

استخراج روابط رگرسیونی بارش-رواناب در حوزه آبریز رودخانه بابل رود

رامین فضل‌اولی^۱، سمیرا حسین پور^{۲*}، مرضیه صداقت^۳

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

raminfazl@yahoo.com

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

hosseinpour_samira@yahoo.com

(۰۹۱۱۲۲۲۰۷۲۸)

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب دانشگاه شهید باهنر کرمان

sedaghat_marzieh@yahoo.com

چکیده

باتوجه به رشد روزافزون جمعیت و ضرورت استفاده بهینه از منابع آب موجود، استخراج روابط دقیق میان داده‌های بارندگی و دبی برای نیل به اهداف مدیریت آبیاری، مدل‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی و توسعه منابع آب، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. از این‌رو در این تحقیق به منظور استخراج روابط رگرسیونی بارش-رواناب در حوزه آبریز رودخانه بابل رود واقع در استان مازندران، از داده‌های بارندگی و دبی ۱۰ ایستگاه باران‌سنجی و ۲ ایستگاه هیدرومتری با طول دوره آماری ۳۰ سال استفاده شده است برای این منظور از داده‌های ۲۷ سال (که به صورت تصادفی انتخاب شدند) برای واسنجی مدل و تعیین ضرایب معادلات رگرسیونی و از داده‌های ۳ سال باقیمانده، برای صحت‌سنجی معادلات حاصل، استفاده شد. پس از بازسازی و تکمیل آمار باتوجه به همبستگی بین ایستگاه‌ها، روابط رگرسیونی بین آنها محاسبه شد و از بین آنها برای هرماه بهترین رابطه، انتخاب و معرفی گردید. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که در مقیاس زمانی ماهانه، بهترین معادله در بین تمام معادلات استخراج شده برای ایستگاه بابل کشتارگاه باتوجه به کمترین میزان خطا، معادله ۶ پارامتری مربوط به ماه مرداد می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بابل رود، بارش-رواناب، حوزه، حوزه آبریز، رگرسیون، رودخانه

مقدمه

در اکثر مسائل هیدرولوژی و مطالعات منابع آب، در دسترس بودن آمار و اطلاعات بارندگی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به همین دلیل همواره توجه دست‌اندرکاران این علم بر روی روش‌هایی بوده است تا بتوانند با استفاده از آنها، در نقاط فاقد آمار، اطلاعات بارندگی را به کمک داده‌های باران سنجی موجود تولید کنند. (میثاقی و محمدی، ۱۳۸۵).

اسکندری و ملکی نژاد (۱۳۹۱) تاثیر عوامل مختلف اقلیمی بر شدت تبخیر در استان اصفهان را با استفاده از مدل‌های مختلف رگرسیون خطی و درجه ۲ مورد بررسی دادند. تحقیق ایشان نشان داد که نتایج به دست آمده از دو روش رگرسیون خطی و درجه دو عمدتاً با هم شباهت دارد. به‌طور کلی در فصل پاییز و زمستان بین پارامترهای دما با تبخیر و در فصل پاییز و بهار بین پارامترهای رطوبت با تبخیر بیشترین ضریب همبستگی وجود داشته و کمترین همبستگی بین پارامترهای دما و رطوبت با تبخیر در فصل تابستان بوده است. فضل‌اولی و همکاران (۱۳۸۵) در حوزه‌های آبریز کوهستانی معرف امامه و کسلیان روابط پیش‌بینی براساس عمق بارش، شاخص بارش پیشین و دبی پایه را به دست آوردند ایشان. از روش‌های آماری به منظور استخراج روابط رگرسیون چند متغیره خطی و ضرایب همبستگی و خطاهای استاندارد مربوطه در مورد حوزه‌های مورد مطالعه استفاده نمودند. و در نهایت نتایج حاصل از روابط رگرسیونی تهیه شده را به حوزه‌های مجاوری که از نظر خصوصیات هیدرولوژیکی مشابه بودند، تعمیم دادند. گوواترتز (۲۰۰۰) پارامترهای توپوگرافی محلی از قبیل ارتفاع را در روش زمین آمار ترکیب کردند. عیوضی و همکاران (۱۳۹۰) برای پیش‌بینی مکانی بارندگی در سطح استان گلستان از معادله رگرسیون چند متغیره غیرخطی استفاده کردند به این منظور ۵ پارامتر طول جغرافیایی عرض جغرافیایی ارتفاع شیب و جهت شیب و داده‌های بارندگی سالیانه ۳۲ ایستگاه باران سنجی با طول دوره آماری ۲۶ سال در استان گلستان مورد استفاده قرار گرفت و از داده‌های ۲۲ ایستگاه برای مدل‌سازی و تعیین ضرایب معادله غیرخطی چند متغیره و از داده‌های ۱۰ ایستگاه باقیمانده برای اعتبار سنجی مدل و ضرایب محاسبه شده استفاده کردند. جوهانسن و چن (۲۰۰۵) فاکتورهای جغرافیایی و توپوگرافی را برای مدل‌سازی بارندگی در سطح منطقه با یکدیگر ترکیب کردند. پورمحمدی (۱۳۸۷) پارامترهای اصلی آب و هوایی بر تبخیر و تعرق با استفاده از رگرسیون چند متغیره در حوزه آبخیز منشاد در استان یزد تعیین نمودند. پارامترهای اقلیمی موثر بر تبخیر و تعرق در ایران مرکزی به وسیله ی نرم افزار مینی تب و روش تجزیه عاملی بررسی شد و مشخص گردید که در هر یک از ماه‌های سال یکی از پارامترهای اقلیمی مورد مطالعه نقش موثرتری بر میزان تبخیر داشته است. در این میان نقش دما و سرعت باد و میزان ابرناکی از بقیه مشهودتر بوده است. در نهایت مناطق اقلیمی با توجه به پارامترهای موثر بر تبخیر و تعرق، از هم جدا شدند. عبداللهی و رحیمیان (۱۳۸۶) اظهار داشتند که یکی از روش‌های تعیین رابطه‌ی همبستگی بین تبخیر و تعرق و مجموعه‌ای از عوامل اقلیمی، رگرسیون چندمتغیره است که در این روش تبخیر و تعرق به عنوان متغیر وابسته و عوامل اقلیمی مختلف به عنوان متغیرهای اقلیمی مستقل به مدل معرفی می‌شوند و بهترین مدل انتخابی مدلی است که بتواند تخمین بهتری را از دو یا چند متغیر وابسته دیگر ارائه دهد. ملکی نژاد و سوزنده پور (۱۳۹۰) روند خطی پارامترهای اقلیمی در ایستگاه سینوپتیک شیراز را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که تبخیر در فصل زمستان روند افزایشی و در فصل تابستان، بهار و پاییز (به جز ماه‌های اردیبهشت و مهر که روند ثابتی دارند) روند کاهشی دارد. قصردشتی و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از مدل‌های تجربی متعدد و انتخاب روش مناسب جهت برآورد رواناب سالانه‌ی رودخانه‌ها و آبراهه‌ها در حوزه‌های آبخیز منتخب واقع در اقلیم خشک (حوزه‌های آبخیز شرق دامغان و ده پیرنگان هرمزگان) به این نتایج رسیدند که در مناطق خشک، متوسط میزان برآورد رواناب سالانه نسبت به روش‌های مختلف به عنوان مناسب‌ترین و قابل اعتمادترین روش برآورد رواناب می‌باشد. عظیمی و همکاران (۱۳۹۱) روابط رگرسیونی بین پارامترهای شیمیایی آب و هدایت الکتریکی آن را محاسبه نمودند و به این وسیله امکان استفاده از هدایت الکتریکی را برای تخمین پارامترهای کیفی مورد ارزیابی قرار دادند، نتایج

نشان داد که از بین آنیون‌ها SO_4 و از بین کاتیون‌ها نیز Na بیشترین همبستگی را با هدایت الکتریکی دارند. هدف از تحقیق حاضر بررسی روابط رگرسیونی بین بارش و رواناب در حوزه بابل‌رود و انتخاب بهترین رابطه در حوزه مربوطه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

۱- منطقه مورد مطالعه

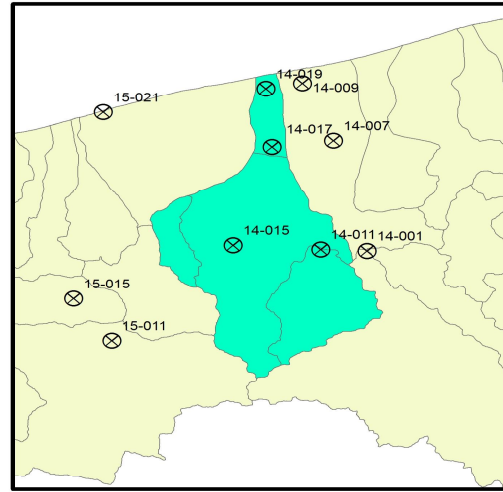
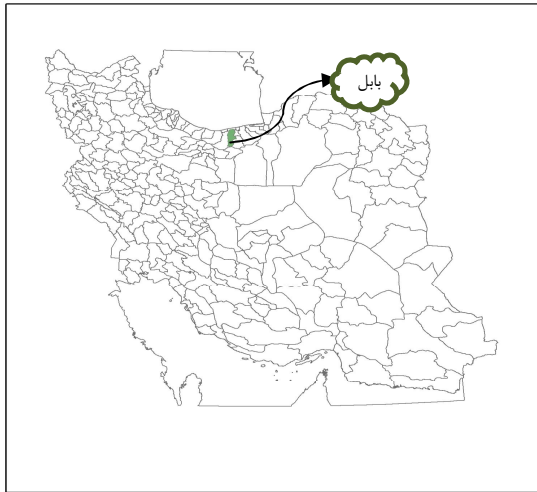
رودخانه‌ی بابل‌رود در استان مازندران واقع شده و که حوزه آبریز آن در جنوب شهرستان بابل قرار دارد این رودخانه حوزه‌ای با مساحت ۱۷۴۶/۴۲ کیلومتر مربع را زهکشی می‌کند. ارتفاع سرچشمه آن حداکثر به ۳۷۱۰ متر و ارتفاع نقطه‌ی خروجی آن ۲۳ متر می‌رسد و مسیر کلی آن از سمت جنوب به شمال است. هشت ایستگاه هیدرومتری به شرح ذیل:

- ۱- ایستگاه بلیران بر روی گرم‌رود با حوزه‌ای به مساحت ۱۲۹/۷۱ کیلومتر مربع
- ۲- ایستگاه دیوا بر روی کلارود با حوزه‌ای به مساحت ۱۲۹/۷۱ کیلومتر مربع
- ۳- ایستگاه گلوگاه بندپی بر روی سجادرود با حوزه‌ای به مساحت ۲۵۹/۰۴ کیلومتر مربع
- ۴- ایستگاه تمر بر روی رودخانه بابلک با حوزه‌ای به مساحت ۱۳۷/۷۲ کیلومتر مربع
- ۵- ایستگاه پاشاکلا بر روی بابل‌رود با حوزه‌ای به مساحت ۲۱۱/۳۴ کیلومتر مربع
- ۶- ایستگاه قرآن تالار بر روی بابل‌رود با حوزه‌ای به مساحت ۴۰۶/۶۲ کیلومتر مربع
- ۷- ایستگاه کشتارگاه بر روی بابل‌رود با حوزه‌ای به مساحت ۱۶۲۵/۱۵ کیلومتر مربع
- ۸- ایستگاه پایاب بابل‌رود بر روی بابل‌رود با حوزه‌ای به مساحت ۱۷۴۶/۴۲ کیلومتر مربع

شکل (۱): موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه



نقشه ایستگاهها



راهنمای نقشه

- ⊗ ایستگاه
- ⊗ ایستگاه
- حوضه بابلرود
- بابل
- Shahr_iran
- hozeh
- mahdodeh

11,000 5,500 0 11,000 22,000 33,000 44,000
Miles

۲- روش کار

برای انجام این تحقیق ابتدا با استفاده از نرم افزار GIS9.3 محدوده مورد مطالعه و مرز حوزه تعیین شد و ایستگاه‌های هیدرومتری و باران سنجی موجود در منطقه (در داخل و اطراف حوزه مورد مطالعه) بر روی نقشه مشخص شد و سپس با توجه به طول دوره آماری موجود، از ایستگاه‌هایی که دارای طول دوره آماری کامل‌تری بودند برای انجام این مطالعه استفاده کار شد. برای انجام آنالیز آماری و استخراج روابط رگرسیونی چند متغیره، از نرم افزار spss 16 استفاده شد که این نرم‌افزار یک تجزیه کننده جامع و انعطاف‌پذیر آماری و یک سیستم مدیریت داده است. قابلیت‌های نرم افزار مذکور به شرح زیر است:

- تهیه خلاصه‌های آماری مانند گراف‌ها، جداول، آماره‌ها و ...
- انواع توابع ریاضی مانند قدر مطلق، تابع علامت، لگاریتم، توابع مثلثاتی و ...
- تهیه انواع جداول سفارشی مانند جداول فراوانی، فراوانی تجمعی، درصد فراوانی و ...
- انواع توزیع‌های آماری شامل توزیع‌های گسسته و پیوسته
- تهیه انواع طرح‌های آماری
- انجام آنالیز واریانس یکطرفه، دوطرفه، چندطرفه و آنالیز کوواریانس
- تکنیک‌های تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی
- ایجاد داده‌های تصادفی و پیوسته
- محاسبه انواع آماره‌های توصیفی
- انواع آزمون‌های مرتبط با مقایسه میانگین بین دو یا چند جامعه مستقل و وابسته
- قابلیت مبادله اطلاعات با نرم‌افزارهای دیگر

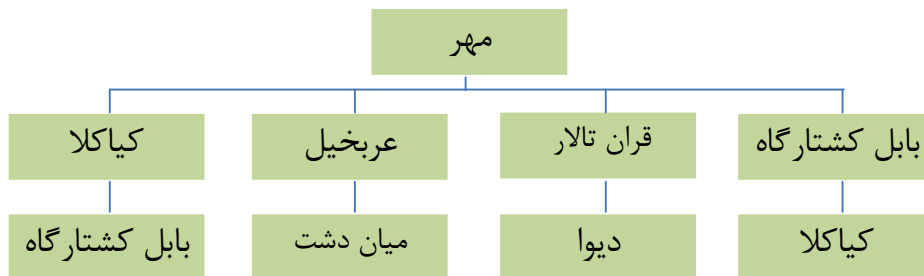
• برآزش انواع مختلف رگرسیون

۳- تطویل و تکمیل داده‌ها

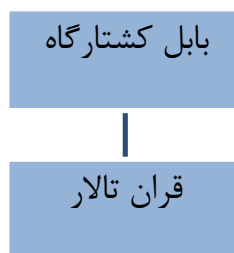
قبل از ورود به بحث تجزیه و تحلیل داده‌ها، لازم است آمار جمع آوری شده به منظور تعیین دوره شاخص مورد بررسی قرار گیرد به همین منظور، طول دوره آماری داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت و طول دوره مشترک بین ایستگاه‌ها به عنوان دوره شاخص در نظر گرفته شد.

برای داده‌های دبی از آمار و داده‌های ثبت شده در دو ایستگاه هیدرومتری قرآن تالار و بابل کشتارگاه و برای داده‌های باران از داده‌های ایستگاه‌های داخل حوزه و اطراف حوزه که شامل ایستگاه‌های باران‌سنجی قرآن تالار، بابل کشتارگاه، دیوا، رزن، عربخیل، محمودآباد، میان دشت، کیاکلا، شیرگاه و پنجاب می‌باشند استفاده شده است. طول دوره آماری مشترک میان ایستگاه‌ها ۳۰ سال از سال ۱۳۴۵ تا ۱۳۸۶ بوده است برای ایستگاه‌هایی که در طول دوره مورد مطالعه دارای ناقصی داده بوده از طریق نرم افزار SPSS بازسازی انجام شد برای این منظور ابتدا همبستگی میان داده‌های موجود در ایستگاه‌ها محاسبه شد و براساس ماتریس همبستگی و فلوچارت بازسازی، داده‌های ناقص مورد بازسازی قرار گرفت پس از تکمیل داده‌ها از این دوره آماری برای انتخاب بهترین معادله رگرسیونی بارش-رواناب بین ایستگاه‌های روخانه بابل‌رود استفاده شد.

شکل (۲): نمونه فلوچارت بازسازی داده‌های ناقص باران در ایستگاه‌ها (ماه مهر)



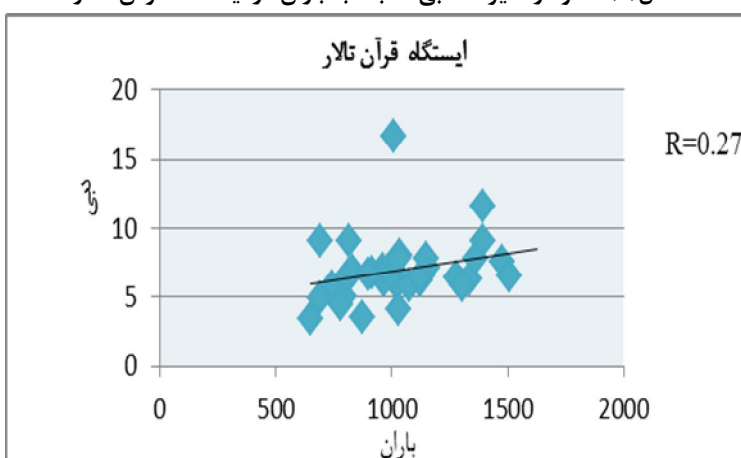
شکل (۳): نمونه فلوچارت بازسازی داده‌های ناقص دبی ایستگاه



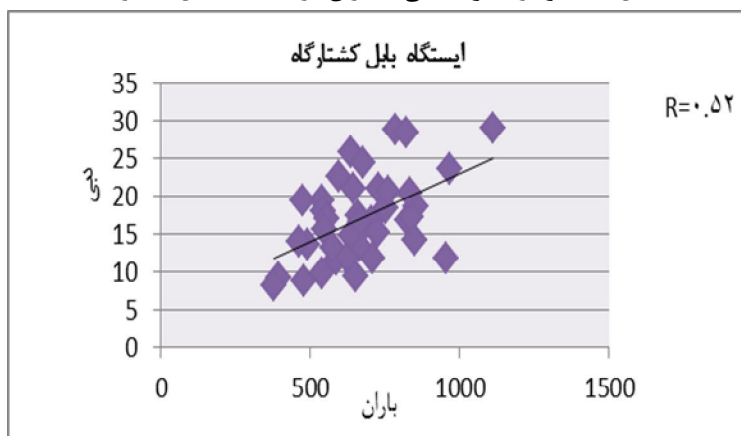
در این تحقیق از نرم افزار SPSS ابتدا برای تعیین ماتریس همبستگی و بازسازی داده‌ها و سپس برای استخراج بهترین معادلات رگرسیونی بارش-رواناب استفاده شده است.

برای به دست آوردن بهترین معادلات ابتدا داده‌ها به ۲ قسمت تقسیم شد که بخش اول برای واسنجی و شامل ۲۷ سال داده و بخش دوم برای صحت سنجی و شامل ۳ سال از داده‌ها بوده که به طور تصادفی انتخاب شدند. برای این منظور ابتدا در بخش واسنجی از ۲۷ سال داده برای بدست آوردن معادلات حاکم استفاده شد و بعد از به دست آوردن معادلات از آنها برای قسمت صحت‌سنجی استفاده شد که در این مرحله پس از مقایسه نتایج حاصل از معادلات رگرسیونی با داده‌های واقعی معادلاتی که کمترین خطا را داشتند به عنوان بهترین معادلات انتخاب شدند.

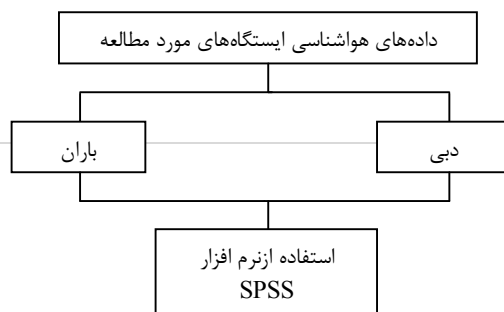
شکل (۴): نمودار تغییرات دبی نسبت به باران در ایستگاه قرآن تالار



شکل (۵): نمودار تغییرات دبی نسبت به باران در ایستگاه بابل کشتارگاه



شکل ۶: نمودار مربوط به مراحل مختلف انجام تحقیق



نتیجه گیری

نتایج معادلات به دست آمده از SPSS16 با مقدار واقعی مقایسه شده و بهترین معادلات برای ماه‌ها و فصل‌های مختلف و نیز برای تخمین دبی سالانه ارائه شده است.

جدول (۱): مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

| نام ایستگاه | کد ایستگاه | نوع ایستگاه | حرف اختصاری معرف ایستگاه در معادلات رگرسیونی |
|---------------|------------|-------------|--|
| قرآن تالار | 14011 | باران سنجی | g |
| بابل کشتارگاه | 14017 | باران سنجی | b |
| میان دشت | 14019 | باران سنجی | m |
| دیوا | 14015 | باران سنجی | d |
| عربخیل | 14009 | باران سنجی | a |
| کیاکلا | 14007 | باران سنجی | k |
| شیرگاه تالار | 14001 | باران سنجی | s |
| رزن | 15015 | باران سنجی | r |
| پنجاب | 15011 | باران سنجی | p |
| محمودآباد | 15021 | باران سنجی | ma |
| قرآن تالار | 14011 | هیدرومتری | x |
| بابل کشتارگاه | 14017 | هیدرومتری | y |

جدول (۲): بهترین معادلات برای تخمین دبی ماهانه در ایستگاه هیدرومتری قران تالار

| ماه | بهترین معادله | تعداد پارامترها | ضریب همبستگی |
|----------|--|-----------------|--------------|
| مهر | $x=0.246y+1.901$ | 2 | 0.75 |
| آبان | $x=0.179y+3.351$ | 2 | 0.77 |
| آذر | $x=0.053g+0.019m-0.005a+0.008b+0.001k-0.034d-0.003s+0+0.011r-0.019p+3.003$ | 10 | 0.62 |
| دی | $x=0.038k+0.032b+0.043r+0.003g-0.029a+3.114$ | 6 | 0.81 |
| بهمن | $x=0.033k+0.021s+0.025m-0.007a-0.004b+0.003ma+0.01g+0.024d+0.016r-0.115p+2.266$ | 11 | 0.83 |
| اسفند | $x=0.268y+4.208$ | 2 | 0.71 |
| فروردین | $x=0.097k+0.03r+0.024g+5.424$ | 4 | 0.67 |
| اردیبهشت | $x=0.257k+0.082a+0.013b-0.159m+0.059d-0.016s+0.03p-1.651$ | 8 | 0.88 |
| خرداد | $x=0.555y+2.009$ | 2 | 0.78 |
| تیر | $x=0.364y+2.531$ | 2 | 0.87 |
| مرداد | $x=0.048ma+0.004d+0.028g+0.051b+0.025a-0.039m+0.012k-0.176r-0.037s+0.116p+1.460$ | 11 | 0.71 |
| شهریور | $x=0.309y+1.574$ | 2 | 0.87 |

جدول (۳): بهترین معادلات برای تخمین دبی فصلی و سالانه در ایستگاه هیدرومتری قران تالار

| فصل | بهترین معادله | تعداد پارامترها | ضریب همبستگی |
|---------|---|-----------------|--------------|
| پاییز | $x=0.006b+0.005g+3.926$ | 3 | 0.41 |
| زمستان | $x=0.026k+0.011a-0.007m-0.001ma+0.007d+1.609$ | 6 | 0.71 |
| بهار | $x=0.057k+0.037b-0.015a+0.843$ | 4 | 0.76 |
| تابستان | $x=0.021d+0.003g+0.005k-1.239$ | 4 | 0.66 |
| سالانه | $x=0.005k+0.005d-0.896$ | 3 | 0.63 |

جدول (۴): بهترین معادلات برای تخمین دبی ماهانه در ایستگاه هیدرومتری بابل کشتارگاه

| ماه | بهترین معادله | تعداد پارامترها | ضریب همبستگی |
|----------|--|-----------------|--------------|
| مهر | $x=0.246y+1.901$ | 2 | 0.75 |
| آبان | $x=0.179y+3.351$ | 2 | 0.77 |
| آذر | $x=0.053g+0.019m-0.005a+0.008b+0.001k-0.034d-0.003s+0+0.011r-0.019p+3.003$ | 10 | 0.62 |
| دی | $x=0.038k+0.032b+0.043r+0.003g-0.029a+3.114$ | 6 | 0.81 |
| بهمن | $x=0.033k+0.021s+0.025m-0.007a-0.004b+0.003ma+0.01g+0.024d+0.016r-0.115p+2.266$ | 11 | 0.83 |
| اسفند | $x=0.268y+4.208$ | 2 | 0.71 |
| فروردین | $x=0.097k+0.03r+0.024g+5.424$ | 4 | 0.67 |
| اردیبهشت | $x=0.257k+0.082a+0.013b-0.159m+0.059d-0.016s+0.03p-1.651$ | 8 | 0.88 |
| خرداد | $x=0.555y+2.009$ | 2 | 0.78 |
| تیر | $x=0.364y+2.531$ | 2 | 0.87 |
| مرداد | $x=0.048ma+0.004d+0.028g+0.051b+0.025a-0.039m+0.012k-0.176r-0.037s+0.116p+1.460$ | 11 | 0.71 |
| شهریور | $x=0.309y+1.574$ | 2 | 0.87 |

جدول (۵): بهترین معادلات برای تخمین دبی فصلی و سالانه در ایستگاه هیدرومتری بابل کشتارگاه

| فصل | بهترین معادله | تعداد پارامترها | ضریب همبستگی |
|---------|---|-----------------|--------------|
| پاییز | $x=0.006b+0.005g+3.926$ | 3 | 0.41 |
| زمستان | $x=0.026k+0.011a-0.007m-0.001ma+0.007d+1.609$ | 6 | 0.71 |
| بهار | $x=0.057k+0.037b-0.015a+0.843$ | 4 | 0.76 |
| تابستان | $x=0.021d+0.003g+0.005k-1.239$ | 4 | 0.66 |
| سالانه | $x=0.005k+0.005d-0.896$ | 3 | 0.63 |

با توجه به نتایج صحت‌سنجی بهترین معادله در بین تمام معادلات با توجه به کمترین میزان خطا، معادله ۶ پارامتری ایستگاه بابل کشتارگاه در ماه مرداد می‌باشد.

۱.

جدول (۶): صحت‌سنجی نتایج تخمین دبی در ایستگاه هیدرومتری بابل کشتارگاه در مرداد ماه

| ایستگاه | سال | داده‌های واقعی | داده‌های محاسبه شده | خطا |
|---|---------|----------------|---------------------|--------|
| دبی ایستگاه هیدرومتری بابل کشتارگاه | 1384-85 | 3.055 | 2.457 | 0.598 |
| | 1385-86 | 4.534 | 4.862 | -0.329 |
| | 1386-87 | 2.473 | 2.543 | -0.069 |

با استفاده از معادلات به دست آمده می‌توان برای تخمین مقادیر دبی در سال‌های فاقد آمار در پژوهش‌های بعدی استفاده کرد، در معرفی معادلات نهایی سعی شده تا معادلاتی که کمترین خطا را در برآورد مقادیر دبی ارائه می‌دهند و مقادیر به دست آمده از آنها به مقادیر واقعی نزدیک می‌باشد انتخاب شوند

منابع

- اسکندری، م. و ملکی نژاد، ح. (۱۳۹۱). بررسی تاثیر عوامل مختلف اقلیمی بر شدت تبخیر در استان اصفهان با استفاده از مدل‌های مختلف رگرسیون خطی و درجه ۲. سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب.
- پورمحمدی، س. (۱۳۸۷). تعیین پارامترهای اصلی آب وهوایی بر تبخیر و تعرق با استفاده از رگرسیون چند متغیره (مطالعه موردی حوزه آبخیز منشاد در استان یزد). همایش ملی مدیریت منابع آب دانشگاه کرمان.
- عبدلهی، ج. و رحیمیان، م.ج. (۱۳۸۵). کاربرد رگرسیون چند متغیره برای ایجاد نقشه پوشش گیاهی با استفاده از RS و GIS، مجله تحقیقات مرتع و بیابان، ج ۱۴، ش ۲، ص ۲۹.
- عظیمی، و.، قربانی، ا.، محمدیان، پ. و فاخری فرد، ا. (۱۳۹۱). روابط رگرسیونی بین عناصر شیمیایی موجود در آب و هدایت الکتریکی؛ مطالعه موردی رودخانه قره سو در استان اردبیل. سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب.
- علیزاده، ا. (۱۳۸۵). اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ نوزدهم، ۸۰۷ ص.
- عیوضی، م.، مساعدی، ا. و اسلامی، ح. (۱۳۹۰). پیش بینی مکانی بارندگی با استفاده از مدل رگرسیونی غیرخطی و چند متغیره در استان گلستان. چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران.
- فضل اولی، ر.، آخوندعلی، ع.م. و بهنیا، ع. (۱۳۸۵). تعیین روابط پیش بینی رواناب در حوزه‌های آبریز کوهستانی (مطالعه موردی: حوزه‌های آبریز معرف امامه و کسلیمان). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۳، شماره ششم.
- قصردشتی روشن، م.، کاظمی، م.، رضائی، پ. و فریدی، پ. (۱۳۹۱). برآورد رواناب سالانه در حوضه‌های آبخیز فاقد آمار مناطق خشک با استفاده از مناسب‌ترین مدل تجربی. سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب.

۹. ملکی نژاد، ح. و سوزنده پور، س.ف. (۱۳۹۰). بررسی روند خطی پارامترهای اقلیمی در ایستگاه سینوپتیک شیراز. چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
۱۰. مهدوی، م. (۱۳۸۸). هیدولوژی کاربردی جلد ۲، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ ششم، ۴۳۷ ص.
۱۱. میثاقی، ف. و محمدی، ک. (۱۳۸۵). پهنه‌بندی اطلاعات بارندگی با استفاده از روش‌های آمار کلاسیک و زمین آمار و مقایسه شبکه‌های عصبی مصنوعی. مجله علمی کشاورزی، ۲۹(۴)، ۱-۱۳.
12. Goovaerts, P. (2000). Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. *Journal of Hydrology*. 228(1):113-129.
13. Johansson, B. & Chen, D.L. (2005). Estimation of areal precipitation for runoff modeling using winddata: A case study in Sweden. *Climate Research*. 29(1):53-61.