نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال چهارم، شماره اول، پاییز ۱۳۹۳

ISSN 2251-7480

صحت‌سنجی داده‌های بارندگی ایستگاه‌های غیرثبات سازمان هواشناسی و تماب در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

نوید قاجارنیا[۱]، عبدالمجید لیاقت[۲*] و پیمان دانش‌کار آراسته [۳]

۱) دانشجوی دکتری؛ گروه مهندسی آبیاری و آبادانی؛ پردیس کشاورزی و منابع طبیعی؛ دانشگاه تهران؛ تهران؛ ایران

۲*) استاد؛ گروه مهندسی آبیاری و آبادانی؛ پردیس کشاورزی و منابع طبیعی؛ دانشگاه تهران؛ تهران؛ ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: aliaghat@ut.ac.ir

۳) استادیار؛ گروه علوم و مهندسی آب؛ دانشکده فنی و مهندسی؛ دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)؛ قزوین؛ ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۷/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۱/۱۳

چکیده

پیش‌بینی و تصمیم‌گیری صحیح در مدیریت و حفاظت از منابع آب نیازمند در دست داشتن برآوردهای درست و مطمئن از بارندگی است. لذا بررسی صحت داده‌های سری‌های زمانی قبل از آغاز تحقیق، یک بخش معمول و اجتناب ناپذیر در مطالعات هیدرولوژی و منابع آب است. برای این منظور، سری زمانی داده‌ها با استفاده از آزمون‌های آماری مورد ارزیابی قرار گرفته و در صورت نیاز، ناهمگنی‌ها و نوسانات نامحتمل داده‌ها اصلاح و یا حذف می‌شوند. هرچند معمولاً گذر موفق سری‌های زمانی از آزمون‌های آماری از لحاظ علمی صحت داده‌ها را تأیید می‌کند ولی بررسی‌های دقیق‌تر سری‌های زمانی ممکن است شواهد متفاوتی را عیان سازند. لذا در این تحقیق با انتخاب داده‌های بارندگی حوضه آبریز دریاچه ارومیه، پاسخ‌های بدست آمده از برخی آزمون‌های آماری بررسی صحت داده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته است. مطالعه عمیق و دقیق داده‌ها و مقایسه با ایستگاه‌های مجاور نشان می‌دهد که اعتماد و اتکای کامل به نتایج آزمون‌های آماری به تنهایی برای صحت‌سنجی داده‌ها کافی نبوده و گاهی نتایج بدست آمده ممکن است محقق را نسبت به شرایط و درستی واقعی داده‌های سری‌های زمانی مورد مطالعه، بسیار گمراه سازد. بر طبق نتایج آزمون‌های همگنی مورد استفاده در این تحقیق، تنها ۲/۴ درصد از ایستگاه‌های حوضه نیازمند اصلاحات و یا حذف بوده‌اند و این در حالیست که مطالعه عمیق داده‌ها نشان از غیرقابل اعتماد بودن ۱۲/۶ درصد از ایستگاه‌های حوضه و لزوم حذف آنها دارد.

کلید واژه‌ها: آزمون همگنی؛ سری زمانی بارندگی؛ حوضه آبریز دریاچه ارومیه؛ نرم افزار XLSTAT (2013)

مقدمه

سرآغاز هرگونه مطالعه هیدرولوژی و منابع آب که در آن از سری‌های زمانی داده‌های هواشناسی و هیدرولوژی استفاده می‌شود، صحت‌سنجی داده‌های تاریخی است. بدیهی است که پیش از کسب اطمینان از صحت و کیفیت داده‌های تاریخی و سری‌های زمانی، نمی‌توان اقدام به استفاده از آنها و استخراج نتایج بعدی نمود. برای این منظور، محققان مختلف از آزمون‌های صحت‌سنجی متفاوت نظیر آزمون‌های همگنی و بررسی داده‌های پرت استفاده می‌کنند. در این آزمون‌ها روند تغییرات، نرمال و استاندارد بودن داده‌ها و به طور کلی کیفیت و سلامت سری زمانی داده‌های تاریخی مورد بررسی و آزمون قرار می‌گیرند. به این ترتیب، انجام آزمون‌های آماری مذکور، یک بخش جدایی ناپذیر در آغاز تحقیقات هیدرولوژی و منابع آب است. در ادامه چند مثال از موارد مذکور و سپس سابقه‌ای از تحقیقات انجام شده در زمینه توسعه و

استفاده از روش‌های آزمون همگنی و داده پرت ارائه می‌شوند.

در تمامی تحقیقات هیدرولوژیک و منابع آب نظیر بررسی و تحلیل روند خشکسالی‌ها، بررسی الگوهای زمانی و مکانی بارش، مطالعات بارش- رواناب، مطالعات اقلیمی، مطالعات آبیاری و زهکشی، مطالعات هیدرولوژیک و سیلاب، پیش‌بینی‌های هواشناسی، تخمین و برآوردهای پارامترهای هواشناسی و اقلیمی نظیر ایجاد بانک‌های اطلاعاتی منطقه‌ای، ملی و یا جهانی داده، مدیریت و برنامه‌ریزی‌های منابع آبی اعم از مدل‌های مختلف بهینه‌سازی، تصمیم‌گیری و شبیه‌سازی، نیاز به سری‌های زمانی داده‌های تاریخی هواشناسی و هیدرولوژی مبرم و ضروریست. به عنوان مثال زارع ابیانه و همکاران (۱۳۸۳) به منظور بررسی روند خشکسالی در منطقه همدان از داده‌های ۵۲ ایستگاه هواشناسی استفاده کردند و داده‌های ایستگاه‌ها را در آغاز با روش‌های ران تست و منحنی جرم مورد آزمون همگنی قرار دادند. قاسمی و همکاران (۱۳۸۷) به منظور پایش خشکسالی هواشناسی در حوضه آبریز کرخه به بررسی همگنی داده‌های ۱۲ ایستگاه هواشناسی مورد استفاده در آن تحقیق، از طریق آزمون توالی پرداختند. همچنین مساعدی و مرعشی (۱۳۸۸) نیز به مقایسه روندهای خشکسالی در مناطق پرباران و کم باران در استان گلستان پرداخته و با استفاده از آزمون‌های همگنی و شناسایی داده‌های پرت، آمار ۳۰ ساله ۲۶ ایستگاه هواشناسی منطقه را بررسی کردند. در سال‌های اخیر نیز قمقامی و بذرافشان (۱۳۹۱) با استفاده از آمار بارندگی ۳۳ ایستگاه سینوپتیک در سراسر کشور به پیش‌بینی وضعیت خشکسالی آتی پرداختند و در ابتدا به بررسی همگنی و آزمودن صحت داده‌های بارندگی مورد استفاده اختصاص دادند.

عیوضی و مساعدی (۱۳۹۰) برای تعیین الگوی گسترش مکانی بارندگی در سطح استان گلستان از ۳۲ ایستگاه باران‌سنجی با طول دوره داده‌برداری ۲۶ سال استفاده کردند و لذا در آغاز مطالعات خویش صحت و همگنی داده‌ها را با استفاده از روش‌های آماری بررسی کردند. شکیبا و همکاران (۱۳۸۷) نیز به بررسی اثر تغییرات بارندگی بر جریانات آب سطحی استان تهران پرداختند و در آغاز به بررسی همگنی داده‌های بارندگی و رواناب با استفاده از روش‌های جرم مضاعف و آزمون توالی و همچنین، شناسایی داده‌های پرت پرداختند. در تحقیق دیگری، نصیری و مدرس (۲۰۰۹) به منظور تعیین الگوی تغییرات دوره‌های بی باران (تعداد روزهای خشک) در استان اصفهان از داده‌های بارندگی روزانه ۱۷ ایستگاه باران‌سنجی سینوپتیک استفاده کردند. آنها برای کسب اطمینان از داده‌های روزانه مورد استفاده خود در آغاز به بررسی همگنی سری زمانی داده‌های تاریخی با استفاده از روش ران تست پرداختند. در تحقیق مشابه دیگری رضیئی و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی تغییرات مکانی و الگوی زمانی خشکسالی در غرب ایران پرداختند. برای این منظور، همگنی ۱۹۶ ایستگاه هواشناسی مورد نظر تحقیق را با استفاده از روش آزمون همگنی Mann-Whitney بررسی کرده و همچنین آزمون ایستایی و استقلال داده‌ها را نیز با روش Mann- Kendal انجام دادند. نتیجه این بررسی حذف ۵۶ ایستگاه با کیفیت پایین بود. سلطانی و همکاران (۲۰۱۲) نیز برای بررسی همگنی داده‌های ۳۳ ایستگاه سینوپتیک در مطالعه الگوی بارش در ایران با استفاده از روش Mann- Kendal درستی داده‌های خویش را بررسی کردند.

ملاحظه می‌شود که در آغاز تمامی تحقیقات و مطالعات هیدرولوژیک و منابع آب داخلی و خارجی، ردپای انجام آزمون‌های همگنی و شناسایی داده‌های پرت را می‌توان دید (هرچند در برخی تحقیقات نظیر امیری و همکاران (۱۳۹۱) و یا زمانی نوری (۱۳۹۰) حتی به این گام اولیه در صحت‌سنجی داده‌های مورد استفاده نیز به صورت کلی توجه‌ای نشده و تحقیق بدون گذراندن این گام اساسی پی گرفته شده است). انجام این آزمون‌ها چنان

امری عادی و معمول شده‌اند که در بسیاری از مقالات، تنها در حد یک جمله به انجام آنها اشاره‌ای گذرا شده و محقق و خواننده، هر دو توجه چندانی به این موارد ندارند. با این وجود، نباید فراموش شود که سادگی و ابتدایی بودن آزمون‌های آماری صحت‌سنجی داده‌ها، هرگز از اهمیت و ضرورت آنها و تاثیر بسزایی که می‌توانند در سرنوشت تحقیق و نتیجه‌گیری نهایی کار داشته باشند، نمی‌کاهد. بدیهی است که در صورت استفاده از داده‌های غلط و نادرست در آغاز تحقیق، نتیجه‌گیری و حاصل نهایی کار نیز همچون داده‌های اولیه مورد استفاده، قابل قبول نخواهند بود.

در زمینه توسعه روش‌های بررسی همگنی سری زمانی داده‌ها محققان مختلف به ارائه روش‌های متفاوت و متعددی پرداخته‌اند. لذا تا کنون در زمینه بررسی همگنی سری‌های زمانی داده‌های هواشناسی و هیدرولوژی روش‌های متعددی ارائه و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این روش‌ها را می‌توان به دو گروه کلی روش‌های مستقل و روش‌های وابسته دسته‌بندی نمود (Karabork *et al.*, 2007). در گروه اول، آزمون همگنی برای هر ایستگاه بدون توجه به ایستگاه‌های دیگر و به طور مستقل انجام می‌شود. در مقابل و در گروه دوم، ایستگاه‌های مجاور و مرجع نیز در آزمون همگنی مشارکت دارند. با این وجود به دلیل دشواری یافتن ایستگاه مرجع که با ایستگاه مورد آزمون دارای همبستگی بالا و ساختار همگن مشترک باشند، اقبال روش‌های مستقل آزمون همگنی بیشتر از روش‌های وابسته است.

در بین روش‌های مستقل آزمون همگنی شاید بتوان روش آزمون همگنی نرمال استاندارد (SNHT[1]) را یکی از پرکاربردترین روش‌ها دانست. این روش توسط Alexanderson (۱۹۸۶) برای مطالعه ناهمگنی از نوع تغییر و جابجایی ناگهانی در مقدار میانگین داده‌های مشاهداتی توسعه داده شد و در سال ۱۹۹۷ نیز توسط Alexanderson و Moberg (۱۹۹۷) اصلاح شد. در این اصلاحات، روش SNHT برای یافتن ناهمگنی‌ها در واریانس، شناسایی بیش از یک ناهمگنی در سری‌های زمانی و همچنین، شناسایی روندهای ناهمگن علاوه بر شکستگی‌ها ارتقاء یافت. در این راستا، Gonzalez-Rouco و همکاران (۲۰۰۷) به کنترل کیفیت و همگنی داده‌های بارندگی جنوب اروپا با استفاده از روش SNHT پرداختند و پس از شناسایی ناهمگنی‌ها اقدام به اصلاح سری زمانی داده‌ها کردند. Tuomenvirta (۲۰۰۲) نیز با استفاده از این روش به بررسی همگنی و اصلاح سری‌های زمانی اقلیمی کشور فنلاند پرداخت. بعلاوه Khaliq و Quarda (۲۰۰۷) به توسعه جدول آستانه‌های بحرانی روش SNHT از اندازه جامعه ۱۰ تا ۲۵۰ نمونه به ۱۰ تا ۵۰۰۰۰ نمونه با استفاده از روش شبیه‌سازی مونت کارلو[2] (MCS) پرداختند.

Wijngaard و همکاران (۲۰۰۳) طی یک تحقیق بسیار مفصل و گسترده به بررسی همگنی سری زمانی داده‌های دما و بارندگی قرن بیستم قاره اروپا پرداختند. آنها در این تحقیق از چهار روش SNHT، آزمون همگنی دامنه بیشند[3] (Buishand, 1982)، آزمون همگنی پُتی[4] (Pettitt, 1979) و روش آزمون نسبت فون نیومن[5] (VNR) (Von Neumann, 1941) برای بررسی همگنی سری‌های زمانی مورد نظر استفاده کردند. در تحقیق فوق، ابتدا سری‌های زمانی آماره‌های مورد آزمون در حالات مختلف به منظور شناسایی سطوح مختلف ناهمگنی تولید شده و سپس همگنی آنها توسط چهار روش فوق بررسی گردید. در نهایت با ارائه یک روش دسته‌بندی، ایستگاه‌های ثبت داده به گروه‌های همگن، مشکوک و ناهمگن دسته‌بندی شدند. در سال‌های اخیر نیز Firat و همکاران (۲۰۱۰)، Ming و Kang و Yusof (۲۰۱۲) و Ahmad و Deni (۲۰۱۳) با

[1] Standard Normal Homogeneity Test

[2] Monte Carlo Simulation
[3] Buishand Range Homogeneity Test
[4] Pettitt Homogeneity Test
[5] Von Neumann Ratio Test

استفاده از روش‌های SNHT، ران تست، آزمون پُتی، آزمون بیشند و آزمون VNR به بررسی همگنی سری‌های زمانی داده‌های تاریخی اقلیمی در کشورهای ترکیه و مالزی پرداخته‌اند.

در تحقیق حاضر نیز با در نظر گرفتن ۲۴۵ ایستگاه سازمان هواشناسی و تماب در محدوده حوضه آبریز دریاچه ارومیه، صحت‌سنجی داده‌های تاریخی بارندگی این محدوده در دو مرحله ۱) با استفاده از آزمون‌های آماری و ۲) از طریق بررسی و ارزیابی دقیق سری زمانی داده‌ها با ایستگاه‌های مجاور، صورت گرفته است. به منظور بررسی همگنی، از آزمون‌های همگنی SNHT، بیشند، پُتی و VNR و همچنین، آزمون داده‌های پرت استفاده شده و برای این منظور نرم افزار XLSTAT بکار گرفته شده است. سپس، نتایج آزمون‌های فوق با نتایج بررسی دقیق درستی سری زمانی داده‌ها در مقایسه با ایستگاه‌های مجاور و شرایط جوی قابل انتظار حوضه، مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

روش آزمون همگنی نرمال استاندارد (SNHT)

روش بررسی همگنی SNHT (Alexanderson, 1986) یکی از پرکاربردترین روش‌های آزمون همگنی در تحقیقات روز است. اگرچه این روش قادر است زمان ایجاد ناپیوستگی و یا بروز ناهمگنی را در سری داده‌ها یافته و گزارش کند، اما روش SNHT حساسیت بیشتری در یافتن ناهمگنی‌های آغازین و انتهایی سری زمانی داده‌ها دارد. به علاوه فرض اولیه این آزمون نرمال بودن توزیع آماری داده‌ها است. فرض کنید $Y_i\,(i=1,...,n)$ یک سری زمانی داده بوده و بررسی همگنی آن با توجه به یک سری داده مجاور مورد نظر باشد. در این صورت $Q_i\,(i=1,...,n)$ نیز معرف اختلاف (مثلا داده‌های دما یا فشار هوا) یا نسبت (مثلا داده‌های بارندگی) موجود بین دو سری داده است. سری Q_i با انجام محاسبات به سری استاندارد Z_i با میانگین صفر و انحراف معیار واحد تبدیل می‌شود:

$$Z_i = (Q_i - \overline{Q})/\sigma_Q \qquad (۱)$$

که در آن: $\overline{Q}$ و σ_Q به ترتیب میانگین و انحراف معیار سری Q_i هستند. برای یک تغییر ناگهانی در میانگین سری داده مورد نظر، فرض صفر و فرض یک به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$$H_0: Z_i \approx N(0,1) \quad for\ i=1,...,n \quad and$$
$$H_1: \begin{cases} Z_i \approx N(\mu_1,1) & for\ i=1,...,a \\ Z_i \approx N(\mu_2,1) & for\ i=a+1,...,n \end{cases} \qquad (۲)$$

که در آن: N معرف توزیع نرمال با پارامترهای مربوطه (میانگین و انحراف معیار) است. Alexanderson و Moberg (۱۹۹۷) برای آزمودن درستی هر یک از فرض‌های صفر و یک مسئله، یک روش آماری بر اساس نسبت درستنمایی ارائه کردند. بدان معنا که نسبت احتمال درستی H_1 به احتمال درستی H_0 برای سری داده مشاهده شده Z_i محاسبه می‌شود. این آزمون عبارت است از:

$$= \max\left\{ a\overline{Z}_1^2 + (n-a)\overline{Z}_2^2 \right\}, \qquad 1 \le a \le n-1 \qquad ا$$
(۳

که در آن: $\overline{Z}_1$ و $\overline{Z}_2$ مقادیر میانگین Z_i قبل و بعد از تغییر هستند. مقدار a نیز محتمل‌ترین زمان بروز تغییر ناگهانی در داده‌ها و یا به بیان دیگر آخرین زمان در سری زمانی جزئی با میانگین $\overline{Z}_1$ است. اگر مقدار آماره از مقدار بحرانی آزمون برای سطح بحرانی (مثلا ۹۵ درصد) بیشتر باشد، آنگاه فرض همگنی صفر در سطح اطمینان مربوطه (مثلا ۵ درصد) رد می‌شود. در پایان لازم به ذکر است که در صورتیکه بررسی همگنی سری داده Y_i به طور مستقل و نه وابسته به سری داده دیگری مد نظر باشد، آنگاه سری Y_i به جای Q_i به طور مستقیم در محاسبات وارد می‌شود. مقادیر آستانه آماره T در آزمون SNHT که توسط Alexanderson و Moberg (۱۹۹۷)

ارائه شده و در سال ۲۰۰۷ نیز توسط Khaliq وQuarda (۲۰۰۷) مورد بازنگری و اصلاح قرار گرفت.

روش آزمون همگنی دامنه بیشند

فرض صفر این آزمون که توسط Buishand (۱۹۸۲) ارائه شده، استقلال مقادیر مختلف سری زمانی از یکدیگر و همگنی آنها است. در مقابل، در صورتی که شکستگی و ناپیوستگی در مقدار میانگین سری زمانی وجود داشته باشد، مطابق فرض یک این آزمون، سری زمانی ناهمگن است. این روش آزمون همگنی به طور کلی دریافتن ناهمگنی‌های نقاط میانی سری زمانی توانایی بیشتری داشته و از جمله آزمون‌هایی است که زمان بروز ناهمگنی را نیز گزارش می‌کند. حاصل‌جمع جزئی تنظیمی در این آزمون (S_y^*) مطابق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$S_0^* = 0 \quad and \quad S_y^* = \sum_{i=1}^{y} (Y_i - \overline{Y}), \; y = 1,2,...,n \qquad (٤)$$

که در این رابطه: Y_i مقدار داده iام در سری زمانی، $\overline{Y}$ مقدار میانگین سری زمانی، y شماره داده در سری زمانی و n تعداد کل داده‌ها در سری زمانی مورد بررسی می‌باشند. در صورتیکه سری داده‌ها همگن باشند، مقدار S_y^* حول صفر نوسان می‌کند. زمان بروز ناهمگنی نیز هنگامی است که S_y^* به مقدار بیشینه (تغییرات منفی) یا کمینه (تغییرات مثبت) برسد. دامنه تنظیمی هم مقیاس شده نیز به شکل زیر محاسبه شده و مقدار $R/\sqrt{n}$ در نهایت با مقادیر بحرانی ارائه شده توسط بیشند (۱۹۸۲) مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

$$R = \frac{(\max_{0 \le y \le n} S_y^* - \min_{0 \le y \le n} S_y^*)}{s} \qquad (٥)$$

که در این رابطه: S انحراف از معیار سری زمانی است. البته Buishand (۱۹۸۲) برای هر دو آماره $R/\sqrt{n}$ و $Q/\sqrt{n}$ مقادیر بحرانی را ارائه کرده است. برای استفاده از آماره دوم، استفاده از رابطه (٦) برای محاسبه مقدار Q مورد نیاز است.

$$Q = \max_{0 \le d \le n} \left| S_d^* / n \right| \qquad (٦)$$

روش آزمون همگنی پُتی

آزمون همگنی پُتی که توسط Pettit (۱۹۷۹) ارائه شد، یک آزمون ناپارامتری است که نیازمند فرض نرمال بودن سری زمانی نمی‌باشد. این آزمون نیز دارای فرض صفر به صورت استقلال مقادیر مختلف سری زمانی از یکدیگر و همگنی آنها است. در مقابل در صورتی که شکستگی و ناپیوستگی در مقدار میانگین سری زمانی وجود داشته باشد، مطابق فرض یک این آزمون، سری زمانی ناهمگن است. این روش آزمون همگنی نیز همچون آزمون بیشند در یافتن ناهمگنی‌های نقاط میانی سری زمانی توانایی بیشتری داشته و از جمله آزمون‌هایی است که زمان بروز ناهمگنی را گزارش می‌کند.

در این آزمون، ابتدا مقادیر Y_i در سری زمانی بر اساس مقدارشان مرتب می‌شوند و رتبه‌های r_i برای مقادیر متناظر Y_i مشخص می‌شوند. سپس، با استفاده از روابط زیر مقدار آماره X_k محاسبه شده و با مقادیر بحرانی ارائه شده توسط پُتی (۱۹۷۹) مقایسه می‌شوند. در صورت عبور آماره از مقادیر بحرانی، زمان مربوط به داده بیشینه X_k معادل زمان بروز ناهمگنی خواهد بود.

$$X_y = 2\sum_{i=1}^{y} r_i - y(n+1), \qquad y = 1,2,..,n \qquad (٧)$$

$$X_k = \max_{1 \le y \le n} |X_y| \qquad (٨)$$

روش آزمون نسبتفون نیومن (VNR)

این روش توسط Von Neuman (۱۹٤۱) معرفی گردید و از آنجاکه فرض می‌کند در صورت صحت فرض یک، داده‌های سری زمانی از توزیع تصادفی پیروی نمی‌کنند، لذا، نمی‌تواند سال وقوع ناپیوستگی را حدس بزند. در این آزمون نیز فرض‌های صفر و یک نظیر آزمون‌های قبلی تعریف می‌شود. در این آزمون نسبت مربعات پی در پی اختلافات داده‌ها به انحراف معیار سری زمانی مطابق رابطه (۹) محاسبه می‌شود:

$$N = \frac{\sum_{i=1}^{n-1}(Y_i - Y_{i+1})^2}{\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \overline{Y})^2} \qquad (۹)$$

اگر سری داده‌ها همگن باشد، امید ریاضی آماره فوق برابر ۲ خواهد بود ($E(N) = 2$) اما اگر در داده‌ها یک ناهمگنی وجود داشته باشد، این مقدار کمتر از ۲ خواهد بود و در غیر اینصورت می‌توان گفت که در داده‌ها تغییرات سریع حول میانگین وجود دارد. در این آزمون، مقادیر بحرانی در سطوح اطمینان مختلف برای اندازه نمونه‌های کوچکتر مساوی ۵۰، توسط Owen (۱۹۶۲) و برای اندازه نمونه‌های برابر ۷۰ و ۱۰۰ توسط Buishand (۱۹۸۱) ارائه شده اند.

نرم افزار XLSTAT

نرم افزار XLSTAT یک جعبه ابزار آماری بسیار مفید و قابل نصب بر روی نرم افزار Microsoft Excel می‌باشد که در سال ۱۹۹۳ توسط شرکت Addinsoft و به منظور افزایش قابلیت تحلیل‌های آماری Excel توسعه داده شده است. نرم افزارXLSTAT ورودی‌های خود را از محیط Excel فراخوانده و نتایج را نیز در همین محیط ارائه می‌کند. این نرم افزار حیطه وسیعی از توابع آماری و تحلیل داده از آمار تحلیلی تا تحلیل داده‌های چند متغیره را در بر می‌گیرد. در این تحقیق، تمامی تحلیل آزمون‌های همگنی (هر چهار روش فوق) و همچنین آزمون همگنی داده پرت توسط نسخه XLSTAT 7.5 این نرم افزار انجام شده و نتایج استخراج گردیده اند.

نحوه ارزیابی نهایی نتایج آزمون‌های همگنی

پس از تحلیل همگنی متوسط سالیانه استخراج شده از داده‌های روزانه بلند مدت ایستگاه‌های هواشناسی و تماب موجود در محدوده مورد مطالعه، در نهایت، نتایج نهایی آزمون سری داده‌ها در دسته‌های زیر کلاسه‌بندی خواهند شد (Wijngaard*et al.*, 2003):

الف- کلاس همگن (کلاس A)

سری داده‌هایی که در تمام چهار آزمون فوق و در سطح اطمینان ۵٪ فرض صفر را تایید کنند و یا فقط در یکی از آنها به فرض یک برسند در این کلاس قرار می‌گیرند. در این کلاس، داده‌ها همگن بوده و با اطمینان می‌توان آنها را برای محاسبات و مطالعات بعدی مورد استفاده قرار داد.

ب- کلاس مشکوک (کلاس B)

سری داده‌هایی که از بین چهار آزمون فوق در دو مورد در سطح اطمینان ۵٪ به فرض یک برسند در این کلاس قرار می‌گیرند. در این صورت، داده‌های این سری‌ها ممکن است ناهمگن باشند و باید با دقت بیشتری مورد بررسی قرار گیرند.

پ- کلاس ناهمگن (کلاس C)

در صورتی که سری داده‌ها در سه یا هر چهار آزمون فوق در سطح اطمینان ۵٪ به فرض یک برسند آنگاه در این کلاس قرار گرفته به عنوان داده‌های ناهمگن در نظر گرفته می‌شوند. در این صورت این داده‌ها را یا باید اصلاح نمود و یا آنکه از روند مطالعات بعدی حذف کرد.

آزمون داده پرت

داده پرت، مشاهده‌ای است که در بین مشاهدات نرمال از یک جامعه، دارای فاصله‌ای غیرعادی و تفاوتی مشهود با دیگر مشاهدات باشد. برای یافتن داده‌های پرت، روش‌های متفاوتی وجود دارد ولی یک روش ساده و پرکاربرد در این بین، استفاده از تعریف چارک در سری زمانی داده‌ها است. بر این مبنا، در صورتیکه داده مورد نظر در فاصله بیشتر از ۱/۵ برابر دامنه میان چارکی[1] (IQR) زیر چارک اول یا بالای چارک سوم قرار داشته باشد، آنگاه به عنوان داده پرت در نظر گرفته می‌شود. در این تحقیق، با استفاده ازنرم افزارXLSTAT، داده‌های پرت مطابق روش معمول فوق، از بین داده‌های روزانه بارندگی

[1] Interquartile Range

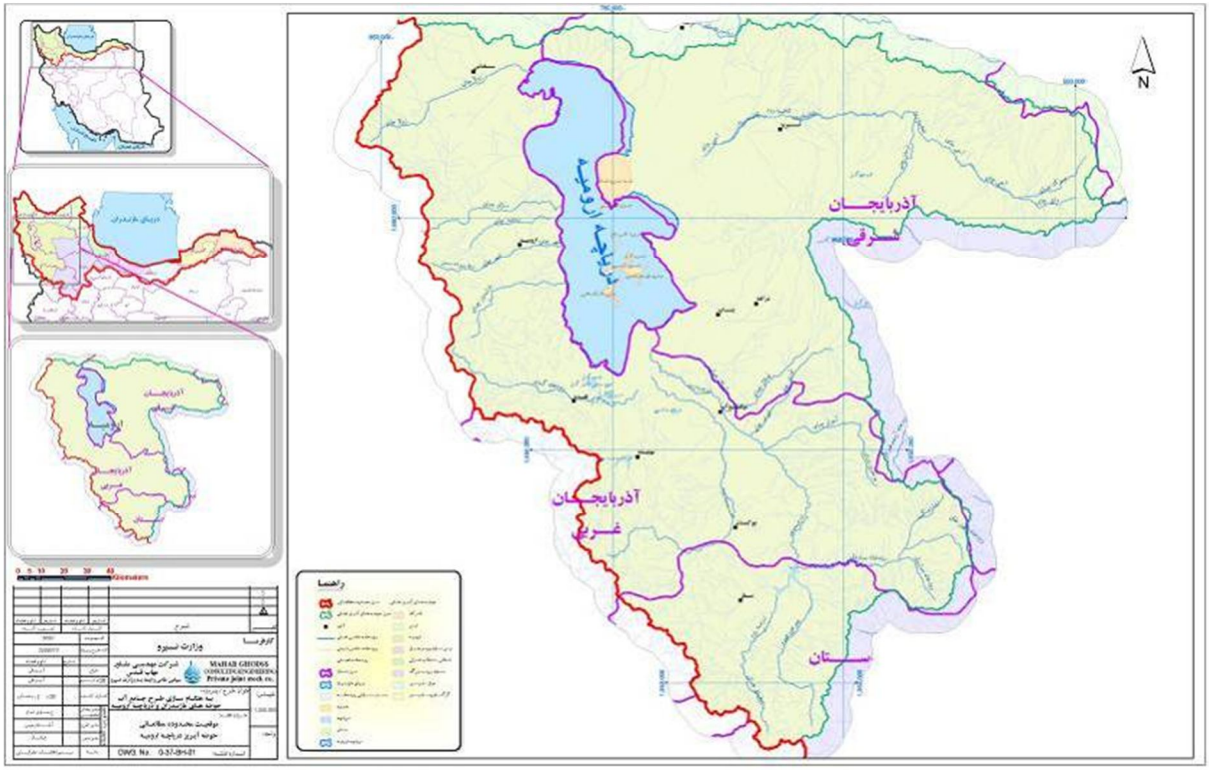
در سری زمانی بلند مدت ایستگاه‌های مختلف شناسایی می‌شوند.

منطقه مورد مطالعه

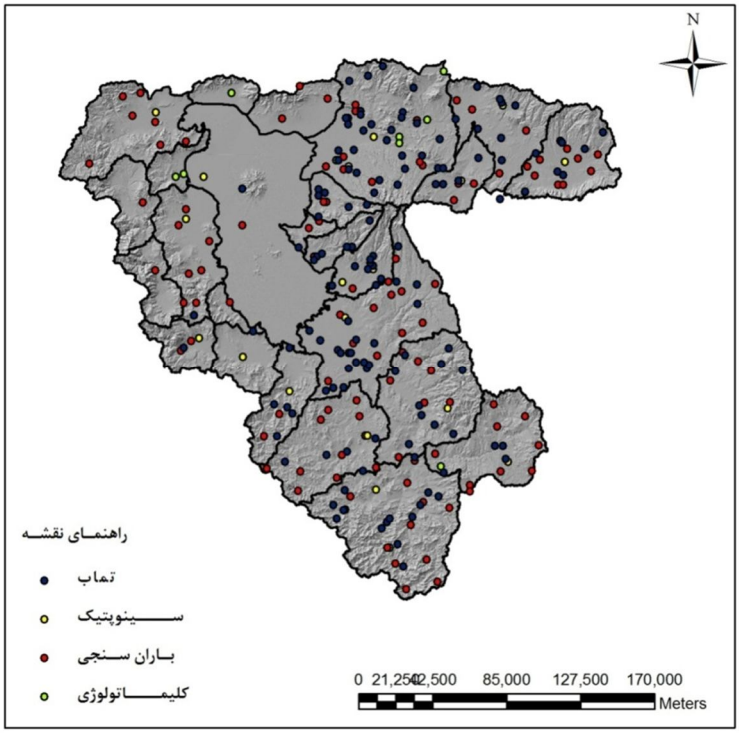
حوضه آبریز دریاچه ارومیه در شمال غرب ایران در حد فاصل بخش‌های شمالی رشته کوه‌های زاگرس و دامنه‌های جنوبی سهند و نیز دامنه‌های شمالی، غربی و جنوبی کوه سهند، در بین مختصات جغرافیایی ′۰۷-°٤٤ تا ′۵۳-°٤۷ طول شرقی و′٤۰-°۳۵ تا′۳۰-°۳۸ عرض شمالی واقع شده است. این حوضه از نظر درجه‌بندی در زمره حوضه‌های آبریز درجه ۱ به شمار رفته و از شمال با حوضه آبریز رودخانه ارس، از سمت شرق با حوضه آبریز سفیدرود، از سمت جنوب به حوضه‌های آبریز رودخانه‌های قزل‌اوزن و سیروان و از غرب با حوضه آبریز زاب و قسمت‌هایی از مرز ایران با کشورهای عراق و ترکیه همسایه می‌باشد. حوضه دریاچه ارومیه دارای مساحت تقریبی ۵۱۸٦۲ کیلومترمربع بوده که از این میان استان آذربایجان غربی مساحت ۲۱۷۲۰ کیلومترمربع و استان آذربایجان شرقی مساحت ۲۰۱۸۳ کیلومترمربع و استان کردستان مساحت ۵۳۲۰ کیلومترمربع را به خود اختصاص داده است. لازم به ذکر است که مساحت دریاچه ارومیه جز مساحت هیچ یک از استانها در نظر گرفته نمی‌شود. حدود ۳٤۱۰۰ کیلومترمربع از حوضه را مناطق کوهستانی و ۱۳۱۱٤ کیلومترمربع از حوضه را دشت‌ها و کوهپایه‌ها و ٤٦۳۹ کیلومترمربع از حوضه را دریاچه ارومیه بخود اختصاص داده است. در شکل (۱) موقعیت حوضه آبریز دریاچه ارومیه در مجاورت حوضه-های همسایه و نیز استان‌های مشمول این حوضه نشان داده شده است (بی‌نام، ۱۳۹۰).

حوضه مورد نظر به لحاظ اقلیمی دارای مشخصات دشت‌های نیمه مرتفع عرض‌های میانی با آب و هوای عمومی زمستان‌های سرد و تابستان‌های نسبتا معتدل است. بارش متوسط این حوضه در دوره آماری ۳۱-۱۳۳۰ تا ۹۲-۱۳۹۱ دارای روند کاهشی بوده و می‌توان طول دوره بارش حوضه را به دو بازه مجزا تقسیم نمود. دوره اول که می‌توان از آن بعنوان دوره آماری ایستا یاد کرد، دوره ۳۱-۱۳۳۰ تا ۷٤-۱۳۷۳ با میانگین بارش ۳۸۵ میلیمتر بوده و دوره دوم از ۷۵-۱۳۷٤ تا ۹۲-۱۳۹۱ با میانگین بارش ۳۱۷ میلیمتر می‌باشد که نسبت به دوره ی اول دارای ٦۸ میلیمتر کاهش بارش (حدود ۱۸ درصد) بوده است (بی-نام، ۱۳۹۲).

برای انجام این تحقیق، داده‌های بارندگی روزانه مربوط به ایستگاه‌های هواشناسی (باران‌سنجی، سینوپتیک و کلیماتولوژی) و تماب در حوضه آبریز دریاچه ارومیه از سازمان هواشناسی و شرکت مدیریت منابع آب ایران دریافت گردید. مجموعا ۲٤۵ ایستگاه ثبت داده متشکل از ۱۰۸ ایستگاه تماب، ۱۰۸ ایستگاه باران‌سنجی، ۱۹ ایستگاه سینوپتیک و ۱۰ ایستگاه کلیماتولوژی که حداقل دارای یک سال دوره داده برداری در بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ هستند، برای این تحقیق مد نظر قرار گرفته اند. شکل ۲ پراکنش مکانی این ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱.حوضه آبریز دریاچه ارومیه (بی نام، ۱۳۹۰)



شکل ۲.پراکنش مکانی ایستگاه‌های باران‌سنجی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

نتایج و بحث

بررسی همگنی ایستگاه‌ها

همگنی تمامی ۲٤٥ ایستگاه نشان داده شده در شکل ۲ توسط مدل XLSTAT و به هر چهار روش معرفی شده در فوق مورد بررسی قرار گرفته وکلاس‌بندی ایستگاه‌هابه

سه دسته همگن (A)، مشکوک (B) و ناهمگن (C) نیز مطابق آنچه در بخش مواد و روش‌ها بیان گردید انجام شدند. جدول ۱ نتایج مذکور را در کل حوضه خلاصه کرده است. در این جدول نتایج بررسی همگنی به تفکیک برای هر چهار نوع ایستگاه تماب، باران سنجی، سینوپتیک و کلیماتولوژی ارائه شده است. در بخش میانی جدول، تعداد و درصد ایستگاه‌های ناهمگن به طور جداگانه برای هر آزمون ارائه شده است. سپس در سه ستون آخر جدول نیز، نتیجه کلاس‌بندی انجام شده بر اساس نتایج هر چهار آزمون آماری بررسی همگنی آورده شده است. همانطور که در ردیف آخر جدول ملاحظه می‌شود، قریب به ۸٤ درصد ایستگاه‌های حوضه در کلاس همگن (A)، ٦ درصد در کلاس مشکوک (B) و ٦ درصد نیز در کلاس ناهمگن (C) قرار دارند (٤ درصد باقیمانده ایستگاه‌ها نیز به دلیل کوتاهی بیش از حد دوره داده برداری در آزمون همگنی قابل سنجش نیستند). لذا، مشاهده می‌شود که درصد بالایی از ایستگاه‌های حوضه در کلاس همگن واقع شدند و از لحاظ آماری قابل استفاده در تحقیقات مورد بعدی خواهند بود. تعیین تکلیف در مورد اصلاح، حذف و یا رفع ابهام همگنی در مورد ۱۲ درصد باقیمانده در کلاس‌های B و C نیز باید پس از بررسی و ارزیابی دقیق‌تر صورت پذیرد.

برای ارزیابی و بررسی دقیق‌تر صحت داده‌های ایستگاه‌های واقع شده در کلاس‌های B و C از داده‌های ایستگاه‌های مجاور کمک گرفته شد. پس از بررسی داده-های ایستگاه‌های مذکور، برخی از آنها به دلیل ناهمگنی شدید حذف شده، برخی دیگر اصلاح شدند و برخی از ایستگاه‌ها نیز به دلیل همخوانی با داده‌های ثبت شده در ایستگاه‌های مجاور، به کلاس A منتقل می‌شوند (این ایستگاه‌ها عمدتا به دلیل کوتاهی دوره داده‌برداری به اشتباه ناهمگن تشخیص داده شده اند). جدول ۲ نیز نتایج این بررسی را ارائه کرده است. ملاحظه می‌شود که پس از بررسی دقیق و مقایسه با ایستگاه‌های مجاور، از بین ۹، ١٤، ٥ و ٢ ایستگاه مشکوک و ناهمگن تماب، باران‌سنجی، سینوپتیک و کلیماتولوژی، به ترتیب ۳، ۲، صفر و یک ایستگاه حذف و یا اصلاح شده اند. به بیان دیگر در مجموع کل ایستگاه‌های حوضه، ۳۰ ایستگاه در کلاس‌های B و C واقع شده اند که تنها ٦ ایستگاه (٢/٤ درصد) از آنها حذف و یا اصلاح شده اند. این بدان معناست که پس از بررسی ایستگاه‌های کلاس‌های B و C می‌توان ادعا نمود که ۹۷/٦ درصد از ایستگاه‌های حوضه از لحاظ صحت و درستی داده‌های بارندگی ثبت شده مورد تایید بوده و در ادامه، قابل استفاده در تحلیل‌های هیدرولوژیک و یا منابع آبی خواهند بود. چنین تحلیلی، یک آزمون آماری معمول و مقبول در بسیاری از تحقیقات انجام شده و در حال انجام هیدرولوژیک و مدیریت منابع آب در سطح کشور و حتی دنیا است و بر مبنای این تحلیل، ۹۷/٦ درصد از داده‌های موجود بدون هیچ مشکلی (و تنها پس از بررسی، حذف یا اصلاح برخی داده‌های پرت) قابل استفاده در تحقیقات و مطالعات می‌باشند.

جدول ۱. خلاصه نتایج بررسی همگنی ایستگاه‌های حوضه دریاچه ارومیه

نوع ایستگاه		کل ایستگاه ها	تعداد و درصد ایستگاه های ناهمگن در هر آزمون				کلاس A	کلاس B	کلاس C
			Pettitt's test	SNHT	Buishand's test	VonNeuman test			
تعداد	تماب	۱۰۸	۹	۸	۸	۱۱	۹۱	۵	۴
	باران سنجی	۱۰۸	۱۵	۱۷	۹	۷	۹۲	۸	۶
	سینوپتیک	۱۹	۶	۵	۳	۵	۱۴	۱	۴
	کلیماتولوژی	۱۰	۳	۱	۱	۱	۸	۱	۱
درصد	تماب	۱۰۰	۸/۳	۷/۴	۷/۴	۱۰/۲	۸۴/۳	۴/۶	۳/۷
	باران سنجی	۱۰۰	۱۳/۹	۱۵/۷	۸/۳	۶/۵	۸۵/۲	۷/۴	۵/۶
	سینوپتیک	۱۰۰	۳۱/۶	۲۶/۳	۱۵/۸	۲۶/۳	۷۳/۷	۵/۳	۲۱/۱
	کلیماتولوژی	۱۰۰	۳۰/۰	۱۰/۰	۱۰/۰	۱۰/۰	۸۰/۰	۱۰/۰	۱۰/۰
کل ایستگاه های واقع شده در حوضه			۱۳/۵	۱۲/۷	۸/۶	۹/۸	۸۳/۷	۶/۱	۶/۱

جدول ۲. نتیجه صحت‌سنجی داده‌های ایستگاه‌های واقع شده در کلاس‌های B و C

نوع ایستگاه	تعداد ایستگاه های کلاس های B و C	ایستگاه هایی که حذف یا اصلاح شدند	
		تعداد	درصد از کل
تماب	۹	۳	۲/۸
باران سنجی	۱۴	۲	۱/۹
سینوپتیک	۵	۰	۰/۰
کلیماتولوژی	۲	۱	۱۰/۰
کل حوضه	**۳۰**	**۶**	**۲/۴**

بررسی داده‌های پرت

به منظور شناسایی داده‌های پرت نیز از مدل XLSTAT استفاده شد. جدول ۳ خلاصه نتایج بدست آمده را ارائه کرده است. همانطور که ملاحظه می‌شود (ردیف سوم) تعداد ۵۵۳۶ داده در کل ایستگاه‌های حوضه به عنوان داده پرت تشخیص داده شده اند که پس از بررسی مجدد و مقایسه داده‌های روزانه بارندگی ثبت شده با ایستگاه‌های مجاور، مشخص گردید که ۵۳۴۵ مورد از آنها داده پرت نبوده و تنها ۱۹۱ روز داده پرت ونامحتمل در کل حوضه تشخیص داده شده است. این ۱۹۱ داده نیز پس از اصلاح بر اساس داده‌های ایستگاه‌های مجاور، برای استفاده در مراحل بعدی مطالعات قابل استفاده هستند.

جدول ۳. نتیجه بررسی داده‌های پرت داده‌های روزانه بارندگی ثبت شده در ایستگاه‌های حوضه

آنالیز کل داده های ثبت شده در ایستگاه های حوضه	تماب	باران سنجی	سینوپتیک	کلیماتولوژی	کل حوضه
تعداد داده های ثبت شده	۳۲۷,۲۴۸	۲۴۸,۸۵۱	۵۱,۰۴۹	۲۲,۶۹۵	۶۴۹,۸۴۳
تعداد داده های ثبت شده بیشتر از صفر (وقایع بارش)	۴۴,۲۶۳	۳۵,۹۴۱	۹,۷۱۲	۳,۳۴۰	۹۳,۲۵۶
تعداد وقایعی که داده پرت تشخیص داده شده اند	۲,۴۱۶	۲,۱۰۴	۷۳۶	۲۸۰	۵,۵۳۶
تعداد وقایعی که اشتباها داده پرت تشخیص داده شده اند	۲,۲۹۸	۲,۰۳۷	۷۳۴	۲۷۶	۵,۳۴۵
تعداد وقایعی که پس از بررسی مجدد همچنان داده پرت اند	۱۱۸	۶۷	۲	۴	۱۹۱
درصد (٪) وقایعی که داده پرت هستند	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۳

بررسی و ارزیابی دقیق داده‌های روزانه ایستگاه‌های مجاور

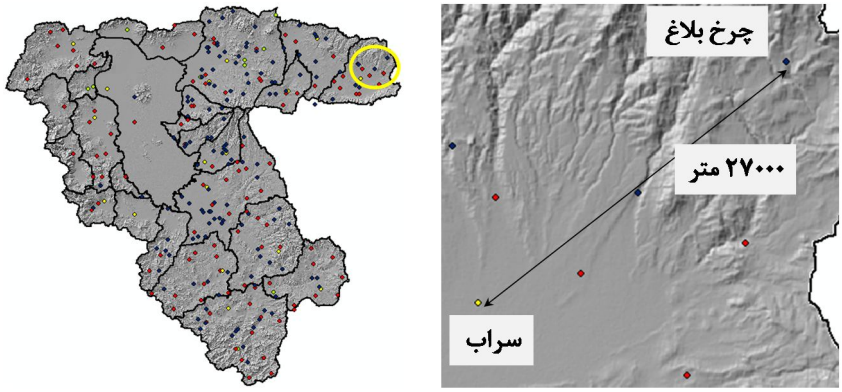
در این بخش از تحقیق برای کسب آگاهی بیشتر از کیفیت داده‌های بارش ثبت شده در ایستگاه‌های مختلف حوضه، مقایسه داده‌های روزانه ایستگاه‌های مجاور صورت گرفته است. با مقایسه داده‌های ایستگاه‌های سازمان هواشناسی (ایستگاه‌های سینوپتیک، کلیماتولوژی و باران سنجی) و تماب (سازمان مدیریت منابع آب ایران) می‌توان به شدت عدم همخوانی‌های موجود بین داده‌های ثبت شده در آنها پی برد. این عدم همخوانی‌ها را می‌توان در سه گروه زیر دسته‌بندی نمود:

۱- اختلافات چند روزه در ثبت وقایع بارش جوی
۲- عدم ثبت برخی وقایع بارندگی
۳- ثبت داده‌های پرت و نامحتمل

در ادامه چند مثال از عدم همخوانی‌های فوق ارائه می‌شود.

نمونه ۱) شکل (۳) موقعیت ایستگاه‌های سراب (سینوپتیک) و چرخ بلاغ (تماب) در شمال شرقی حوضه دریاچه ارومیه را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که این دو ایستگاه در حدود ۲۷ کیلومتر با یکدیگر فاصله دارند. به علاوه چهار ایستگاه باران‌سنجی و دو ایستگاه تماب دیگر نیز با فاصله‌های متفاوت در بین این دو واقع شده

اند. در این بخش هدف بررسی داده‌های بارش ثبت شده در ایستگاه چرخ بلاغ در دو تاریخ ۲۰ آگوست سال ۲۰۰۵ (۲۹ مرداد ۱۳۸٤) و ۲۳ جولای سال ۲۰۰٦ (یکم مرداد ۱۳۸۵) است. جدول (٤) داده‌های مربوطه را نشان می‌دهد.



شکل۳.موقعیت ایستگاه‌های سراب (سینوپتیک) و چرخ بلاغ (تماب)

همانطور که در جدول (٤) ملاحظه می‌شود، در روزهای ۲۰ آگوست سال ۲۰۰۵ و ۲۳ جولای سال ۲۰۰٦، در وسط فصل گرم تابستان و در حالیکه هیچ یک از ۷ ایستگاه مجاور هیچ بارشی را ثبت نکرده اند، ایستگاه چرخ بلاغ تماب به ترتیب ۲٤ و ۸ میلیمتر بارندگی ثبت کرده است. ثبت چنین داده‌ای بسیار شک برانگیز و نامحتمل است (به خصوص آنکه چنین داده‌هایی به کرات در روزهای دیگر دوره داده برداری این ایستگاه و همچنین ایستگاه‌های دیگر حوضه مشاهده می‌شود و این تنها یک نمونه از چنین مشاهداتی است).

جدول ٤. مقایسه داده‌های ایستگاه‌های سراب (سینوپتیک) و چرخ بلاغ (تماب) و ایستگاه‌های مجاور (ارتفاع بارش بر حسب میلیمتر بر روز)

نوع ایستگاه / نام ایستگاه			سینوپتیک سراب	تماب چرخ بلاغ	تماب سهزاب	تماب میرکو حاجی	باران سنجی آغمیون خرکوش	باران سنجی ملا یغقوب	باران سنجی کلیان	باران سنجی رازلیق
سال	ماه	روز	ارتفاع بارش	ارتفاع بارش	ارتفاع بارش	ارتفاع بارش	ارتفاع بارش	ارتفاع بارش	ارتفاع بارش	ارتفاع بارش
۲۰۰۵	آگوست	۱۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲۰۰۵	آگوست	۲۰	۰	**۲۴**	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲۰۰۵	آگوست	۲۱	۰	**۸**	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲۰۰۶	جولای	۲۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲۰۰۶	جولای	۲۳	**۳۲**	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲۰۰۶	جولای	۲۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

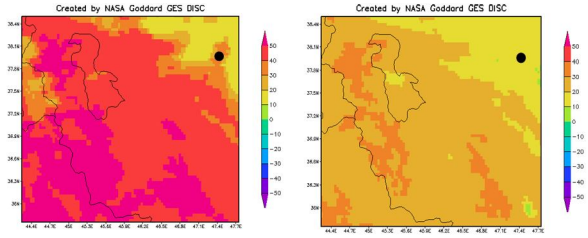
برای کسب اطمینان از پرت بودن داده‌های مذکور، در شکل ٤ تصاویر ماهواره‌ای دمایی مادون قرمز[7] (IR) سازمان NASA برای محدوده حوضه دریاچه ارومیه و در روز ۲۰ آگوست ۲۰۰۵ نشان داده شده اند. این تصاویر دمای ثبت شده توسط سنجنده IR را در روز مورد نظر نشان می‌دهد. در صورتیکه عوارض جوی نظیر ابر در منطقه موجود باشد آنگاه دمای ثبت شده توسط سنجنده ماهواره با دمای ثبت شده در ایستگاه زمینی متفاوت خواهد بود. در غیر اینصورت اگر دمای ماهواره و ایستگاه هواشناسی زمینی دمای مشابهی را گزارش کنند، آنگاه می‌توان نتیجه گرفت که در تاریخ مربوطه عوارض جوی از جمله ابر، در آسمان منطقه وجود نداشته است.

برای این منظور از دمای ثبت شده در ایستگاه سینوپتیک سراب استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که تنها ایستگاه ثبت کننده پارامتر دما از بین ایستگاه‌های فوق، ایستگاه

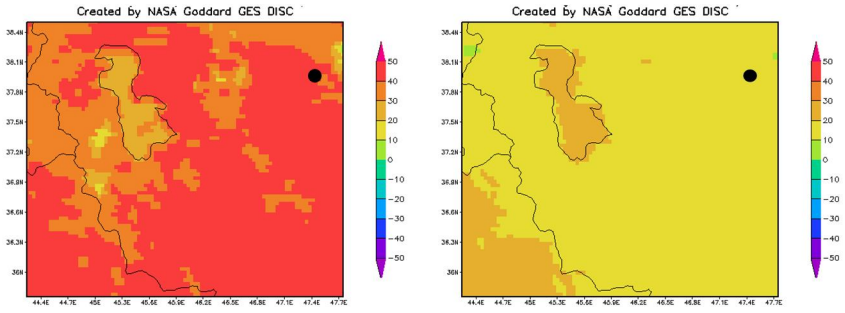
[7] Infra Red

سینوپتیک سراب است. در شکل ٤ موقعیت مکانی ایستگاه سینوپتیک سراب با نقطه سیاه رنگ نشان داده شده است. تصویر سمت چپ در شکل (٤) دمای بیشینه روز و تصویر سمت راست دمای کمینه روز را نشان می‌دهند. با توجه به راهنمای رنگ‌بندی نقشه مشخص است که دمای بیشینه و کمینه ثبت شده توسط ماهواره به ترتیب در بازه‌های ٤٠>Tmax>٣٠ و٢٠>Tmin>١٠ قرار داشته‌اند. از طرف دیگر، دمای بیشینه و کمینه ثبت شده در ایستگاه سینوپتیک سراب در روز مشابه به ترتیب ٣٤ و ١١ درجه سانتیگراد بوده است. لذا، این موضوع تشابه و نزدیکی دمای ثبت شده توسط ماهواره و ایستگاه زمینی را به اثبات می‌رساند. از این رو می‌توان نتیجه گرفت که در روز ٢٠ آگوست سال ٢٠٠٥ اساسا هیچ گونه عوارض جوی اعم از ابر در آسمان منطقه وجود نداشته و این در حالیست که ایستگاه چرخ بلاغ (تماب) بارشی معادل ٢٤ میلی‌متر را در این روز ثبت کرده است.

شکل ٥ نیز همانند شکل ٤، دمای کمینه و بیشینه ثبت شده توسط ماهواره در روز ٢٣ جولای ٢٠٠٦ را نشان می‌دهد. بر طبق این تصاویر، دمای بیشینه و کمینه ثبت شده توسط ماهواره به ترتیب در بازه‌های ٥٠>Tmax>٤٠ و٢٠>Tmin>١٠ قرار داشته‌اند. دمای بیشینه و کمینه ثبت شده در ایستگاه سینوپتیک سراب در روز مشابه به ترتیب ٣٤ و ٩ درجه سانتیگراد بوده است. لذا مجددا می‌توان نتیجه گرفت که در روز ٢٣ جولای ٢٠٠٦ نیز ابری در آسمان وجود نداشته و این در حالیست که ایستگاه سینوپتیک سراب مقدار ٣٢ میلیمتر بارندگی را ثبت کرده است. توجه کنید که ٣٤ میلیمتر بارندگی در کشور ما به عنوان یک واقعه بارش بسیار شدید و روزی بسیار بارانی است. از طرف دیگر، یکی از عوامل ایجاد بارندگی، سرد شدن توده هوای مرطوب و تراکم و معیان بخار آب است و بدیهی است که در دمای نشان داده شده در شکل (٥) و به ویژه در اواسط تابستان وقوع ٣٢ میلیمتر بارندگی بسیار نامحتمل و پرت است. لازم به ذکر است که بسیاری از مشاهدات اینچنینی در آزمون داده‌های پرت، به عنوان داده پرت ونامحتمل شناسایی نشده و ممکن است به عنوان داده‌های صحیح پذیرفته شوند. به عنوان مثال داده روز ٢١ آگوست سال ٢٠٠٥ ایستگاه چرخ بلاغ (جدول ٤) یک نمونه از موارد مذکور است.

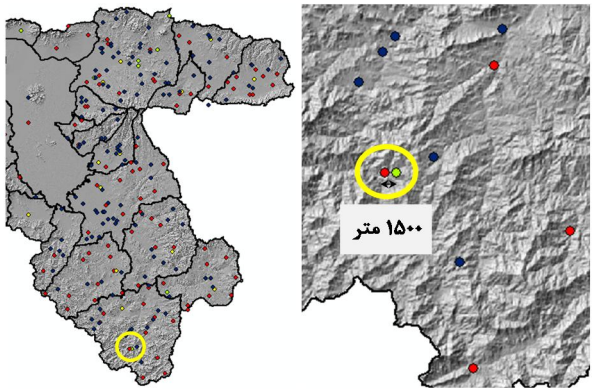


شکل ٤.تصویر ماهواره‌ای دمای ثبت شده توسط سنجنده IR در روز ٢٠ آگوست ٢٠٠٥ (سمت چپ دمای بیشینه- سمت راست دمای کمینه بر حسب درجه سانتی‌گراد)



شکل ٥. تصویر ماهواره‌ای دمای ثبت شده توسط سنجنده IR در روز ٢٣جولای ٢٠٠٦ (سمت چپ دمای بیشینه- سمت راست دمای کمینه بر حسب درجه سانتی‌گراد)

شکل ٦ موقعیت ایستگاه‌های حاجی ممدان (کلیماتولوژی) و سوته (باران‌سنجی) در جنوب حوضه دریاچه ارومیه را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که این دو ایستگاه تنها ۱۵۰۰ متر با یکدیگر فاصله دارند و انتظار می‌رود که همخوانی کامل در داده‌های ثبت شده داشته باشند. با این وجود بررسی دقیق‌تر داده‌های ثبت شده در این دو ایستگاه شرایط متفاوتی را نشان می‌دهد. برخی از عدم همخوانی‌های موجود بین داده‌های این دو ایستگاه را می‌توان در جدول ۵ مشاهده کرد.



شکل ٦.موقعیت ایستگاه‌های حاجی ممدان (کلیماتولوژی) و سوته (باران‌سنجی)

همانطور که در جدول ۵ ملاحظه می‌گردد، این دو ایستگاه با وجود نزدیکی بسیار زیاد، تفاوت‌های مشهودی در ثبت داده‌های بارش داشته‌اند. به عنوان مثال، در نمونه ۱ از جدول ۵ ملاحظه می‌شود که در ۲۵ فوریه ۲۰۰۰، ایستگاه سوته ۳٦ میلی‌متر بارش و ایستگاه حاجی ممدان صفر میلیمتر بارندگی ثبت کرده‌اند. سپس در روز بعد حاجی ممدان ۵ و سوته صفر میلیمتر بارش داشته‌اند. در نمونه ٤ نیز ظاهرا مجموع دو روز بارندگی ۸ و ۹ می ۲۰۰۰ که در ایستگاه سوته مشاهده شده، با یک روز تاخیر و به صورت تجمعی در ۱۰ می ۲۰۰۰ توسط نمونه‌بردار ایستگاه حاجی ممدان ثبت شده است.

نمونه‌های دیگر عدم همخوانی این دو ایستگاه (با وجود داشتن فاصله بسیار کم با یکدیگر) نیز در جدول ۵ مشاهده می‌شوند.

شکل ۷ موقعیت ایستگاه‌های مراغه (سینوپتیک)، مراغه (تماب)، سد علویان (تماب) و تازه‌کند (تماب) در نواحی مرکزی حوضه دریاچه ارومیه را نشان می‌دهد. فاصله ایستگاه‌های سینوپتیک مراغه با ایستگاه سد علویه ۱۸۰۰ متر و با ایستگاه تازه کند ۷۳۰۰ متر می‌باشد. بعلاوه همانطور که در شکل ملاحظه می‌گردد ایستگاه تازه کند (تماب) با داشتن فاصله ۷۳۰۰ متر از ایستگاه سینوپتیک مراغه، در دره و منطقه کوهستانی واقع شده و احتمالا نسبت به سه ایستگاه دیگر مسیر صعب العبورتری دارد.

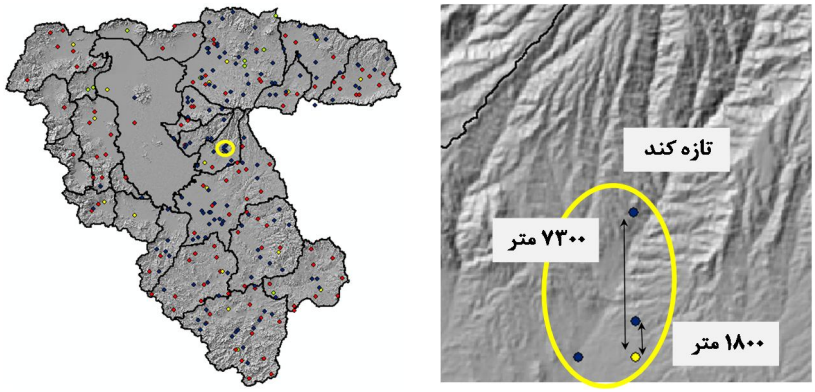
جدول ٦ مقایسه داده‌های چهار ایستگاه نشان داده شده در شکل ۷ را ارائه کرده است. همانطور که در نمونه ۱ این جدول ملاحظه می‌شود، در ٦ روز اول ماه دسامبر سال ۲۰۰۱ یک جبهه بارش در منطقه وجود داشته ولی هیچ داده‌ای در ایستگاه تازه کند (تماب) ثبت نشده است. همچنین در نمونه ۲ جدول ٦ و در بازه زمانی بین ۱۸ تا ۲۲ مارچ ۲۰۰۲، از بین ۵ روز بارندگی منطقه تنها یک روز بارش ایستگاه تازه‌کند ثبت شده است. در نمونه ۳ واضح است که نمونه‌بردار واقعه سه روزه بارندگی را با دو روز تاخیر ثبت کرده است. از طرف دیگر با توجه به شرایط داده‌های ثبت شده در ایستگاه‌های مجاور در نمونه ۵ و جبهه بارندگی‌ای که در طی این ٦ روز در منطقه وجود داشته است، به نظر می‌رسد که داده بردار ایستگاه تازه کند مجموع بارندگی‌های شش روزه را (۳۰ میلیمتر) در روز ۵ نوامبر ۲۰۰۳ ثبت کرده و روزهای قبل هیچ داده‌ای ثبت نکرده است. این در حالیست که سه ایستگاه دیگر در روز ۵ نوامبر ۲۰۰۳ همگی بارندگی کمی را گزارش کرده‌اند. نمونه ٦ نیز یک نمونه دیگر از عدم همخوانی‌های این ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد.

شکل ۸ موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک اشنویه، نقده و مهاباد را در بخش غربی حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان

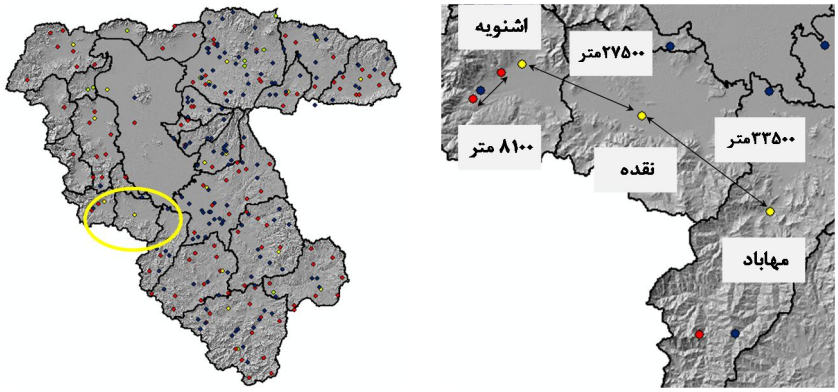
می‌دهد. ملاحظه می‌شود که فاصله دو ایستگاه اشنویه و نقده ۲۷۵۰۰ متر و فاصله دو ایستگاه نقده و مهاباد ۳۳۵۰۰ متر می‌باشند. همچنین، این سه ایستگاه سینوپتیک علاوه بر داشتن فاصله زیاد با یکدیگر در بین عوارض جغرافیایی متعددی نیز واقع شده اند که می‌توانند بر شرایط جوی هر یک تاثیرگذار باشند. از طرف دیگر، در همسایگی ایستگاه سینوپتیک اشنویه (بالا سمت چپ شکل ۸) دو ایستگاه باران‌سنجی به نام‌های اشنویه و میرآباده و یک ایستگاه تماب به نام احمدآباد در محدوده‌ای با فاصله کمتر از ۸۰۰۰ متر واقع شده‌اند. در نگاه اول انتظار می‌رود که همخوانی این سه ایستگاه با ایستگاه سینوپتیک اشنویه بسیار بالا بوده و در مقابل از سه ایستگاه سینوپتیک فوق که هر یک در حدود ۳۰ کیلومتر با دیگری فاصله دارند، انتظار همخوانی چندانی نمی‌رود. در ادامه، جدول ۷ مقایسه داده‌های ثبت شده در این ٦ ایستگاه را ارائه کرده است.

جدول ۵. مقایسه داده‌های ایستگاه‌های حاجی ممدان (کلیماتولوژی) و سوته (باران‌سنجی)- (ارتفاع بارش بر حسب میلی‌متر بر روز)

نمونه	نوع ایستگاه / نام ایستگاه / سال	ماه	روز	کلیماتولوژی حاجی ممدان ارتفاع بارش	باران سنجی سوته ارتفاع بارش	توضیحات
نمونه ۱	۲۰۰۰	فوریه	۲۵	۰	۳۶	عدم همخوانی مشهود است.
	۲۰۰۰	فوریه	۲۶	۵	۰	
نمونه ۲	۲۰۰۰	آوریل	۹	۰	۱۷	عدم همخوانی مشهود است.
	۲۰۰۰	آوریل	۱۰	۰	۰	
نمونه ۳	۲۰۰۰	آوریل	۱۲	۱۱	۰	عدم همخوانی مشهود است.
	۲۰۰۰	آوریل	۱۳	۰	۰	
نمونه ۴	۲۰۰۰	می	۸	۰	۱	ظاهرا ثبت آمار در ایستگاه کلیماتولوژی پس از اتمام واقعه بارش صورت پذیرفته است.
	۲۰۰۰	می	۹	۰	۳	
	۲۰۰۰	می	۱۰	۴	۰	
نمونه ۵	۲۰۰۰	می	۱۹	۰	۱۷	عدم همخوانی مشهود است.
	۲۰۰۰	می	۲۰	۶	۰	



شکل ۷.موقعیت ایستگاه‌های مراغه (سینوپتیک) و تازه‌کند (تماب) و ایستگاه‌های مجاور



شکل ۸. موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک اشنویه، نقده و مهاباد و ایستگاه‌های مجاور ایستگاه اشنویه

همانطور که در جدول (۷) ملاحظه می‌شود، همخوانی ایستگاه‌های سینوپتیک با وجود داشتن فاصله بسیار زیاد و قرار گرفتن بین عوارض جغرافیایی، از همخوانی سه ایستگاه باران‌سنجی و تماب که در فاصله بسیار کمتری از یکدیگر قرار دارند، بیشتر است. نمونه ۱ در جدول (۷) نشان می‌دهد که در روزهای ۱۶ تا ۱۹ آوریل ۲۰۰۶ یک جبهه باران‌زا در منطقه حاضر بوده است چراکه ایستگاه‌های سینوپتیک با داشتن فاصله بسیار زیاد همگی به ثبت بارندگی به خصوص در روز ۱۸ آوریل پرداخته‌اند. با این اوصاف سه ایستگاه باران‌سنجی و تماب در همسایگی ایستگاه سینوپتیک اشنویه در ۳ روز اول هیچ داده‌ای ثبت نکرده و تنها ایستگاه میرآباده و آن هم در روز ۱۹ آوریل که ظاهرا جبهه بارش از منطقه خارج شده است به ثبت داده پرداخته است. در نمونه ۲ نیز مشاهده می‌شود که هماهنگی ایستگاه‌های سینوپتیک با فاصله‌های بیش از ۲۵ کیلومتری با یکدیگر و وجود عوارض جغرافیایی، بیش از ایستگاه‌های باران‌سنجی و تماب با فاصله کمتر از ۸ کیلومتر است. نمونه ۳ نشان می‌دهد که در روزهای بارانی، ایستگاه‌های باران‌سنجی و تماب هیچ داده ای ثبت نکرده‌اند. ضمنا به نظر می‌رسد که یکی از ایستگاه‌های باران‌سنجی، تنها در روزی که مقدار بارندگی قابل توجه بوده به ثبت داده پرداخته و در دیگر روزها داده‌های بارندگی را ثبت نکرده است. نمونه‌های ٤، ٥ و ٦ از جدول (۷) نیز نشان می‌دهند که در روزهایی که ایستگاه‌های مجاور و همچنین سه ایستگاه سینوپتیک هیچ داده بارشی ثبت نکرده‌اند، برخی از ایستگاه‌ها به ثبت بارش پرداخته اند. در مقابل شرایط فوق، در نمونه ۷ ملاحظه می‌شود که در روزهای بارانی منطقه، هیچ داده‌ای در تماب و باران سنجی‌های نزدیک به یکدیگر ثبت نشده است. نمونه ۸ جدول (۷) نیز نشان می‌دهد که در تاریخ ۱۵ آوریل ۲۰۰۷ ایستگاه احمدآباد در حالی به ثبت ۸۹ میلیمتر بارش پرداخته است که در فاصله کمتر از ۸ کیلومتری آن جبهه بارندگی موجب ثبت هیچ بارشی نشده است. این در حالیست که هر سه ایستگاه سینوپتیک نیز در این روز بارندگی ثبت کرده اند.

جدول ۷. مقایسه داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک اشنویه، نقده و مهاباد و ایستاه‌های مجاور ایستگاه اشنویه (ارتفاع بارش بر حسب میلیمتر بر روز)

نمونه	نوع ایستگاه / نام ایستگاه			سینوپتیک اشنویه	سینوپتیک نقده	سینوپتیک مهاباد	باران سنجی اشنویه	باران سنجی میرآباده	تماب احمدآباد	توضیحات
	سال	ماه	روز	ارتفاع بارش	ارتفاع بارش	ارتفاع بارش	ارتفاع بارش	ارتفاع بارش	ارتفاع بارش	
نمونه ۱	۲۰۰۶	آوریل	۱۶	۰/۸	۰/۱	۰/۶		۰		ثبت بارندگی در ایستگاه های سینوپتیک با فاصله زیاد نشان از وجود جبهه باران زا در منطقه دارد با این وجود، ایستگاه های باران سنجی و تماب که بسیار به هم نزدیک اند، بارشی ثبت نکرده اند. میرآباده نیز با یک روز تاخیر یک داده پرت ثبت کرده است.
	۲۰۰۶	آوریل	۱۷	۳/۲	۱/۳	۲۲/۲		۰		
	۲۰۰۶	آوریل	۱۸	۳۷	۴۶	۲۰		۰		
	۲۰۰۶	آوریل	۱۹	۰	۰	۰		۴۰		
نمونه ۲	۲۰۰۶	آوریل	۲۲	۲	۲	۲		۰		مشاهده میشود که هماهنگی ایستگاه های سینوپتیک با فاصله های بیش از ۲۵ کیلومتری با یکدیگر و وجود عوارض جغرافیایی، بیش از ایستگاه های باران سنجی و تماب با فاصله کمتر از ۸ کیلومتر است!
	۲۰۰۶	آوریل	۲۳	۰	۰	۰		۰		
	۲۰۰۶	آوریل	۲۴	۰	۲	۱/۱		۰		
	۲۰۰۶	آوریل	۲۵	۱۶	۶	۹		۹		
	۲۰۰۶	آوریل	۲۶	۰	۰	۳		۰		
	۲۰۰۶	آوریل	۲۷	۶	۰/۲	۰/۸		۰		
	۲۰۰۶	آوریل	۲۸	۰	۰	۰		۰		
	۲۰۰۶	آوریل	۲۹	۰	۰	۰/۱		۰		
	۲۰۰۶	آوریل	۳۰	۲	۰/۲	۰		۰		
نمونه ۳	۲۰۰۶	مارچ	۱۵	۰	۰	۰/۴		۰		ملاحظه می شود که در روزهای بارانی، ایستگاه های باران سنجی و تماب هیچ داده ای ثبت نکرده اند. ضمنا به نظر می رسد که یکی از ایستگاه های باران سنجی، تنها در روزی که مقدار بارندگی قابل توجه بوده به ثبت آمار پرداخته و در دیگر روزها آمار بارندگی را ثبت نکرده است.
	۲۰۰۶	مارچ	۱۶	۰/۷	۰/۶	۰		۰		
	۲۰۰۶	مارچ	۱۷	۰	۰	۰		۰		
	۲۰۰۶	مارچ	۱۸	۰	۰	۰		۰		
	۲۰۰۶	مارچ	۱۹	۱۲	۲/۷	۴/۳		۰		
	۲۰۰۶	مارچ	۲۰	۲۴	۱۷/۷	۱۸/۲		۱۳		
	۲۰۰۶	مارچ	۲۱	۰	۰	۰		۰		
	۲۰۰۶	مارچ	۲۲	۱	۰/۸	۸		۰		
	۲۰۰۶	مارچ	۲۳	۰/۲	۰	۰		۰		
نمونه ۴	۲۰۰۷	ژانویه	۲۶	۰	۰	۰	۰		۱۸/۲	در روزهایی که هیچ بارندگی ای در منطقه نبوده است، تماب به ثبت بارش ۱۲ و ۱۸ میلیمتری پرداخته است!
	۲۰۰۷	ژانویه	۲۷	۰	۰	۰	۰		۱۲	
نمونه ۵	۲۰۰۸	مارچ	۱۸	۰	۰	۰			۱۵/۵	ثبت داده ۱۵ میلیمتری برای بارندگی در روز بدون بارندگی
نمونه ۶	۲۰۰۷	فوریه	۲۰	۰	۰	۰	۲۲			ثبت داده نادرست ۲۲ میلیمتری در روز بی باران.
نمونه ۷	۲۰۰۷	فوریه	۴	۴۷	۳۵	۳۷/۴	۰			در مقابل شرایط فوق، ملاحظه می شود که در روزهای بارانی منطقه، هیچ داده ای در تماب و باران سنجی های نزدیک به یکدیگر ثبت نشده است.
	۲۰۰۷	فوریه	۲۵	۶/۴	۲/۲	۱۲/۴	۰			
	۲۰۰۷	مارچ	۶	۱۸	۲۶	۱۵/۴	۰			
نمونه ۸	۲۰۰۷	آوریل	۱۴	۰/۵	۰/۳	۱/۱	۳		۹/۸	ثبت بارندگی با ارتفاع ۸۹ میلیمتر در شرایطی که ایستگاه های مجاور با فاصله بسیار کم، هیچ داده ای ثبت نکرده اند.
	۲۰۰۷	آوریل	۱۵	۳/۳	۳	۱۷/۴	۰		۸۹/۴	
	۲۰۰۷	آوریل	۱۶	۲۸	۳۰	۲۱	۲۷		۵/۴	

مصادیق فوق تنها نمونه‌هایی از عدم همخوانی‌های متعدد موجود بین ایستگاه‌های ثبت داده بارندگی در حوضه دریاچه ارومیه هستند و شایان ذکر است که این عدم همخوانی‌ها هرگز از طریق آزمون‌های آماری بررسی همگنی و داده پرت قابل تشخیص نخواهند بود.

جدول (۸) برخی داده ها و اطلاعات مربوط به مجموع ۲٤٥ ایستگاه فعال (ایستگاه‌هایی که بعد از سال ۲۰۰۰ نیز به ثبت داده می‌پردازند) واقع شده در حوضه دریاچه ارومیه را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که بیش از ۱٤ درصد از مجموع کل داده‌های بارندگی ثبت شده در ایستگاه‌های حوضه غیر قابل اعتماد هستند و در این بین سهم ایستگاه‌های تماب و باران‌سنجی از داده‌های غیرقابل اعتماد، در مقایسه با ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی بالاتر است. لازم به یادآوری است که منظور از داده‌های غیرقابل اعتماد، داده‌هایی است که در مقایسه با داده‌های متناظر ثبت شده در ایستگاه‌های مجاور دارای عدم همخوانی‌های مشهود نظیر موارد ذکر شده در مثال‌های فوق بوده اند. بعلاوه نتیجه بررسی‌های فوق نشان می‌دهد که تعداد ۳۱ ایستگاه با وجود همگنی و به دلیل کیفیت بسیار پایین در ثبت داده، به طور کلی غیرقابل اعتماد هستند.این بدان معناست که ۱۲/٦ درصد از ایستگاه‌های موجود به طور کلی باید از روند هرگونه محاسبه و تحلیل خارج شوند و این درحالیست که بر اساس نتایج آزمون‌های همگنی (جدول ۲) تنها ۲/٤ درصد از ایستگاه‌های حوضه غیرقابل اعتماد و نیازمند اصلاح و یا حذف بوده اند.

جدول ۸ نتیجه بررسی و ارزیابی دقیق داده‌های روزانه ایستگاه‌های حوضه

	کل حوضه	تماب	باران سنجی	سینوپتیک	کلیماتولوژی
تعداد کل داده های ثبت شده (صفر و بیشتر)	۷۳۹,۸۸۲	۳۹۳,۸۲۰	۲۷۲,۳۱۸	۵۱,۰۴۹	۲۲,۶۹۵
تعداد روزهای بارانی (داده های بیشتر از صفر)	۱۰۰,۳۳۳	۴۸,۱۸۵	۳۹,۰۹۶	۹,۷۱۲	۳,۳۴۰
تعداد داده های غیر قابل اعتماد	۱۴,۳۶۸	۸,۸۹۵	۵,۳۷۸	۲۹	۶۶
درصد داده های غیر قابل اعتماد	۱۴/۳	۱۸/۵	۱۳/۸	۰/۳	۲/۰

نتیجه‌گیری

در این تحقیق نتایج آزمون‌های صحت‌سنجی داده‌های سری‌های زمانی بارش از قبیل آزمون‌های بررسی همگنی و تشخیص داده‌های پرت در کنار ارزیابی و بررسی دقیق داده‌های ثبت شده بارندگی در مقایسه با ایستگاه‌های مجاور مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. در ابتدا با انجام آزمون‌های همگنی و تشخیص داده‌های پرت، صحت و درستی داده‌های ایستگاه‌های باران‌سنجی حوضه دریاچه ارومیه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دهنده کیفیت بالای داده‌های ثبت شده ایستگاه‌ها و امکان استفاده از داده‌های موجود با درصد بالایی از اطمینان بوده است. سپس، با بررسی و ارزیابی دقیق‌تر داده‌های روزانه ثبت شده در مقایسه با ایستگاه‌های مجاور نشان داده شد که در بسیاری از موارد، ایستگاه‌هایی که با موفقیت آزمون‌های آماری را گذرانده‌اند، همچنان دارای نقص‌های اساسی بوده و غیرقابل اعتمادند. در واقع بر اساس مطالب فوق می‌توان نتیجه گرفت که اینگونه صحت‌سنجی داده‌ها را تنها می‌توان در تحقیقاتی مورد استفاده قرار داد که مطالعات آنها در مقیاس سالانه صورت پذیرد چراکه تحلیل همگنی نیز بر اساس میانگین سالیانه داده‌ها استوار است. این مقاله نشان می‌دهد در صورتیکه مقیاس زمانی کوتاه مدت خصوصا مقیاس روزانه در مطالعات مد نظرباشد، اتکا به نتایج آزمون‌های همگنی به تنهایی نخواهد توانست درستی داده‌های مورد استفاده را تضمین کند. بعلاوه استفاده از روش‌های آزمون‌های آماری غیرمستقل که در بررسی خود، داده‌های ایستگاه‌های مجاور و مرجع را نیز در نظر می‌گیرند، می‌تواند بسیار مفید فایده باشد. به بیان دیگر، هدف از این تحقیق بیان این مطلب است که انجام آزمون‌های متداول همگنی و بررسی داده‌های پرت به تنهایی برای کسب اطمینان از صحت و درستی داده‌ها کافی نخواهند بود. لذا، در صورتیکه یک سری زمانی داده، آزمون‌های آماری همگنی را با موفقیت سپری کند، همچنان ممکن است از صحت و درستی کافی برخوردار نبوده و حتی در موارد بسیاری داده‌های نادرست و غلطی را ارائه کرده باشد که عدم توجه به این مسئله به سادگی می‌تواند به انجام تحلیل‌های هیدرولوژیک نادرست و اتخاذ تصمیمات مدیریتی غیرواقعی در حیطه منابع آب منجر شود.

فهرست منابع

امیری س.، قیصری م. و مروج الحکامی ب. ۱۳۹۱. ارزیابی کارایی آمار بلندمدت هواشناسی در مدیریت آبیاری قطره‌ای و بارانی. حفاظت منابع آب و خاک، سال دوم، شماره اول (پاییز).

زارع ابیانه ح.، محبوبی ع. ا. و نیشابوری م. ر. ۱۳۸۳. بررسی وضعیت خشکسالی و روند آن در منطقه همدان بر اساس شاخص‌های آماری خشکسالی. پژوهش و سازندگی، شماره ٦٤ (پاییز)، ۲-۷.

زمانی نوری ع. ۱۳۹۰. استخراج منحنی‌های IDF از داده‌های روزانه بارش در ایستگاه هواشناسی ساوه. حفاظت منابع آب و خاک، سال اول، شماره ۲، زمستان ۱۳۹۰.

بی نام.۱۳۹۲. گزارش منابع و مصارف آب حوضه آبریز دریاچه ارومیه. وزارت نیرو، ستاد دریاچه ارومیه، زمستان ۱۳۹۲.

شکیبا ع.، باهک ب. و منوریان ز. ۱۳۸۷. اثرات تغییرات بارندگی بر روی جریانات آب‌های سطحی و دائمی استان تهران. فصلنامه علمی پژوهش چشم‌انداز جغرافیایی، جلد ٦ (۷): ۱۱۱-۱۳۳.

عیوضی م. و مساعدی ا. ۱۳۹۱. بررسی الگوی گسترش مکانی بارش در سطح استان گلستان با استفاده از مدل‌های قطعی و زمین‌آماری. نشریه آب و خاک، جلد ۲٦ (۱): ۵۳-٦٤.

قاسمی م.، اسلامیان س. س. و سلطانی س. ۱۳۸۷. ناحیه‌بندی و پایش خشکسالی هواشناسی در حوضه آبخیز کرخه با استفاده از شاخص‌های بارش استاندارد و دهک‌های بارندگی. مجله پژوهش کشاورزی، جلد ۸ (۳): ۲۳-۳۵.

قمقامی م. و بذرافشان ج. ۱۳۹۱. پیش‌آگاهی وضعیت خشکسالی هواشناسی در گستره ایران با استفاده از مدل زنجیره مارکف. مجله حفاظت منابع آب و خاک، سال اول، شماره ۳، بهار ۱۳۹۱.

مساعدی ا. و مرعشی م. ۱۳۸۸. بررسی مقایسه‌ای خشکسالی در مناطق پرباران و کم باران (مطالعه موردی- استان گلستان). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد شانزدهم (۱-الف):۲۰-۳٤.

بی نام ۱۳۹۰. مطالعات بهنگام‌سازی طرح جامع آب کشور. وزارت نیرو، مهندسین مشاور مهاب قدس، گزارشات جلد تلفیق.

Ahmad N. H. and Deni S. M. 2013. Homogeneity test on daily rainfall series for Malaysia. Matematika, 29(1): 141-150.

Alexanderson, H. A., 1986. A homogeneity test applied to precipitation data. Journal of Climatology, 6: 661–675.

Alexandersson H, Moberg A. 1997. Homogenization of Swedish temperature data. Part 1: homogeneity test for linear trends. International Journal of Climatology, 17: 25–34.

Buishand, T. A. 1982. Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. Journal of Hydrology, 58: 11–27.

Gonzalez Rouco F. j., Jimenez L. j., Quesada V. and Valero F. 2007. Quality control and homogeneity of precipitation data in the southwest of Europe. journal of Climate, 14(22): 964-978.

Firat M., Dikbas F., Cem Koc A. and Gungor M. 2010. Missing data analysis and homogeneity test for Turkish precipitation series. Indian Academy of Sciences, 35(6): 707-720.

Karabork M. C., Kahya E., Komuscu A. U. 2007. Analysis of Turkish precipitation data: Homogeneity and the Southern Oscillation forcings on frequency distributions. Hydrological Processes, 21: 3203–3210.

Khaliq M. N. and Quarda T. B. M. J. 2007. Short communication on the critical values of the standard normal homogeneity test (SNHT). International Journal of Climatology, 27(5): 681-687.

Ming Kang H. and Yusof F. 2012. Homogeneity test on daily rainfall series in peninsular Malaysia. International Journal of Contemperary Math Sciences, 7(1): 9-22.

Nasri M. and Modarres R. 2009. Dry spell trend analysis of Isfahan province, IRAN. International Journal of Climatology, 29(10): 1430-1438.

1. Pettitt A. N. 1979. A non-parametric approach to the change-point detection. Applied Statistics, 28: 126–135.

Raziei T., Saghafian B., Paulo A. A., Pereira S. L. and Bordi I. 2009. Spatial pattern and temporal variability of drought in western IRAN. Water Resources Management, 23(3): 439-455.

Soltani S., Saboohi R. and Yaghmaei L. 2012. Rainfall and rainy days trend in IRAN. Climate Change, 110(1): 187-213.

Tuomenvirta H. 2002. Homogeneity testing and adjustment of climatic time series in Finland. Geophysica, 38(1-2): 15-41.

Von Neumann J. 1941. Distribution of the ratio of the mean square successive difference to the variance. Annals of Mathematical Statistics, 13: 367–395.

Wijngaard J. B., Klein Tank A. M. G. and Konnen G. P. 2003. Homogeneity of 20th century European daily temperature and precipitation series. International Journal of Climatology, 23(6): 679-692. XLSTAT 2006, Tutorial XLSTAT 7.5. http://www.xlstat.com.

ISSN 2251-7480

Verifying precipitation data of TAMAB and meteorology institute in Urmia basin

Navid Ghajarnia [1], Abdolmajid Liaghat[2*] and Peyman Daneshkar Arasteh [3]

1) Ph.D Student, Department of Irrigation & Reclamation Engineering, Faculty of Agricultural Engineering & Technology College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2*) Professor, Department of Irrigation & Reclamation Engineering, Faculty of Agricultural Engineering & Technology College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
Corresponding author email: aliaghat@ut.ac.ir
3) Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Engineering and technology, Imam Khomeini International University, Ghazvin, Iran

Received: 21-06-2013 Accepted: 02-07-2014

Abstract

Water resources management, forecasting, and decision making require reliable estimates of precipitation. Therefore, a normal and an inevitable part of any hydrological or water management project before starting the research is analyzing the accuracy of time series. For this purpose by using statistical tests, the time series are analyzed heterogeneous and improbable fluctuations of data and if needed are corrected or omitted. Although usually passing the statistical tests, scientifically verifies the efficiency of the data, more precise verifications on the data may lead to different results. Therefore, in this study by choosing precipitation data of Urmia basin as a case study, final results of some statistical tests on the efficiency of the data are analyzed. Careful and precise analysis of the time series especially in comparison with neighboring stations shows that full reliance on the statistical tests alone is not enough for analyzing the efficiency of the time series and the results of these tests may mislead users on the true condition and efficiency of the data. Based on the results of this study, only 2.4 percent of the data need correction or must be omitted; nevertheless, more precise analysis through data shows that about 12.6 percent of the data are completely unsuitable and must be omitted.

Keywords: homogeneity test; rainfall time series; Urmia basin; XLSTAT (2013) software