Archive of SID

علـوم محیـطی سال هشتم، شماره سوم، بهار ۱۳۹۰
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.8, No.3, Spring 2011
۱۱۶-۱۰۹

بررسی کارآیی روش رگرسیون فازی در بازسازی داده‌های گمشده سالیانه بارش در حوزه آبریز کارون

سیدجواد ساداتی‌نژاد[۱*]، روح‌الله حسن‌شاهی[۲]، محمد شایان‌نژاد[۳]، خدایار عبدالهی[۴]

۱- *استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد*
۲- *دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه شهرکرد*
۳- *استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد*
٤- *عضو هیأت علمی گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهر کرد*

تاریخ دریافت: ۸۹/۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۰/۲/۱۱

چکیده

خلأهای گسسته و پیوسته در اغلب داده‌های هیدرولوژی مانند داده‌های بارش به دلایلی نظیر عدم ثبت آمار، حذف آمار غلط و خرابی یا از بین رفتن دستگاه‌های اندازه‌گیری اتفاق می‌افتد و تخمین و برآورد این داده‌ها لازم وضروری می‌باشد. بدین منظور روش‌های متعددی برای تخمین داده‌ها وجود دارد که بسته به شرایط هر ایستگاه ممکن است یک روش خاص بهترین نتیجه را در پی داشته باشد معمولا برای برآورد داده‌های گمشده در یک ایستگاه از ایستگاه‌های مجاور آن که دارای همبستگی بیشتری هستند استفاده می‌شود. در این تحقیق کارآیی استفاده از روش رگرسیون فازی در بازسازی داده‌های سالیانه ایستگاه‌های باران سنجی در حوزه آبریز کارون مورد ارزیابی قرار گرفت وبا روش‌های نسبت نرمال، محورهای مختصات، رگرسیون ساده و رگرسیون چندگانه مقایسه گردید. گروه‌های باز سازی بوسیله روش خوشه‌بندی تعیین شده و ۲۵ ایستگاه که دارای طول آماری مشترک بودند در ۵ گروه بازسازی قرار گرفتند. سپس با استفاده از روش حذف اعتباری، مقادیر آن‌ها از طریق روش‌های مذکور برآورد گردید و با استفاده از آماره ریشه مجذور میانگین مربعات خطا اولویت هر یک از این روش‌ها شناسایی شد. نتایج بازسازی داده‌های سالیانه نشان دهنده برتری روش رگرسیون فازی در ۱۲ ایستگاه از ۲۵ ایستگاه مورد مطالعه و در سه گروه از ۵ گروه بازسازی می‌باشد و در نهایت در کل حوزه، به عنوان اولویت اول در بازسازی داده‌های سالیانه شناخته شد.

کلید واژه‌ها: حوزه آبریز کارون، بازسازی بارش، رگرسیون فازی، خوشه‌بندی.

Evaluation of Fuzzy Regression Efficiency for Reconstructing Missing Annual Precipitation Data in Karoon Basin

Seyyed Javad Sadatinejad,[1*] Rohallah Hassanshahi,[2] Mohammad Shayannejad[3] and Khodayar Abdolahi[4]

1- Assistant professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Shahrekord University
2- MSc. in Watershed Management Engineering
3- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrkord University
4- Academic Member, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Shahrekord University

Abstract

Continuous and disperse blanks in most hydrological data (e.g. rainfall data) often occur due to data loss, elimination of incorrect data and the malfunctioning of measuring instruments; these then need to be estimated and/or evaluated for subsequent analysis. There are various methods available for estimating and regenerating these data, the accuracy of which depends very much on the specific conditions of the station, so that one specific method may suit a particular station. Generally, data from four adjacent stations are used for regenerating the missing data at a particular station. In this research, fuzzy regression efficiency is employed for reconstructing yearly rainfall data in Karoon basin. The results are compared with methods such as normal ratio, graphical, simple linear regression and multivariate linear regression. Reconstruction groups were formed using the clustering method in minitab software. Twenty-five stations, similar in their duration of data collection, were selected from among stations in the northern Karoon basin and these were classified into 5 clusters. Following data elimination by cross validation, their value was estimated using the above mentioned methods. Then, using the root mean square of errors (RMSE), the priority was evaluated for each method. The results of yearly data regeneration indicate that fuzzy regression yielded more accurate estimates in 12 out of the 25 stations studied, or in 3 clusters out of the 5 classified group, making it the most appropriate method for regenerating data for the whole of Karoon basin.

Keywords: Karoon basin, Rainfall reconstruction, Fuzzy regression, Clustering.

* Corresponding author. *E-mail Address*: jsadatinejad@kashanu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

نـواقص آمـاری همیشـه در امـور تحقیقـی و مطالعـاتی مشکل‌ساز بوده‌اند. در مطالعات هیدرولوژی و هواشناسی هر منطقه وجود اطلاعات بارش از پارامترهای اساسی است که زیربنای مطالعات را تشکیل می‌دهد. اما برخی از مواقع این اطلاعات ناقص می‌باشد و استفاده از آن مشکل بوده و باعث بروز خطا در نتایج می‌گردد. تمام مطالعات هیدرولوژیکی براساس آمار مورد قبول پایه‌گذاری شده است و درصورتی که این اطلاعات ناقص باشد نمی‌توان آنالیز آماری صحیحی انجام داد (Naghdi, 2006). اگر در یک منطقه تعداد ایستگاه‌های باران‌سنجی کم باشد این موضوع واضح تر خواهد بود. بنابراین لازم است این نواقص آماری برطرف گردد.

ضرورت داشتن اطلاعات و آمارصحیح و قابل قبول در بررسی‌های علمی و مطالعات مهندسی پروژه‌های آبی، طرح‌های توسعه کشاورزی، آبخیزداری و نظایر آن اولین گام می‌باشد. این درحالی است که در کشور ما آمارهای موجود به دلایل گوناگون که ناشی از عدم دیدبانی یا مشکوک بودن ارقام است، دارای خلاء گستردهای می‌باشد.

قبل از بکارگیری این آمار در مطالعات می‌بایست نقایص آن‌ها را برطرف و داده‌های گمشده را بازسازی کرد. لذا دستیابی به یک روش صحیح بازسازی آمار گمشده ضروری به نظر می‌رسد.

دسترسی به داده‌های کافی ودقیق از یک طرف موجب کوتاهتر شدن مدت مطالعات و از طرف دیگر موجب برآورد دقیق‌تر پارامترهای هدف و کاهش هزینه‌های اجرایی و خسارات بعدی ناشی از اجرای طرح‌ها می‌گردد (Lookzadeh, 2005).

جهت بازسازی داده‌های بارش روش‌های متعددی وجود دارد که در این نوع تحقیق روش رگرسیون فازی را با روش‌های کلاسیک بازسازی در ایستگاه‌های باران‌سنجی حوزه آبخیز کارون شمالی مورد مقایسه قرار گرفته است.

در این زمینه تحقیقات چندانی در ایران وجهان صورت نگرفته که در زیر به نمونه‌هایی از این تحقیقات اشاره شده است:

ساداتی نژاد(۱۳۷۶) در مقایسه آماری روش‌های مختلف بازسازی داده‌های بارش سالانه در استان اصفهان به منظور تعیین بهترین روش در هر اقلیم استان مذکور هفت روش بازسازی شامل ایستگاه معرف، نسبت نرمال، محور مختصاتی، رگرسیون خطی ساده، رگرسیون خطی چند متغیره و اتورگرسیو را مورد بررسی قرار داد که در این مقایسه روش نسبت نرمال را برای اقلیم‌های خشک ومدیترانه ای وروش رگرسیون خطی چند متغیره را برای اقلیم نیمه خشک به عنوان روش‌های برتر معرفی نمود.

لوک‌زاده (۱۳۸۳) مقایسه‌ای بین روش‌های مختلف بازسازی خلاهای آماری بارندگی در مقاطع مختلف زمانی در منطقه البرز مرکز ی با روش‌های رگرسیون خطی (یک، دو و سه متغیر مستقل) نسبت نرمال، عکس مجذور فاصله و روش‌های زمین آماری انجام داد. بدین منظور ۱۸ ایستگاه که دارای یک دوره ۲۷ ساله آماری کامل بدون خلا بود انتخاب گردید، با حذف ۲۰ درصد از آمار هر ایستگاه بطور مساوی بین سال‌های خشک، نرمال و تر(ایجاد خلا مصنوعی) در مقاطع زمانی سالانه، فصلی و ماهانه خلاهای آماری ایجاد شده بازسازی گردید. نتایج بازسازی با معیار RMSE[1] روش نسبت نرمال را با ۶۹/۲ درصد، با ضریب همبستگی در ۵۳/۳درصد از موارد به عنوان مناسب‌ترین روش نشان داد هم‌چنین بررسی نتایج با آزمون t.student در سطح ۱درصد نشان داد که برآورد در سال‌های منحصراً خشک فراتر از مقادیر حقیقی و برای سال‌های منحصراً تر کمتر از مقادیر مشاهده‌ای می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

نقدی (۱۳۸۴) بازسازی داده‌های دبی را در حوزه آبریز کارون بزرگ به روش شبکه عصبی مصنوعی و مقایسه آن با دیگر روش‌ها انجام داد و برای گروه‌های بازسازی مختلف این روش‌ها را اولویت‌بندی نمود و مشخص کرد که روش رگرسیون ساده بهترین روش بازسازی داده‌های دبی در کل حوزه کارون بزرگ می‌باشد.

ابب وهمکاران (۲۰۰۰) برای بازسازی بارندگی‌های مفقوده روش استفاده از منطق فازی را با شبکه‌های عصبی مصنوعی و نسبت نرمال در سه ایستگاه باران سنجی واقع در شمال ایتالیا مورد مقایسه قرار دادند نتایج نشان داد که منطق فازی نسبت به دو روش دیگر خطای کمتری ایجاد می‌کند.

محققین زیادی روش‌های مختلفی را برای حل مسائل رگرسیون فازی ارائه نموده‌اند. تاناکا و همکاران (۱۹۸۲) برای اولین بار به این مساله پرداختند. بدنبال آن بطور گسترده ای توسط محققین از جمله چنگ و همکاران (۲۰۰۱) و سانچز و همکاران (۲۰۰۳) تحقیقات در این زمینه ادامه یافت.

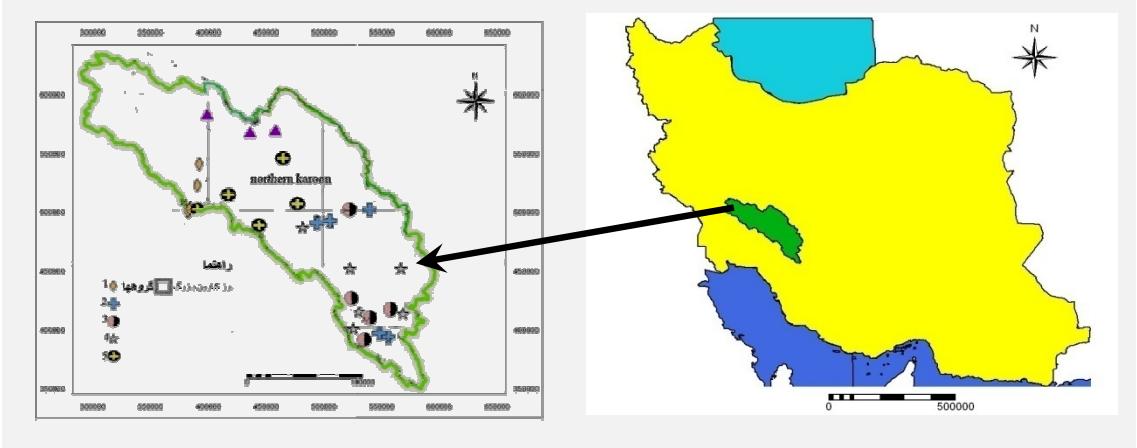
مواد و روش‌ها

مشخصات ایستگاه‌های باران سنجی مورد استفاده

در این تحقیق از ایستگاه‌های واقع در حوزه کارون شمالی استفاده شد. اطلاعات این ایستگاه‌ها از وزارت نیرو گرفته شد ویک پایه زمانی مشترک ۱۵ ساله انتخاب گردید و ۲۵ ایستگاه با دوره آماری مشترک بدست آمد که بوسیله روش خوشه‌بندی با استفاده از نرم افزار Minitab به پنج گروه بازسازی به شرح جدول شماره ۱ تقسیم شده است:

جدول ۱ـ گروه‌های بازسازی داده‌های سالیانه بارش در حوزه آبریز کارون شمالی

گروه	ایستگاه‌ها
۱	سوسن- ایذه- ده بختیاری- چشمه شیرین
۲	آلونی- زرین درخت- یاسوج -تنگ زردآلو- شاه مختار
۳	سی سخت- پل کاریک- پتاوه - سپیدار- سولگان
۴	شهید- لردجان- باتاری- حنا-کتا-پیراشگفت
۵	بهشت آباد- پل شالو- بارز- آرمند- قلعه تل



شکل ۱ـ نقشه موقعیت حوزه کارون شمالی در ایران و گروه‌های بازسازی بر روی نقشه

www.SID.ir

Archive of SID

روش رگرسیون فازی

در رگرسیون خطی کلاسیک به ازای هر سری از متغیرهای ورودی، یک مقدار مشخص برای متغیر خروجی محاسبه می‌گردد، در حالی‌که رگرسیون فازی بازه‌ای از مقادیر ممکن را برای متغیر خروجی تخمین می‌زند. توزیع این مقادیر بصورت تابع عضویت مشخص می‌شود.

بطور کلی برای برازش یک معادله رگرسیون خطی فازی سه دسته مدل وجود دارد: ۱- مدل‌های رگرسیون امکانی فازی[۲] ۲- مدل‌های رگرسیون کمترین مربعات[۳] ۳- مدل‌های رگرسیون مبتنی بر تحلیل بازه‌ای[۴].

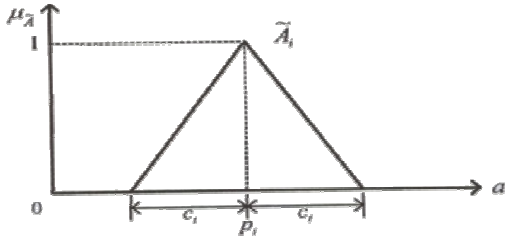
مدل‌های رگرسیون امکانی فازی اولین بار توسط (Tanaka *et al.*, 1982) ارائه گردید. این مدل‌ها بهترین معادله رگرسیون را با کمینه کردن میزان فازی بودن بدست می‌دهند. این کار با کمینه کردن مجموع کل پهنای توابع عضویت ضرائب فازی معادله رگرسیون انجام می‌شود. یکی از مدل‌های رگرسیون فازی امکانی مدلی است که در آن ضرائب فازی است و ورودی و خروجی مشاهده‌ای غیرفازی است. در این تحقیق از این مدل استفاده شده است. این مدل با معادله ۱ بیان می‌شود.

-۱

$$\tilde{y} = \tilde{A}_0 + \tilde{A}_1 x_1 + \tilde{A}_2 x_2 + \tilde{A}_3 x_3 + \ldots\ldots + \tilde{A}_n x_n$$

ضرائب معادله فوق یعنی $\tilde{A}_0$ ، $\tilde{A}_n, \ldots\ldots, \tilde{A}_1$ اعداد فازی و متغیرهای ورودی مشاهده‌ای یعنی x_1 x_2 x_3و.....و x_n اعداد معمولی هستند برای هر n متغیر یک عدد فازی مانند $\tilde{y}$ به عنوان خروجی محاسبه‌ای بدست می‌آید.

فرض کنید مقدار m سطر داده مشاهده‌ای وجود دارد و در هر سطر n متغیر ورودی (x_{ij}) و یک متغیر خروجی می‌باشد. همچنین فرض کنید عدد فازی بصورت مثلثی متقارن به شکل ۲ باشد (در این شکل C_i = پهنای عدد و P_i = مرکز عدد فازی). در آن صورت می‌توان تابع عضویت را بصورت معادله ۲ نوشت.



شکل ۲- تابع عضویت ضرایب فازی

$$\mu_{\tilde{A}}(a_i) = \begin{cases} 1 - \dfrac{|p_i - a_i|}{c_i} & p_i - c_i \le a_i \le p_i + c \\ 0 \end{cases} \quad -۲$$

عدد فازی $\tilde{A}$ در شکل ۲ برای نشان دادن مقدار " تقریبا برابر p_i " می‌باشد و c_i نشانگر میزان فازی بودن آن است که این مفهوم را می‌توان به شکل $\tilde{A}_i = (p_i, c_i)$ نمایش داد بنابراین معادله رگرسیون فازی به‌صورت معادله ۳ می‌باشد.

-۳

$$\tilde{y} = (p_0, c_0) + (p_1, c_1)x_1 + (p_2, c_2)x_2 + \ldots\ldots + (p_n, c_n)x_n$$

و تابع عضویت متغیر فازی خروجی یعنی $\tilde{y}$ به صورت معادله ۴ ارائه می‌شود.

-۴

$$\mu_{\tilde{y}}(y) = \begin{cases} \max \left(\min \left[\mu_{\tilde{A}i}(a_i) \right] \right) & \{a | y = f(x,a) \neq \phi \\ 0 \end{cases}$$

-۵

$$\mu_{\tilde{y}}(y) = \begin{cases} 1 - \dfrac{y - p_0 - \sum_1^n p_i x_i}{c_0 + \sum_1^n c_i |x_i|} & x_i \neq 0 \\ 1 & x_i = 0, y = 0 \\ 0 & x_i = 0, y \neq 0 \end{cases}$$

www.SID.ir

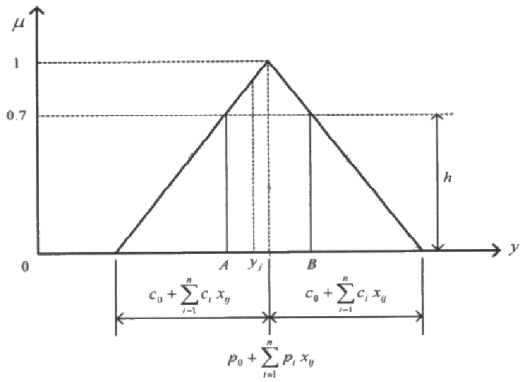
Archive of SID

برای حل مسئله رگرسیون خطی فازی، الگوریتم‌های مختلفی پیشنهاد گردیده است که یکی از آن‌ها تبدیل مسئله رگرسیون خطی فازی به یک مسئله برنامه ریزی خطی است. در این حالت که داده‌ها، غیر فازی هستند. هدف مدل رگرسیون، تعیین مقادیر بهینه $\widetilde{A}$ می‌باشد به گونه‌ای که درجه عضویت متغیر خروجی فازی برای تمام داده‌ها از یک مقدار معینی مانند h که توسط کاربر تعیین می‌شود بزرگتر باشد. به بیان دیگر برای m سطر داده ، (j=1,2,3,4,…,) باید نامساوی زیر صادق باشد:

$$\mu_{\widetilde{y}j}(y_i) \geq h \qquad -۶$$

با افزایش مقدار h میزان فازی بودن خروجی‌ها نیز افزایش می‌یابد. رابطه ۶ بیان می کند که خروجی فازی باید بین دو مقدار A و B که در شکل ۳ مشخص شده‌اند قرار بگیرد. با توجه به رابطه ۵ مرکز و پهنای تابع عضویت خروجی به ترتیب برابر با $c_0 + \sum c_i x_i , p_0 + \sum_1^n p_i x_i$ در نظر گرفته می‌شود.

در روش رگرسیون فازی امکانی ضرائب به گونه‌ای تعیین می‌شود که پهنای خروجی فازی برای تمام مجموعه‌های داده‌ها حداقل گردد. بنابراین با توجه به مطالب مذکور تابع هدف و قیدهای مسئله برنامه ریزی خطی را می‌توان به صورت جدول ۲ ارائه نمود.



شکل ۳ـ تابع عضویت خروجی فازی

جدول ۲ـ مدل برنامه‌ریزی خطی برای حل رگرسیون خطی با مشاهدات غیر فازی

معادله رگرسیون $\widetilde{y} = \widetilde{A}_0 + \widetilde{A}_1 x_1 + \widetilde{A}_2 x_2 + \ldots + \widetilde{A}_n x_n$ ـ۷
تابع هدف $\text{Minimize}: mc + \sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} c_i \lvert x_{ij} \rvert$ ـ۸ قیدها $p_0 + \sum p_i x_{ij} - (1-h)\left[c_0 + \sum c_i x_{ij}\right] \leq y_j$ ـ۹ $p_0 + \sum p_i x_i + (1-h)\left[c_0 + \sum c_i x_{ij}\right] \geq y_j$

بنابراین برای حل یک مسئله رگرسیون خطی با ضرائب فازی و داده‌های غیرفازی، کافی است که یک مدل برنامه‌ریزی خطی بر اساس روابط جدول ۲ حل گردد. روابط ۸ و ۹ برای هر کدام از زوج داده‌های مشاهده‌ای بطور جداگانه‌ای نوشته می‌شود. بدین ترتیب بر اساس روابط مذکور تعداد2m نامعادله تشکیل می‌شود. این کار توسط نرم‌افزار Hydrogenerator[۵] انجام می گردد.

نتایج

نتایج مقایسه داده‌های بازسازی شده و مشاهده‌ای

برای مقایسه نتایج بدست آمده از سنجه مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده گردید. این سنجه از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$RMSE = \sqrt{\sum_{k=1}^{N} (X_k - Y_k)^2 / N} \qquad -۱۰$$

X = مقادیر مشاهده ای

Y= مقادیر محاسبه شده

N= تعداد داده ها

www.SID.ir

Archive of SID

جدول شماره ۳ مقدار این سنجه را در گروه‌های مختلف و برای روش‌های مختلف بازسازی نشان می‌دهد.

جدول ۳ - ارزیابی روش‌های بازسازی بارش سالیانه ایستگاه‌های باران سنجی گروه‌های مختلف با سنجه **RMSE** (میلی‌متر)

گروه بازسازی	ایستگاه	روش‌های بازسازی				
		نسبت نرمال	محورهای مختصات	رگرسیون ساده	رگرسیون چند گانه	رگرسیون فازی
گروه۱	سوسن	۵۱/۹	۶۵/۸	۶۴/۷	۵۸/۸	۸۹/۳
	ایذه	۱۸/۳۴	۲۲/۸۶	۱۱/۱	۱۵	۱۷/۰۵
	ده بختیاری	۲۶/۳	۱۹/۸	۱۱/۴	۲۴/۲	۱۴/۶
	چشمه شیرین	۲۱/۹	۱۹/۶	۸/۴	۱۷/۹	۱۴/۹
گروه۲	آلونی	۴۲/۸۷	۲۰/۳	۲۱/۳	۱۲/۸۹	۹/۱
	زرین درخت	۵۷/۵	۲۵/۴	۲۲/۴	۱۴/۳	۹/۷
	یاسوج	۳۴/۱	۲۱	۲۰/۷	۸	۵/۷
	تنگ زرد آلو	۱۴/۸	۶۵/۴	۳۵/۴	۱۵/۴	۸/۹۶
	شاه مختار	۲۳/۲	۱۷/۲۷	۱۷	۷	۶/۱
گروه۳	سی سخت	۵۲	۲۷	۴۲/۵	۳۱	۲۴
	پل کاریک	۴۳/۲	۶۸/۳	۸/۱	۷/۶	۶/۴
	پتاوه	۲۲/۴	۲۷/۶	۳۰/۶	۸/۷	۸/۴
	سپیدار	۴۲/۸	۱۷۵/۶	۲۰۲	۲۱	۲۶/۴
	سولگان	۴۳/۴	۴۰/۳	۱۷/۲	۳۳/۹	۲۷/۹
گروه۴	شهید	۲۲/۴	۱۸/۶	۱۱	۲۱/۲	۲۰/۵
	لردجان	۲/۷	۲۱/۸	۱۹/۶	۱۹/۵	۱۴
	باتاری	۲۴/۰۵	۸۹/۶	۱۲/۷۵	۱۳/۳	۲۹/۹
	کتا	۲۷	۱۸/۴۴	۴/۹۸	۱۸/۱۹	۱۶/۷۷
	حنا	۱۱	۶۷/۷۶	۲۷/۸	۵/۵	۴/۶
	پیراشگفت	۳۸/۸۷	۱۲۷/۹۷	۱۴۹	۴۲/۳	۲۹/۱
گروه۵	بهشت آباد	۱۹/۶۹	۲۳/۸	۶/۹۴	۲۲/۴۸	۱۸/۸۹
	پل شالو	۱۲/۳۲	۵۱/۸	۳۱/۸۴	۱۵/۵۷	۱۳/۹
	بارز	۱۳	۱۲/۶۸	۲۶/۷	۱۴/۹	۱۱/۸۷
	آرمند	۱۵/۵۷	۲۴	۸/۱	۱۷/۹	۱۵/۳
	قلعه تل	۱۶/۵۷	۵۰/۳	۸/۹۵	۲۱/۹۸	۱۶/۷۷

www.SID.ir

Archive of SID

اولویت‌های روش‌های بازسازی در ایستگاه‌های باران سنجی واقع در گروه‌های مختلف

با استفاده از نتایج بدست آمده از محاسبه RMSE، می‌توان اولویت هر یک از روش‌های بازسازی را در ایستگاه‌های باران سنجی گروه‌های مختلف بازسازی مشخص نمود. بدین منظور هر روشی که دارای مقدار RMSE کمتری باشد به عنوان روش برتر جهت بازسازی هر ایستگاه معرفی می‌شود. بر اساس نتایج جدول شماره۳ می‌توان بهترین روش بازسازی را در هر یک از ایستگاه‌ها بدست آورد. برای بدست آوردن اولویت‌های بازسازی در هر گروه و سپس در کل حوزه، درصد فراوانی روش‌ها در هر اولویت برای کل گروه ودر نهایت کل حوزه محاسبه شد. بدین ترتیب که درصدفراوانی هر روش در هر اولویت گرفته شد و در صورت مساوی بودن درصد فراوانی دو روش در یک اولویت حضور در اولویت بالاتر امتیاز محسوب گردید. در جدول **۴** اولویت‌های بازسازی داده‌های سالیانه برای هر گروه و در نهایت کل حوزه آبریز کارون شمالی آمده است.

جدول شماره ۴ـ اولویت‌های بازسازی داده‌های سالیانه بارش در گروه‌های بازسازی ودر کل حوزه کارون شمالی

		اولویت اول	اولویت دوم	اولویت سوم	اولویت چهارم	اولویت پنجم
گروه ۱	روش بازسازی	رگرسیون ساده	فازی	رگرسیون چندگانه	محور مختصات	نسبت نرمال
	درصد فراوانی	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۱۰۰
گروه ۲	روش بازسازی	فازی	رگرسیون چندگانه	رگرسیون ساده	محور مختصات	نسبت نرمال
	درصد فراوانی	۱۰۰	۸۰	۶۰	۸۰	۱۰۰
گروه ۳	روش بازسازی	فازی	رگرسیون چندگانه	رگرسیون ساده	نسبت نرمال	محور مختصات
	درصد فراوانی	۶۰	۶۰	۴۰	۶۰	۱۰۰
گروه ۴	روش بازسازی	فازی	رگرسیون ساده	رگرسیون چندگانه	محور مختصات	نسبت نرمال
	درصد فراوانی	۵۰	۶۶.۶۶	۸۳.۳۳	۶۶.۶۶	۱۰۰
گروه ۵	روش بازسازی	رگرسیون ساده	فازی	نسبت نرمال	رگرسیون چندگانه	محور مختصات
	درصد فراوانی	۶۰	۸۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
کل حوزه آبخیز کارون شمالی	**روش بازسازی**	**فازی**	**رگرسیون ساده**	**رگرسیون چندگانه**	**محورهای مختصات**	**نسبت نرمال**
	درصد فراوانی	**۶۰**	**۶۰**	**۸۳/۳۳**	**۶۶/۶۶**	**۱۰۰**

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

بر اساس نتایج جدول ۴ رگرسیون فازی دقیق ترین روش در بازسازی داده‌های سالیانه بارش در حوزه آبریز کارون شمالی می‌باشد، به طوری که از مجموع ۲۵ ایستگاه مورد مطالعه در کل حوزه، در ۱۲ ایستگاه روش رگرسیون فازی به عنوان اولویت اول می‌باشد و از مجموع ۵ گروه مورد مطالعه، در ۳ گروه روش رگرسیون فازی به عنوان اولویت اول قرار دارد. اما با توجه به دشواری استفاده از روش رگرسیون فازی و هم‌چنین سادگی روش رگرسیون خطی ساده، و نتایج نسبتاً خوبی که در بازسازی داده‌های سالیانه بارش در حوزه کارون شمالی داشته و اولویت دوم را به خود اختصاص داده است این روش جهت بازسازی داده‌های سالیانه در حوزه کارون شمالی توصیه می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

1. root-mean-square error
2. fuzzy posibilistic regression
3. fuzzy least squares regression
4. interval regression

۵. نرم افزار هیدروژنراتور به منظور بازسازی داده‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی توسط تیم پژوهشی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه شهر کرد در سال ۱۳۸۵ ساخته شده است. مجری طرح دکتر سید جواد ساداتی‌نژاد و کارفرمای آن شرکت مدیریت منابع آب کشور است.

منابع

Abebe, A.j., D.P. Solomatine and R.G. W. Venneker (2000). Application of Adaptive Fuzzy Role Methods for Reconstruction of Missing Precipitation Events. Hydrogical science journal, 45 (3): 425-436.

Chang, Y.H.O. and B.M. Ayyub (2001). Fuzzy regression Methods-A comparative assessment. Fuzzy sets and systems, 11(92): 187-203

Lohani, A. K., N.K. Goel and K.K.S. Bhatia (2006). Takagi-sugeno Fuzzy inference system for modeling stage-Discharge relationship. journal of hydrology, 331 (1-2): 146-160

Lookzadeh S. (2005). Evaluation of several methods in reconstruction of missing precipitation data in different periods at central Alborz region. MSc Thesis. Tehran University.

Mahdavi, M. (2002). Applied Hydrology. Tehran: Tehran University Press.

Naghdi, R. (2006). Reconstruction of missing discharge data at great Karoon river basin using artificial neural network -a comparison with other methods. MSc Thesis. Shahrekord University.

Sadatinejad S.J. (1999). A statistical comparison of methods used in reconstruction of missing precipitation data in Isfahan province. MSc Thesis. Tarbiyat Modarres University.

Sanchez, j.A. and A.T. Gomez (2003). Application of Fuzzy regression in Actuarial Analysis. journal of risk and insurance, 70(4): 797-802.

Shayanejad M., S.J., Sadatinejad and H. Fahmi (2008). Evaluation of potential evapotranspiration, using fuzzy regression. Journal of Research in Water Resources, 3(3): 9-19.

Tanaka, H., S. Uemjima and K. Asai (1982). Linear regression analysis with fuzzy model. IEEE trans. Sys. Man., cybern., 12(6): 903-907.

www.SID.ir