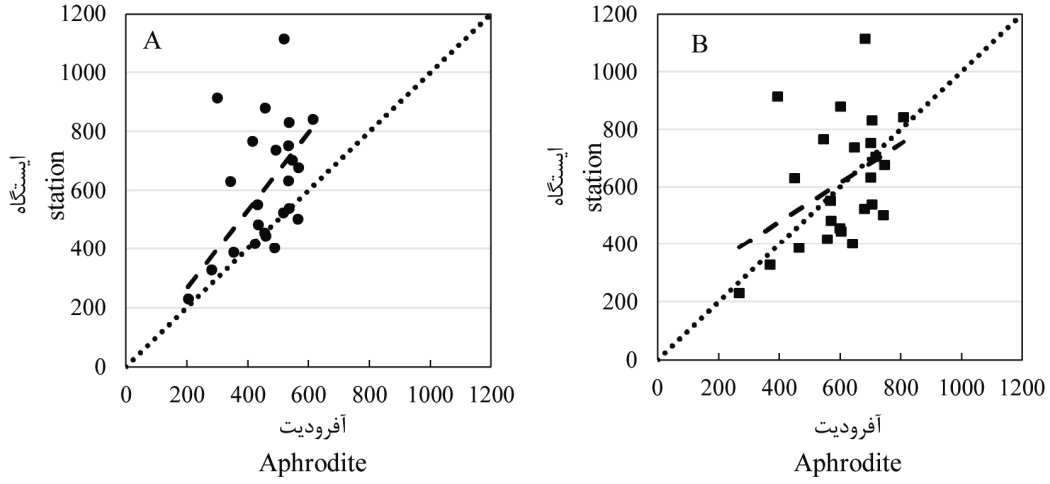
ضریب تعدیل آفرودیت Aphrodite Correction factor	آفرودیت اصلاح شده Modified Aphrodite			کریجینگ عمومی Ordinary kriging			وزنی عکس فاصله Inverse distance weighting			ماه Month
	R	MBE	RMSE	R	MBE	RMSE	R	MBE	RMSE	
1.39	0.18	-3.95	44.55	-0.91*	-8.39	45.05	-0.73*	-6.38	48.44	ژانویه (Jan)
1.31	0.56*	-0.09	22.54	-0.07	-4.80	29.35	-0.03	-4.80	28.65	فوریه (Feb)
1.16	0.48*	0.22	26.33	0.29	-6.44	29.59	0.35	-0.52	30.40	مارس (Mar)
1.26	0.49*	-0.34	13.42	-0.50*	-6.37	17.31	-0.18	-5.22	17.01	آپریل (Apr)
1.18	0.61*	0.11	18.39	-0.43*	-4.07	25.51	-0.25	-4.39	25.32	می (May)
1.81	0.42*	-0.48	21.16	-0.02	0.06	25.20	-0.17	-0.13	24.95	ژوئن (Jun)
1.62	0.69*	-0.68	16.40	0.64*	7.53	21.69	0.57*	-0.39	18.68	ژولای (Jul)
1.62	0.28	-2.10	23.66	0.36	0.46	24.65	0.40*	0.40	23.92	آگوست (Aug)
1.14	0.59*	-2.63	10.88	0.11	0.63	12.26	0.19	1.56	14.09	سپتامبر (Sep)
1.34	0.24	-1.34	25.00	-0.65*	1.93	26.81	-0.25	1.36	28.09	اکتبر (Oct)
1.22	0.45*	-3.24	31.11	-0.81*	0.11	36.11	-0.56*	0.94	35.56	نوامبر (Nov)
1.34	0.43*	-1.73	41.64	0.26	0.92	45.48	0.31	4.72	45.10	دسامبر (Dec)
1.35	0.42*	0.36	194.31	-0.60*	0.1	225.3	-0.53*	5.2	235.65	سالانه (Annual)

* $P < 0.05$

1- Spherical

مقایسه آماره‌های خطای شبکه اصلاح‌شده (جدول ٤) با نتایج قبل از اصلاح (جدول ۳) نشان می‌دهد که خطا به مقدار زیادی کاهش یافته است به‌طوری‌که در بعضی از ماه‌ها مانند ماه ژانویه تا حدود ۱۰ میلی‌متر خطا کم‌تر شده است همچنین در مورد بارش سالانه میانگین خطا از ۲٤۷ به ۱۹٤ میلی‌متر تقلیل یافت و میانگین خطای اریب در حدود ۱٦۰ میلی‌متر کاهش یافته و تقریباً به صفر رسید. 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. همچنین متوسط خطای شبکه از ٤۰ درصد (جدول ۳) به حدود ۳۰ درصد کاهش یافت.

مقایسه داده‌های اصلاح‌شده با روش‌های درون‌یابی در همه ماه‌های مورد بررسی نشان داد، خطای هر دو روش درون‌یابی از داده‌های اصلاح‌شده شبکه بیش‌تر است. به‌علاوه میانگین خطای اریب شبکه اصلاح‌شده نیز از هر دو روش درون‌یابی کم‌تر به‌دست آمد که نشان‌دهنده مرتفع شدن مشکل کم‌برآوردی داده‌های بارش شبکه آفرودیت است. معناداری ضرایب همبستگی در سطح اطمینان ۹۵ درصد نیز انجام شد که نتایج نشان داد در همبستگی داده‌های واقعی و برآوردی در روش وزنی عکس فاصله دو ماه و در روش کریجینگ تنها یک ماه مثبت و معنادار بود در حالی‌که در مورد شبکه اصلاح‌شده در ۱۰ ماه و همچنین داده‌های سالانه همبستگی مثبت و معنادار دارند. اما ضرایب همبستگی معنادار منفی در دو روش درون‌یابی مورد بررسی نشان می‌دهد این روش‌ها علاوه بر میانگین خطای زیاد، در تشخیص نقاط کم‌بارش و پربارش به طرز معناداری کاملاً عکس رفتار می‌کنند یعنی نقاط کم‌بارش منطقه را پربارش و نقاط پربارش را کم بارش تشخیص داده‌اند. در مورد داده‌های بارش سالانه نیز علاوه بر همبستگی بیش‌تر داده‌های واقعی و برآوردی شبکه اصلاح‌شده نسبت به روش‌های درون‌یابی، اصلاح داده‌های شبکه به‌طور چشمگیری خطای تخمین بارش سالانه را نسبت به استفاده از روش‌های درون‌یابی کاهش داده است. به‌طوری‌که مقدار خطای بارش سالانه از مقدار ۲۳۵ میلی‌متر در روش عکس فاصله به ۱۹٤ میلی‌متر کاهش یافته است. برای بررسی چشمی تأثیر اعمال ضریب اصلاحی بر افزایش دقت داده‌های شبکه، نمودار پراکنش داده‌های واقعی و برآوردی و مقایسه با خط نیمساز، قبل و بعد از اعمال ضریب اصلاحی سالانه در شکل ۲ نشان داده شده است. این شکل به‌خوبی نشان می‌دهد که پس از اعمال ضریب اصلاحی خط پراکنش داده‌ها به خط نیمساز نزدیک‌تر شده و در نتیجه آن مشکل کم‌برآوردی داده‌های شبکه مرتفع می‌گردد. البته در شکل ۲ دو ایستگاه خطای زیادی را نشان می‌دهند که ایستگاه‌های گلی‌داغ و پاقلعه می‌باشند که به‌نظر می‌رسد متأثر از سیلاب مرداد سال ۱۳۸٤ در منطقه است. که البته بعد از اصلاح شبکه تا حدودی خطا کاهش یافت و برآورد بارش سالانه در این ایستگاه‌ها دقیق تر از روش‌های معمول درون‌یابی به‌دست آمد.



شکل ۲- بارش سال ۲۰۰۵ ثبت‌شده در ایستگاه‌ها و شبکه آفرودیت قبل (A) و بعد (B) از اصلاح داده‌های شبکه و مقایسه با خط ۱:۱.

Figure 2. Comparison of annual recorded rainfall and Aphrodite Network of 2005 before (A) and after (B) network correction and compare with line (1:1).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش دقت شبکه متراکم داده‌های بارش روزانه آفرودیت در مقیاس‌های زمانی روزانه، ماهانه و سالانه بر اساس داده‌های ثبت‌شده در سال ۲۰۰۵ ایستگاه‌های هواشناسی استان گلستان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد داده‌های بارش شبکه آفرودیت در بیش‌تر ماه‌ها و همچنین داده‌های سالانه همبستگی مثبت و معناداری با داده‌های ثبت‌شده در ایستگاه‌های هواشناسی دارند البته در مورد داده‌های روزانه کارایی شبکه کم‌تر از داده‌های ماهانه و سالانه است. به‌طور قطع می‌توان گفت داده‌های این شبکه در همه مقیاس‌های زمانی و در اغلب ایستگاه‌های مورد بررسی از مقادیر واقعی کم‌تر بوده و به اصطلاح دارای خطای کم‌برآوردی است که این خطا در نقاط پربارش بیش‌تر است. مشکل کم‌برآوردی داده‌های این شبکه قبلاً نیز توسط جامعی و همکاران (۱۳۹۳) در استان خوزستان (٦) و رجیوان و بهت (۲۰۰۹) در برآورد بارش‌های هند گزارش شده است (۱۳). با اطمینان از این‌که شبکه آفرودیت داده‌های بارش را کم‌تر از واقعیت برآورد می‌کند و از طرفی همبستگی نسبتاً خوبی بین داده‌های واقعی و برآوردی وجود دارد، در این پژوهش از یک ضریب اصلاحی ثابت برای تصحیح داده‌های ماهانه و سالانه شبکه استفاده شد که این ضریب از نسبت میانگین داده‌های واقعی و شبکه آفرودیت به‌دست آمد و مقدار آن برای داده‌های ماهانه بارش بین ۱/۲ در ماه‌های سرد تا ۱/۸ در ماه‌های گرم تغییر می‌کند. مقایسه شبکه اصلاح‌شده با دو روش پرکاربرد درون‌یابی وزنی عکس فاصله و کریجینگ عمومی بیانگر برتر بودن این داده‌ها نسبت به روش‌های مرسوم درون‌یابی است. به‌طوری‌که در مورد بارش سالانه شبکه اصلاح‌شده خطا را ٤٠ میلی‌متر کم‌تر از روش‌های درون‌یابی تخمین زده است. به‌علاوه این شبکه نسبت به روش‌های درون‌یابی مورد بررسی به‌طور معناداری مراکز کم‌بارش و پربارش را دقیق‌تر تشخیص می‌دهد.

با توجه به این‌که بخش قابل‌توجه بارش‌ها در ارتفاعات ریزش می‌کند و همچنین به‌دلیل صعب‌العبور بودن ارتفاعات امکان نصب ایستگاه‌های هواشناسی مقدور نمی‌باشد، استفاده از داده‌های اصلاح‌شده شبکه آفرودیت به‌دلیل تراکم بسیار خوب نقاط گره

(۰/۲۵×۰/۲۵ درجه) در ارتفاعات دور از دسترس نیز داده در اختیار قرار می‌گذارد، چیزی که روش‌های درون‌یابی قادر به انجام آن نیستند. وضعیت پیچیده توپوگرافی ارتفاعات استان گلستان و کارایی کم‌تر روش‌های درون‌یابی در تخمین بارش قبلاً توسط نادی و همکاران (۱۳۹۲) به آن اشاره شده است (۱۱). بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان گفت، استفاده از شبکه آفرودیت به‌دلیل دقت و تراکم بسیار خوب برای تخمین بارش در نقاط فاقد ایستگاه هواشناسی به‌خصوص در مناطق صعب‌العبور نتایج دقیق‌تری نسبت به استفاده از روش‌های درون‌یابی را دارد ولی به‌دلیل مشکل کم‌برآوردی داده‌های این شبکه حتماً از ضرایب پیشنهادی در این پژوهش استفاده گردد. همچنین توصیه می‌شود دقت این شبکه در بخش‌های دیگر کشور از جمله بخش‌های مرکزی و جنوبی و غرب کشور بررسی گردد و در صورت نیاز ضرایب اصلاحی در سایر بخش‌های کشور تعیین شود.

منابع

1.Baranizade, E., Javanmard, S., Bodagh Jamali, J., and Abedini, Y.A. 2011. Drought monitoring in Iran using Network precipitation Data with high resolution (Aphrodite). The First National Conference on drought and climate change.

2.Francisco, J.M. 2010. Comparison of different geostatistical approaches to map climate variables: application to precipitation. Inter. J. Climatol. 30: 620-631.

3.Ghorbani, Kh. 2012. Geographically Weighted Regression: A Method for Mapping Isohyets in Gilan Province. J. Water Soil. 26: 3. 743-752. (In Persian)

4.Gohar, A., Rasul, G., Mahmood, T., Zaman, Q., and Cheema, S.B. 2012. Validation of APHRODIT precipitation data for humid and sub humid regions of Pakistan. Pak. J. Meteorol. (Pakistan). 9: 17. 57-69.

5.Gruber, A., and Levizzani, V. 2008. Assessment of Global Precipitation Products. A project of the World Climate Research Programme Global Energy and Water Cycle Experiment (GEWEX) radiation panel"; WCRP Report, No. 128, WMO/TD, No. 1430.

6.Jamei, M., Mousavi Baygi, M., and Bannayan Awal, M. 2014. Validation of Grid APHRODIT Daily Precipitation Estimates and Estimates derived from spatial interpolation of Precipitation in the Khuzestan province. J. Water Soil. 28: 3. 626-638. (In Persian)

7.Javanmard, S., Badagh Jamali, J., and Pirhayati, M.K. 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.

8.Mair, A., and Fares, A. 2011. Comparison of Rainfall Interpolation Methods in a Mountainous Region of a Tropical Island. J. Hydrol. Engin. 16: 4. 371-383.

9.Mir Mousavi, H., Mazidi, A., and Khosravi, Y. 2010. Determine the best methods of Geostatistics to estimate the distribution of rainfall using GIS. (Case study: Esfahan province). J. Geograph. Space. 30: 10. 105-120. (In Persian)

10.Nadi, M., Jamei, M., and Bazrafshan, M.J. 2012. Evaluation of Different Methods for Interpolation of Mean Monthly and Annual Precipitation Data (Case Study: Khuzestan Province). J. Physic. Geograph. Res. Quar. 44: 4. 117-130. (In Persian)

11.Nadi, M., Khalili, A., Pourtahmasi, K., and Bazrafshan, J. 2013. Comparing the Various Interpolation Techniques of Climatic Data for Determining the Most Important Factors Affecting the Trees Growth in the Elevated Areas of Chaharbagh, Gorgan. J. For. Wood Prod. 66: 1. 83-95. (In Persian)

12.Ono, K., and So, K. 2011. Analysis of extreme daily rainfall in Southeast Asia with a gridded daily rainfall data set. Hydro-climatology, Variability and Change conference, Melbourne, Australia, Pp: 169-175.

13.Rajeevan, M., and Bhate, J. 2009. A high resolution daily gridded rainfall dataset (1971-2005) for meso-scale meteorological studies. Curr. Sci. 96: 558-562.
14.Raziei, T., Azizi, Gh., Mohamadi, H., and Khoshakhlagh, F. 2010. 500 Hpa Wintertime Daily Circulation Types over Iran and the Middle East. J. Physic. Geograph. Res. Quar. 42: 4. 17-34. (In Persian)
15.Raziei, T., Mofidi A., Santos, J., and Bordi, I. 2011.Spatial patterns and regimes of daily precipitation in Iran in relation to large-scale atmospheric circulation. Inter. J. Climatol. 32: 8. 1226-1237.
16.Saghafiyan, B., Razmkhah, H., and Ghermezcheshm, B. 2011. Investigation of Regional variations of annual precipitation using geostatistical methods (Case study: Fars province). J. Manage. Syst. 4: 9. 29-38. (In Persian)
17.Vu, M.T., Raghavan, S.V., and Liong, S.Y. 2012. SWAT use of gridded observations for simulating runoff – a Vietnam river basin study Hydrology and Earth System Sciences. 16: 2801-2811.
18.Yatagai, A., Kamiguchi, K., Arakawa, O., Hamada, A., Yasutomi, N., and Kitoh, A. 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.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 24(4), 2017
http://jwsc.gau.ac.ir

Evaluation and modification of Aphrodite daily precipitation network in Golestan province

***M. Nadi[1] and H. Baziyarpoor[2]**

[1]Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University,
[2]M.Sc. Student, Dept. of Water Engineering, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University
Received: 02/15/2017; Accepted: 09/24/2017

Abstract

Background and Objectives: Rainfall estimation in regions facing lack meteorological stations is critical in hydrology and meteorology studies. The problem in Iran that lacks dense weather station network, especially in the highlands, is more important. Aphrodite is a dense network that provides daily precipitation data in a resolution of 0.25*0.25 degree. But before operating network, its accuracy and uncertainty should be evaluated. About this database, few studies have been conducted in Iran and the world. This study aimed to evaluate the accuracy of Aphrodite in Golestan province at daily, monthly and yearly scales. Also its accuracy compared with two conventional interpolation techniques and for more data operation, the network was modified.

Materials and Methods: In this study, 19 rain gauges and 5 synoptic stations were used to evaluate the Aphrodite network. Grid points network were selected based on the nearest point to meteorological station and data analysis was performed in daily, monthly and yearly scales. After accuracy evaluation of network, the correction factor of means ratio was employed for modification of monthly and annual rainfall network data. As well modified network data were compared with interpolation methods of Ordinary Kriging (OK) and Inverse Distance Weighting (IDW). Cross-validation technique was used for evaluation and error indices was calculated for comparison of different methods.

Results: The results of MBE in all studied scales showed that in spite of good correlation of Aphrodite and meteorological data, Aphrodite data has large underestimation error that this is higher in high rainfall areas. Obtained modification factors of the monthly and annual data vary from 1.2 to 1.8 in cold and warm months, respectively. In addition to removal underestimation error from modified network, the average of error is reduced remarkably. Also RMSE of annual rainfall data, is declined from 247 to 194 mm. considering that, network modification needs to be multiplied in a constant (correction factor) so the correlation coefficients remained unchanged. Comparison of modified data network with interpolation methods showed that modified network is more efficient than both interpolation methods. Correlation coefficients of actual and estimated data showed that the correlation of modified network with actual data is positive in all the months but in case of IDW and OK, correlation coefficients was negative in some months that represent modified network in addition to fewer error also in the detection of low and high rainfall points is more efficient than the interpolation methods.

Conclusion: This study showed that high resolution Aphrodite network has good accuracy in rainfall estimation especially in high elevation regions. Also this network is more accurate than interpolation methods of OK and IDW. But because of its underestimation error, before than operating Aphrodite data, the network must be modified.

Keywords: Daily precipitation, Aphrodite network modification, Underestimation, Interpolation methods

* Corresponding Author; Email: mehdi.nadi@gmail.com