

تدقیق جداسازی جریان پایه با استفاده از آبدهی ماهانه طبیعی شده

امین عیدی پور^۱، امیر پورحقی^۲، اکبر شکراللهی^۳، حسین یوسفی^{۴*}

۱ و ۳. کارشناس ارشد شرکت مهندسی مشاور دزآب اهواز

۲. دانشجوی دکتری مهندسی منابع آب، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

۴. استادیار دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۱۳۹۵/۱۲/۲۵؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۶/۰۳/۲۰)

چکیده

در مطالعات هیدرولوژی رژیم رودخانه طبیعی در نظر گرفته می شود که به دلیل توسعه کشاورزی و صنعت و دیگر مصارف در بسیاری از حوضه های کشور به ویژه حوضه های میانی چنین فرضی صحیح نیست. لازمه جداسازی جریان پایه رودخانه، دسترسی به رژیم طبیعی رودخانه در مقیاس زمانی روزانه است که با توجه به محدودیت روش های طبیعی سازی، آبدهی طبیعی در مقیاس زمانی سالانه و در نهایت ماهانه قابل محاسبه است. این مسئله سبب شده تخمین جریان پایه رودخانه با مشکل مواجه شود. از طرفی، به دلیل پیچیدگی ارتباط آب سطحی و آب زیرزمینی، تخمین مناسب از آن در بسیاری از آبخوان ها مشکل است. در این پژوهش، به منظور طبیعی سازی آبدهی ماهانه حوضه بلبر از روش حذف روند استفاده شد و از فیلتر دیجیتال بازگشتی الگوریتم اکهاردت به دلیل در نظر گرفتن خصوصیات آبخوان در محاسبه جریان پایه و قابلیت بهینه سازی پارامترهای فیلتر استفاده شد. پارامترهای ثابت بازگشت و بیشترین شاخص جریان پایه برای آبدهی های ماهانه در شرایط طبیعی بهینه شد و جریان پایه ماهانه محاسبه شد که نتایج نشان داد می توان از آبدهی طبیعی ماهانه برای محاسبه جریان پایه با دقتی مشابه آبدهی طبیعی روزانه جریان پایه را محاسبه کرد.

کلیدواژگان: آبخوان سنگی، آبدهی طبیعی، جریان پایه، سد بلبر، فیلتر دیجیتال بازگشتی.

مقدمه

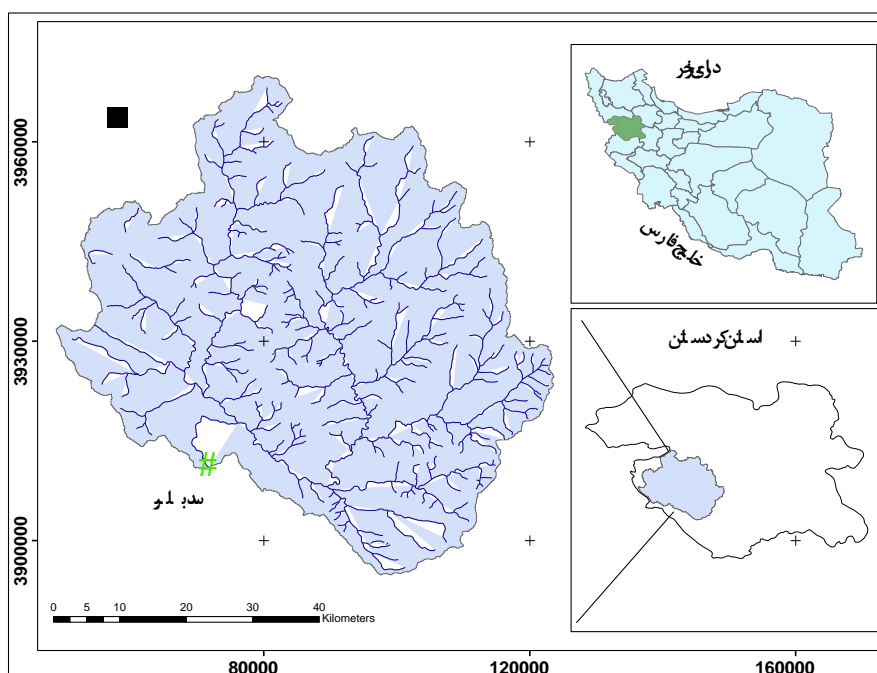
یکی از ضروریات مهم در مطالعات هیدرولوژیکی، دسترسی به رژیم طبیعی رودخانه است. متأسفانه به دلیل فقدان مقادیر حجمی آب برداشتی و آب برگشتی در حوضه‌های کشور مقادیر آبدهی در ایستگاه‌های هیدرومتری کمتر از مقدار واقعی است که این مسئله با توجه به توسعه کشاورزی، صنعت و... در دهه‌های اخیر اثر چشمگیری در مطالعات هیدرولوژی داشته است. از این رو، طبیعی‌سازی رژیم آبدهی رودخانه از مهم‌ترین اقدامات اولیه در مهندسی منابع آب است. روش بیلان آبی که از آمار برداشت‌ها و برگشت‌های آب استفاده می‌کند از همه روش‌ها دقیق‌تر است، اما احتیاج به آمار منظم و سیستماتیک برداشت‌های آب در دوره متناظر با آمار آبدهی دارد که معمولاً چنین آماری وجود ندارد. بنابراین، این روش در شرایط خاص برای موارد محدودی قابل استفاده است. با وجود این روش‌هایی همچون حذف ترند و حذف ترند اصلاح‌شده قابلیت طبیعی‌سازی جریان در مقیاس سالانه را دارد [۱]. اما برای تخمین جریان پایه رودخانه، رژیم آبدهی طبیعی شده در مقیاس روزانه مورد نیاز است که این موضوع محاسبه جریان پایه را در بسیاری از حوضه‌های کشاورزی با مشکل جدی روبه‌رو کرده است. جریان پایه بخش مهمی از جریان در رودخانه‌ها را تشکیل می‌دهد که آن را می‌توان تقریبی از جریان آب‌های زیرزمینی قلمداد کرد [۲ و ۳]. از سوی دیگر، برخی محققان نشان دادند جریان پایه می‌تواند برای تخمین میزان متوسط تغذیه آب‌های زیرزمینی نیز به کار رود [۴-۶]. دانشمندانی همچون (چاپمن، ۱۹۹۱؛ ناتان و مک ماهان، ۱۹۹۰؛ لین و هولیک، ۱۹۷۹) با در نظر گرفتن سری زمانی دبی روزانه به صورت ترکیبی از جریان پایه متشابه با امواج صوتی با فرکانس پایین و جریان سریع متشابه با امواج صوتی با فرکانس بالا به عنوان پیشگامان استفاده از روش فیلتر دیجیتال بازگشتی در هیدرولوژی بوده‌اند [۷-۹]. ناتان و مک ماهان (۱۹۹۰) در پژوهش خود چارچوبی کلی را برای جریان پایه تعریف کردند و نشان دادند جداسازی جریان پایه با ثابت بازگشت ۰/۹۲۵ سریع و هدفمند است. اکهاردت (۲۰۰۵) با فرض اینکه جریان خروجی از آبخوان آزاد با ذخایر آبخوان رابطه خطی دارد، یک الگوریتم فیلتری را برای جداسازی جریان پایه معرفی

کرد. وی در این الگوریتم از دو پارامتر ثابت بازگشت (α) و شاخص جریان پایه حداکثر (BFImax) استفاده کرد و پارامترهای α و BFImax را برای آبخوان‌های سنگی به ترتیب ۰/۹۲۵ و ۰/۲۵ پیشنهاد داد [۱۰]. اکهاردت (۲۰۰۸) پارامترهای فیلتر اکهاردت را آنالیز حساسیت کرد و نشان داد ردیاب‌های شیمیایی و ایزوتوپی برای کالیبراسیون فیلتر دیجیتال بازگشتی اکهاردت قابل استفاده‌اند [۱۱]. گونزالس و همکارانش (۲۰۰۹) با استفاده از ردیاب، پارامتر BFImax فیلتر اکهاردت را بهینه کردند [۱۲]. اسماختین (۲۰۰۱) جداسازی جریان پایه از آبدهی ماهانه با استفاده از فیلتر دیجیتال بازگشتی در سه ایستگاه آب‌سنجی را تست کرد و نشان داد تغییرات پارامتر فیلتر موجب قابلیت انطباق بهتر جریان پایه ماهانه با جریان پایه مجموع روزانه شده است [۱۳]. همان طور که مطالعات گذشته نشان می‌دهد، تحقیقات خوبی در زمینه برآورد جریان پایه رودخانه انجام شده است، اما برآورد جریان پایه در شرایط آبدهی طبیعی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. هدف از این مطالعه افزایش دقت جداسازی جریان پایه با استفاده از آبدهی طبیعی ماهانه و در نظر گرفتن وضعیت آبخوان در ایستگاه‌های آب‌سنجی حوضه سد بلبر و محاسبه سهم جریان پایه از کل جریان است.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعه شده

حوضه آبریز رودخانه‌های آزاد، گاران و چم گردلان تا سد بلبر در استان‌های کردستان و کرمانشاه قرار دارد و از نظر موقعیت جغرافیایی در محدوده بین ۶°-۲۶' تا ۳۰" - ۵۱' - ۴۶" طول شرقی و ۵۴' - ۰۶' - ۳۵" تا ۴۷' - ۰۲" عرض شمالی واقع شده است. عمده سنگ‌های موجود در حوضه سد بلبر از نوع دگرگونی و آذرین درونی هستند. از این رو، از لحاظ هیدروژئولوژی آبخوان سنگی است. سنگ‌های رسوبی مانند سنگ‌های آهکی یکپارچه و شیل، دگرگونی و گرانیت، مواد خوبی برای تشکیل آبخوان‌ها نیستند [۱۴]. بنابراین، استفاده از روش‌های جداسازی جریان پایه که قابلیت تطبیق با آبخوان‌های سنگی را ندارند در این حوضه امکان‌پذیر نیست.



شکل ۱. موقعیت حوضه آبریز سد بلبر

روند معمولی برای آبدهی‌های ماهانه استفاده شد. بدین منظور بر اساس دستورالعمل گروه سیاست‌گذاری و تخصیص آب معاونت امور آب و آبفای وزارت نیرو ابتدا با تهیه دوره آماری مشترک ایستگاه‌های باران‌سنجی حوضه آبریز سد بلبر و ترسیم خط روند بارندگی سالانه حوضه سد در سال‌های مختلف مشخص شد.

جداسازی جریان پایه

در مطالعات حاضر فیلتر اکهاردت به دلیل در نظر گرفتن خصوصیات آبخوان در مدل‌سازی جریان پایه به‌عنوان روش مناسب در این حوضه انتخاب شد. این روش اولین بار توسط اکهاردت (۲۰۰۵) ارائه شد که در آن باید دو پارامتر ثابت بازگشت (α) و ماکزیمم شاخص جریان پایه (BFI_{max}) تعیین شود. معادله آن به صورت زیر است:

$$b_k = \frac{(1 - \text{BFI}_{\max})\alpha b_{k-1} + (1 - \alpha)\text{BFI}_{\max} \cdot y_k}{1 - \alpha \text{BFI}_{\max}} \quad (1)$$

$$b_k \leq y_k$$

که در آن b_{k-1} : جریان پایه فیلتر شده در مرحله زمانی $k-1$ (مترمکعب بر ثانیه)، α : پارامتر ثابت بازگشت، y_k : جریان کل در مرحله زمانی k (مترمکعب بر ثانیه)، BFI_{max}: ماکزیمم شاخص جریان پایه. بیشترین نتایج قابل قبول

تکمیل، تطویل و بازسازی آمار

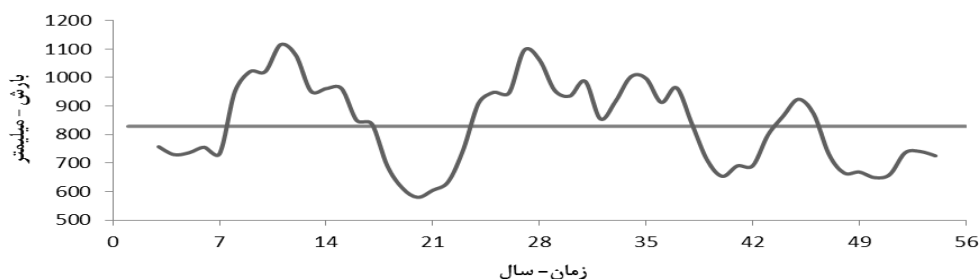
با توجه به اینکه دوره آماری آبدهی‌های ماهانه و سالانه موجود ایستگاه‌های آبسنجی حوضه سد بلبر، دارای نقص آماری و یا کوتاه‌تر از دوره شاخص مطالعات (۱۳۳۸-۱۳۹۴: ۵۶ سال) هستند و از طرف دیگر، مقایسه پارامترهای آماری آبدهی‌های ماهانه ایستگاه‌ها، صرفاً در یک دوره شاخص مطالعاتی میسر است، بنابراین به منظور تکمیل و گسترش طول دوره آماری ایستگاه‌ها تا حد دوره شاخص مطالعات، از بسته نرم‌افزاری HEC-4 (تهیه شده توسط گروه مهندسی ارتش آمریکا) استفاده شد. اعداد دورافتاده در سری آبدهی‌های ماهانه برآورد شده توسط مدل نیز شناسایی و اصلاح شدند [۱۵].

طبیعی کردن دوره آماری آبدهی‌های ماهانه و سالانه ایستگاه‌های آبسنجی بالادست سد بلبر

به دلیل توسعه کشاورزی و افزایش برداشت آب در محدوده حوضه آبریز مطالعه شده، آبدهی اغلب رودخانه‌ها در منطقه طرح کاهش محسوسی را نشان می‌دهند. به منظور در نظر گرفتن این موضوع در سری زمانی آبدهی‌های درازمدت ماهانه و سالانه ایستگاه‌های مطالعه شده، از روش شاخص C (حذف روند تعدیل شده) برای طبیعی کردن آبدهی‌های سالانه در دوره گسترش یافته و غیرطبیعی ایستگاه‌ها و روش حذف

بحث و نتایج

ابتدا به منظور انتخاب دوره شاخص، متوسط بارندگی سالانه ایستگاه‌های هواشناسی داخل محدوده طرح محاسبه و بر اساس آنها نمودار میانگین متحرک بارش پنج‌ساله حوضه آبریز سد بلبر تهیه شد که در شکل ۲ ارائه شده است. با توجه به این نمودار مشخص می‌شود که دوره‌های ترسالی و خشکسالی تقریباً متعادل هستند. بنابراین، دوره ۱۳۳۸-۱۳۹۴ به عنوان دوره شاخص انتخاب شد.



شکل ۲. نمودار میانگین متحرک بارش پنج‌ساله حوضه آبریز سد بلبر (۱۳۳۸-۱۳۹۴)

شرایط طبیعی در دوره شاخص مطالعات (۱۳۳۸-۱۳۹۴: ۵۶ سال) محاسبه شد.

با توجه به اینکه آبدهی ماهانه طبیعی در دسترس است و محاسبه جریان پایه از آبدهی ماهانه دقت کافی را ندارد، جریان پایه در دو حالت: ۱. ورودی آبدهی روزانه غیرطبیعی و خروجی جریان پایه ماهانه (مجموع روزانه)؛ ۲. ورودی آبدهی ماهانه غیرطبیعی و خروجی جریان پایه ماهانه محاسبه شد که نتایج آن در شکل‌های ۴-۸ نمایش داده شده است.

برای افزایش دقت محاسبه جریان پایه از آبدهی ماهانه اقدام به بهینه‌سازی پارامترهای فیلتر با کمینه‌سازی خطای $RMSE^1$ شد. بدین منظور با استفاده از جریان پایه به دست آمده از حالت ۱ پارامترهای فیلتر در جریان پایه حالت ۲ توسط برنامه SOLVER در محیط اکسل با برنامه‌ریزی غیرخطی بهینه شده است. نتایج به دست آمده در جدول ۲ و شکل ۹ نمایش داده شده است. در همه ایستگاه‌ها مقدار بهینه شده شاخص جریان پایه حداکثر برابر ۰/۲۶ است و بازه تغییرات پارامتر بهینه شده ثابت بازگشت ۰/۳۱ تا ۰/۳۷ است که بیان‌کننده تغییرات بیشتر پارامتر ثابت بازگشت در فرایند بهینه‌سازی است.

زمانی است که پارامتر ثابت بازگشت در دامنه ۰/۹-۰/۹۵ باشد. مقادیر BFI_{max} در جدول ۱ پیشنهاد شده است.

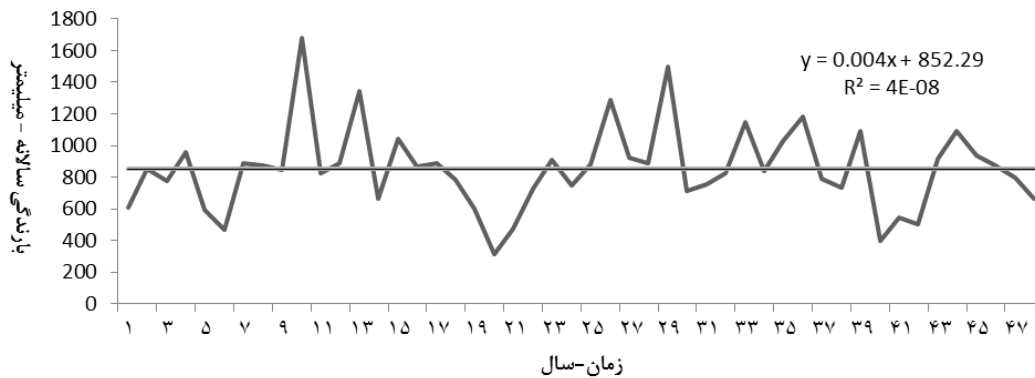
جدول ۱. مقادیر BFI_{max} برای آبخوان با خصوصیات متفاوت

BFI_{max}	ویژگی‌های آبخوان و رودخانه
۰/۸	رودخانه دائمی با آبخوان متخلخل
۰/۵	رودخانه غیردائمی با آبخوان متخلخل
۰/۲۵	رودخانه‌های دائمی با آبخوان سنگی

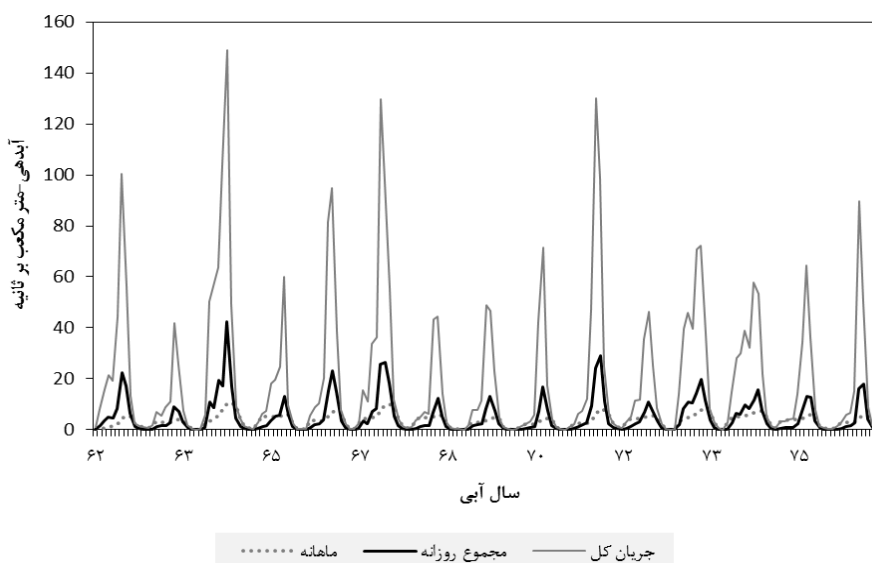
با تهیه دوره آماری مشترک ایستگاه‌های باران‌سنجی حوضه آبریز سد بلبر و ترسیم خط روند بارندگی سالانه حوضه سد و تحلیل روند با استفاده از آزمون رگرسیون در سال‌های مختلف مشخص شد که دوره آماری بارش سالانه ۱۳۳۸-۱۳۸۶ فاقد روند است. نمودار آن در شکل ۳ ارائه شده است، اما با توجه به موجود بودن آمار آبدهی ایستگاه‌های محدوده طرح تا سال آبی ۱۳۹۳-۱۳۹۴، تصمیم گرفته شد تا دوره ۱۳۳۸-۱۳۹۴ برای طبیعی کردن دوره آماری آبدهی سالانه ایستگاه‌های آب‌سنجی محدوده طرح به کار رود.

بر این اساس، در ادامه سری آبدهی‌های سالانه در دوره گسترش یافته و مصنوعی ایستگاه‌ها با روش شاخص C طبیعی شدند. برای تهیه توزیع آبدهی‌های ماهانه رژیم طبیعی هریک از ایستگاه‌ها، سری آبدهی‌های ماهانه (به صورت یک سری یکپارچه) در دوره گسترش یافته و غیرطبیعی با روش حذف روند طبیعی شدند. سپس برای هر یک از ماه‌های سال هر ایستگاه به تفکیک، میانگین آبدهی‌های ماهانه طبیعی به دست آمده از سری آبدهی‌های ماهانه طبیعی شده نسبت به میانگین آبدهی سالانه درازمدت بی بعد شدند. آن گاه از ترکیب سری آبدهی‌های سالانه طبیعی شده و مقادیر آبدهی‌های ماهانه بی‌بعد شده ایستگاه‌ها، سری درازمدت آبدهی‌های ماهانه هریک از ایستگاه‌ها در

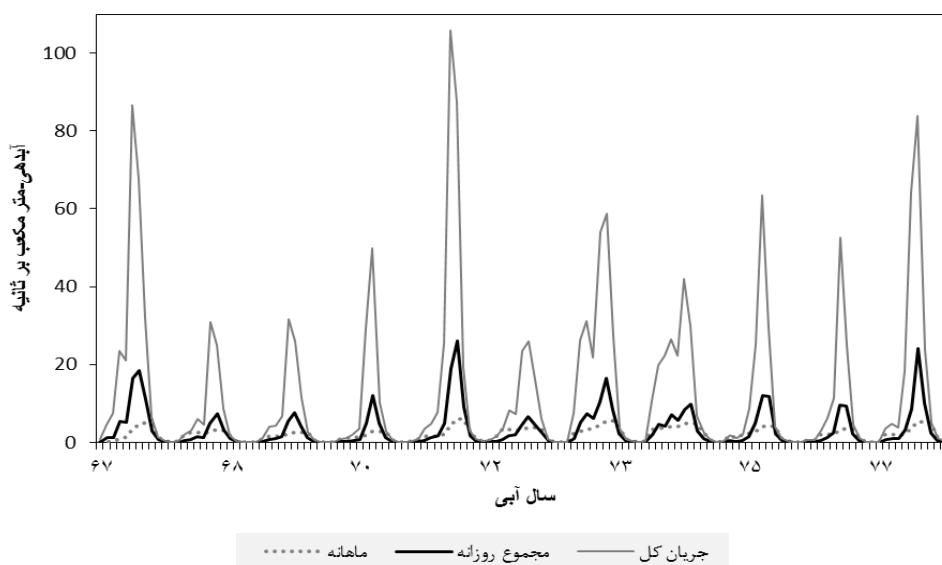
1. Root Mean Square Error



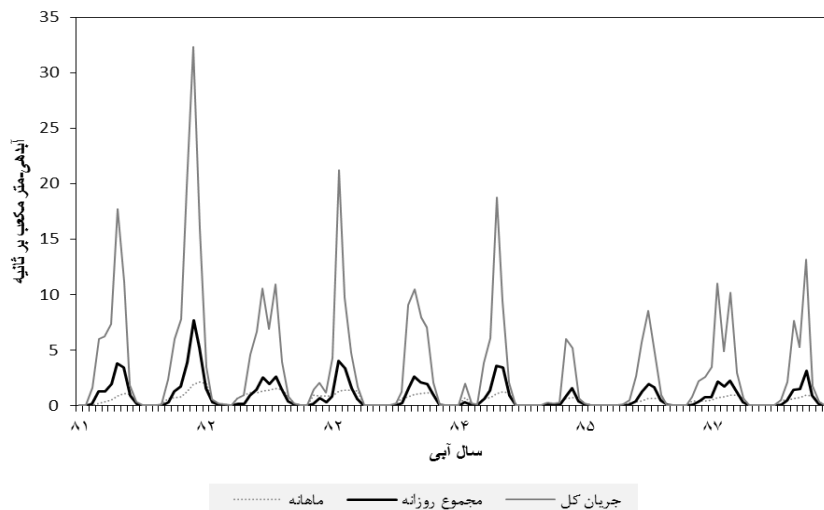
شکل ۳. نمودار روند بارندگی سالانه حوضه آبریز سد بلبر



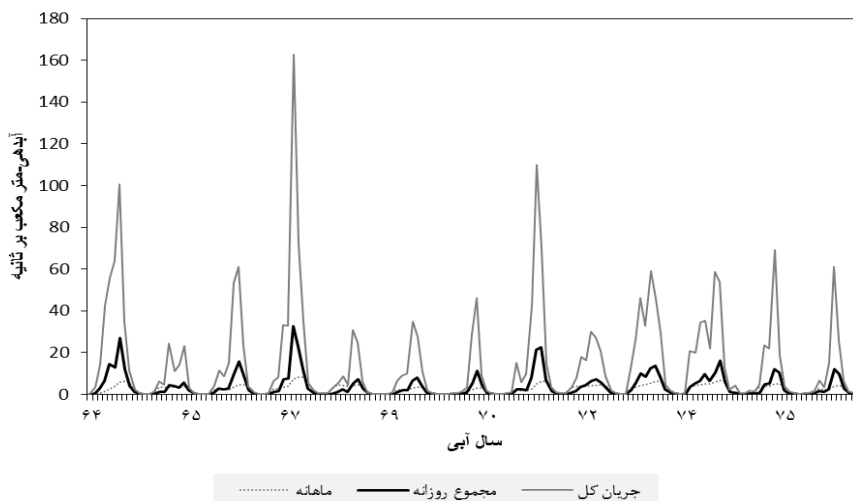
شکل ۴. نتایج جداسازی جریان پایه در ایستگاه سروآباد با پارامترهای فیلتر $\alpha = 0.925$ و $BFI_{max} = 0.25$



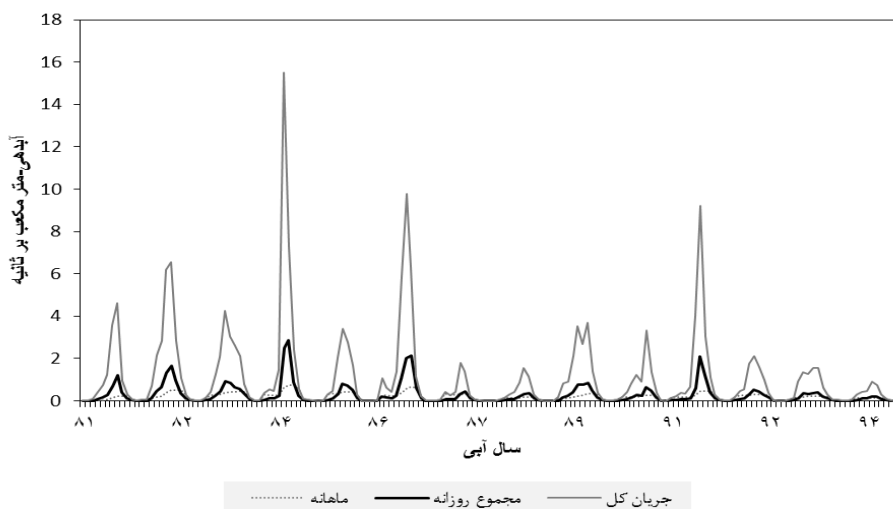
شکل ۵. نتایج جداسازی جریان پایه در ایستگاه نگل (کوماسی) با پارامترهای فیلتر $\alpha = 0.925$ و $BFI_{max} = 0.25$



شکل ۶. نتایج جداسازی جریان پایه در ایستگاه سرچشمه با پارامترهای فیلتر $BFI_{max}=0.25$ و $\alpha = 0.925$



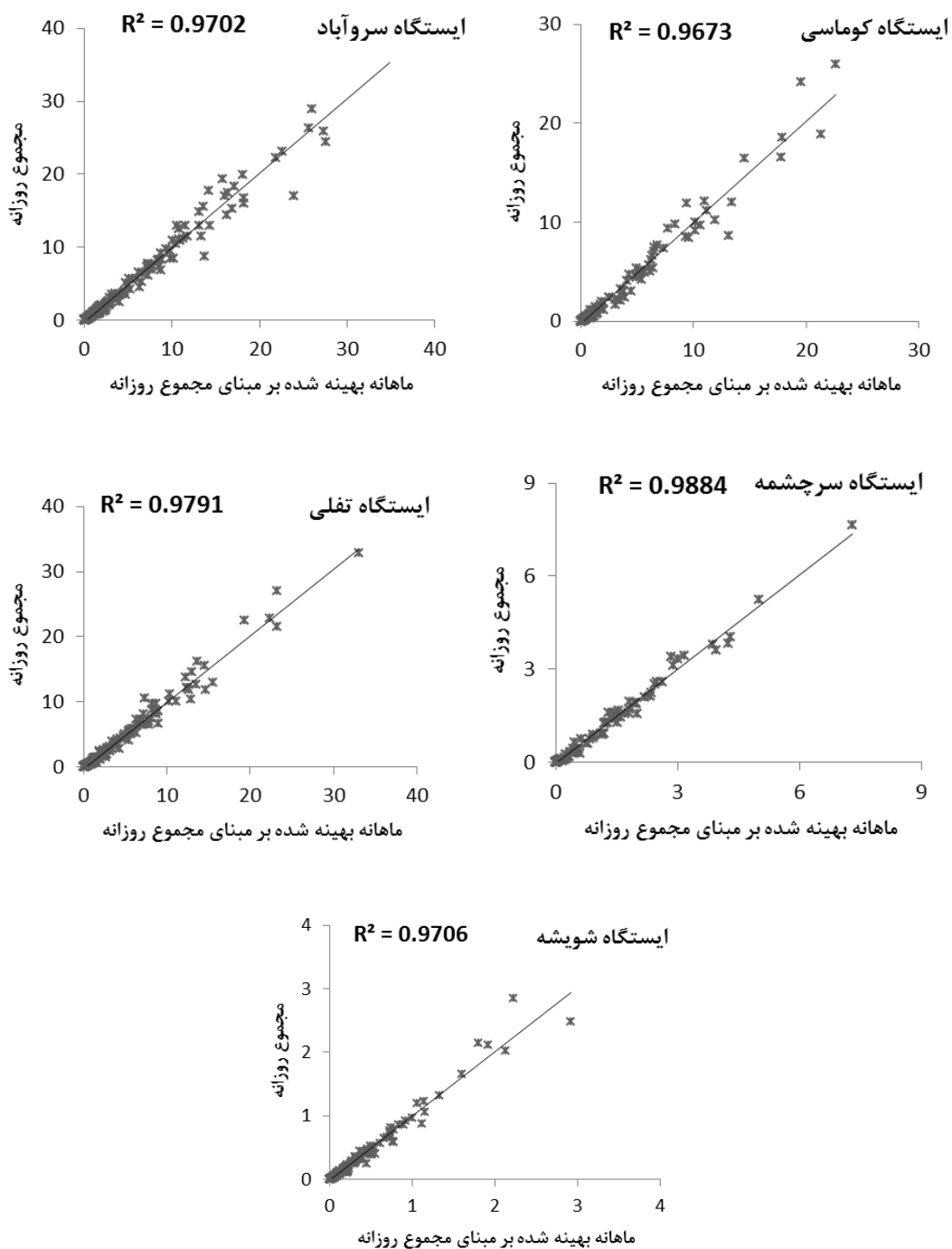
شکل ۷. نتایج جداسازی جریان پایه در ایستگاه تفلی با پارامترهای فیلتر $BFI_{max}=0.25$ و $\alpha = 0.925$



شکل ۸. نتایج جداسازی جریان پایه در ایستگاه نگل (شویشه) با پارامترهای فیلتر $BFI_{max}=0.25$ و $\alpha = 0.925$

جدول ۲. مقادیر بهینه پارامترهای فیلتر اکهاردت با کمینه سازی RMSE

نام رودخانه	نام ایستگاه	دوره آماری	α	BFI_{max}	RMSE
دوآب	سروآباد	۷۶-۶۲	۰/۳۱	۰/۲۶	۱/۲۱
کوماسی	نگل	۷۷-۶۷	۰/۳۶	۰/۲۶	۰/۹۲
گاران	سرچشمه	۸۸-۸۱	۰/۳۳	۰/۲۶	۰/۱۴
گاران	تفلی	۷۶-۶۴	۰/۳۲	۰/۲۶	۰/۸۳
شویشه	نگل	۹۴-۸۱	۰/۳۷	۰/۲۶	۰/۰۸



شکل ۹. نمایش پراکنش مقادیر جریان پایه ماهانه بهینه شده در مقابل جریان پایه مجموع روزانه

دوره گسترش یافته ۱۳۳۸-۱۳۹۴ با پارامترهای بهینه به دست آمده در جدول ۲ برای محاسبه جریان پایه استفاده شد. با بررسی جریان پایه ماهانه در ایستگاههای آبسنجی سد بلبر (جدولهای ۳ تا ۷) بیشترین و کمترین مقادیر جریان پایه به ترتیب مربوط به فروردین و مهرماه است که می توان ناشی از اثربخشی منابع تأخیری همچون ذوب برف در رژیم آبدهی این حوضه باشد. بررسی جریان پایه بلندمدت در کل دوره گسترش یافته ۱۳۳۸-۱۳۹۴ نشان داد میانگین جریان پایه در ایستگاه نگل در رودخانه شویسه ۰/۶۱ مترمکعب بر ثانیه (جدول ۵) و در رودخانه کوماسی ایستگاه نگل ۳/۱ مترمکعب بر ثانیه است (جدول ۶) از الحاق این دو رودخانه و رودخانه بیساران که آمار کافی ندارد رودخانه دوآب تشکیل می شود که میانگین جریان پایه در رودخانه دوآب ایستگاه سروآباد ۴/۷۳

مترمکعب بر ثانیه به دست آمد (جدول ۷). رودخانه گاران در ایستگاه سرچشمه میانگین جریان پایه برابر ۱/۴۷ دارد (جدول ۳) و در رودخانه گاران ایستگاه تفلی که نزدیک به محل تلاقی رودخانه دوآب و گاران است میانگین جریان پایه به ۳/۶۴ می رسد (جدول ۴) مجموع میانگین جریان پایه در ایستگاه سروآباد و تفلی برابر ۸/۳۷ است که می توان تقریبی از جریان پایه ورودی به سد بلبر در نظر گرفته شود.

مقادیر شاخص جریان پایه در سری داده های گسترش یافته ۱۳۳۸-۱۳۹۴ در کلیه ایستگاه های آبسنجی در بازه ۰/۲۷ تا ۰/۲۹ به دست آمد که بیان کننده اثربخشی ۲۷ تا ۲۹ درصدی آب زیرزمینی در آبدهی رودخانه است (شکل های ۱۰-۱۴).

جدول ۳. میانگین جریان پایه ماهانه و سالانه کل دوره آماری رودخانه گاران در ایستگاه آبسنجی سرچشمه در شرایط طبیعی- دوره شاخص ۱۳۳۸-۱۳۹۴ (مترمکعب بر ثانیه)

کل دوره آماری	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
حداکثر	۰/۷۵	۱/۰۸	۱/۵۳	۲/۰۴	۲/۹۷	۶/۴۳	۱۰/۱۷	۷/۸۶	۳/۶۷	۱/۷۷	۱/۱۳	۰/۹۵	۳/۳۷
متوسط	۰/۳۹	۰/۴۹	۰/۶۷	۰/۸۹	۱/۲۹	۲/۸۰	۴/۴۲	۳/۴۲	۱/۵۹	۰/۷۷	۰/۴۹	۰/۴۱	۱/۴۷
حداقل	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۱۲	۰/۱۶	۰/۲۴	۰/۵۲	۰/۸۳	۰/۶۴	۰/۳۰	۰/۱۴	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۲۷

جدول ۴. میانگین جریان پایه ماهانه و سالانه کل دوره آماری رودخانه گاران در ایستگاه آبسنجی تفلی در شرایط طبیعی- دوره شاخص ۱۳۳۸-۱۳۹۴ (مترمکعب بر ثانیه)

کل دوره آماری	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
حداکثر	۱/۹۱	۳/۴۰	۵/۳۸	۷/۳۰	۱۰/۷۳	۲۱/۰۰	۳۰/۰۹	۲۱/۲۴	۹/۵۲	۴/۶۱	۳/۰۰	۲/۵۰	۱۰/۱۳
متوسط	۰/۸۴	۱/۲۶	۱/۹۳	۲/۶۱	۳/۸۴	۷/۵۱	۱۱/۰۴	۷/۵۹	۳/۴۰	۱/۶۵	۱/۰۷	۰/۸۹	۳/۶۴
حداقل	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۳۴	۰/۴۷	۰/۷۰	۱/۳۶	۲/۰۱	۱/۳۸	۰/۶۲	۰/۳۰	۰/۲۰	۰/۱۶	۰/۶۶

جدول ۵. میانگین جریان پایه ماهانه و سالانه کل دوره آماری رودخانه شویسه در ایستگاه آبسنجی نگل در شرایط طبیعی- دوره شاخص ۱۳۳۸-۱۳۹۴ (مترمکعب بر ثانیه)

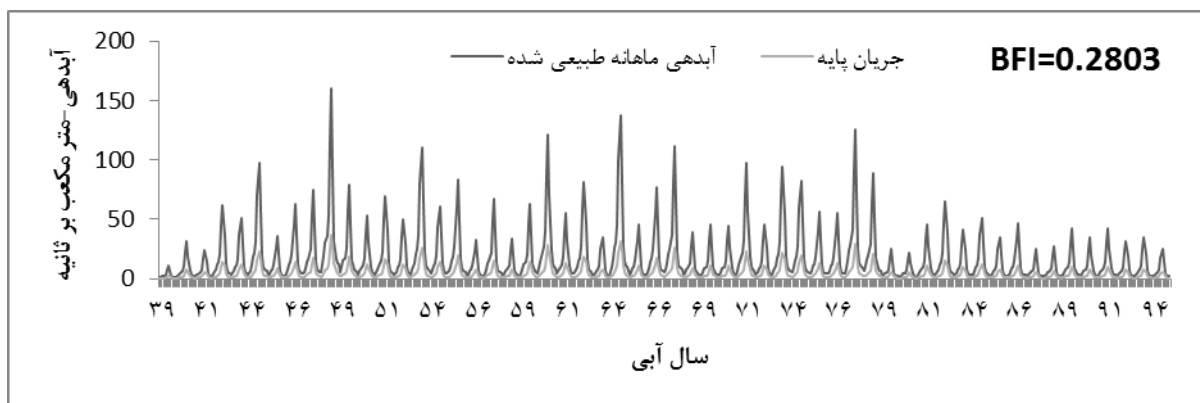
کل دوره آماری	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
حداکثر	۰/۷۰	۰/۸۲	۰/۹۴	۱/۰۴	۱/۱۷	۱/۹۱	۲/۴۷	۲/۰۹	۱/۴۳	۱/۰۷	۰/۹۰	۰/۸۳	۱/۲۸
متوسط	۰/۳۷	۰/۴۰	۰/۴۴	۰/۴۹	۰/۵۵	۰/۹۰	۱/۱۶	۰/۹۸	۰/۶۷	۰/۵۰	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۶۱
حداقل	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۱۴	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۹

جدول ۶. میانگین جریان پایه ماهانه و سالانه کل دوره آماری رودخانه کوماسی در ایستگاه آبسنجی نگل در شرایط طبیعی - دوره شاخص ۱۳۳۸-۱۳۹۴ (مترمکعب بر ثانیه)

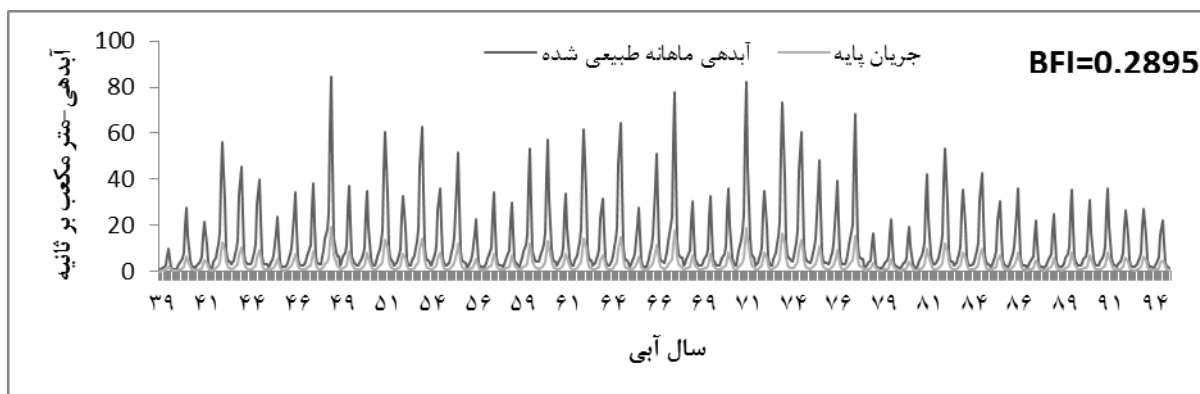
کل دوره آماری	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
حداکثر	۱/۳۷	۲/۰۹	۳/۱۷	۴/۲۰	۵/۸۸	۱۲/۹۶	۱۹/۲۲	۱۴/۱۰	۶/۷۳	۳/۴۲	۲/۱۸	۱/۷۸	۶/۴۳
متوسط	۰/۷۹	۱/۰۴	۱/۵۳	۲/۰۱	۲/۸۲	۶/۲۰	۹/۲۰	۶/۷۵	۳/۲۲	۱/۶۴	۱/۰۵	۰/۸۵	۳/۱۰
حداقل	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۳۵	۰/۴۸	۰/۶۸	۱/۵۰	۲/۲۲	۱/۶۳	۰/۷۸	۰/۴۰	۰/۲۵	۰/۲۱	۰/۷۴

جدول ۷. میانگین جریان پایه ماهانه و سالانه کل دوره آماری رودخانه دوآب در ایستگاه آبسنجی سروآباد در شرایط طبیعی - دوره شاخص ۱۳۳۸-۱۳۹۴ (مترمکعب بر ثانیه)

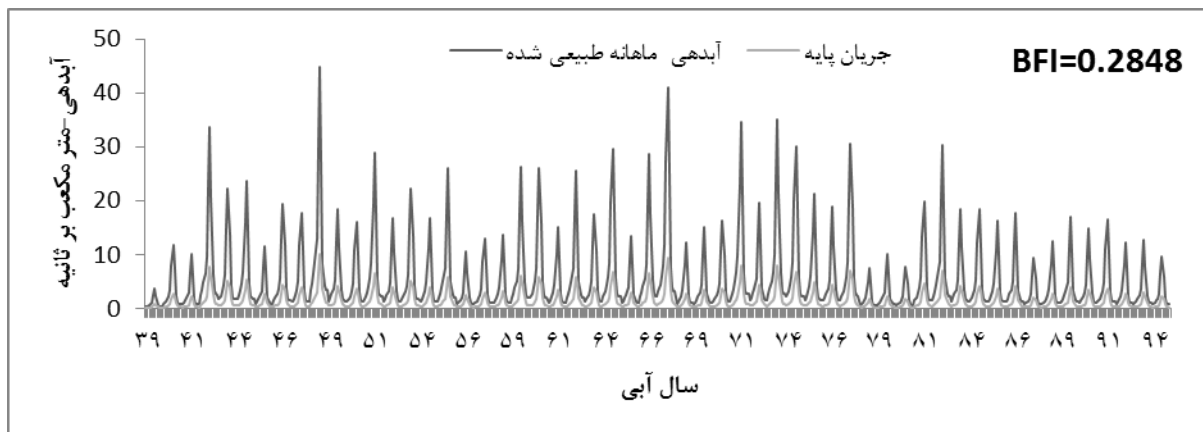
کل دوره آماری	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
حداکثر	۲/۶۶	۴/۳۷	۶/۹۴	۸/۶۱	۱۲/۳۶	۲۵/۴۵	۳۷/۳۶	۲۷/۳۴	۱۲/۸۹	۶/۳۷	۴/۰۷	۳/۲۵	۱۲/۶۶
متوسط	۱/۱۵	۱/۶۷	۲/۶۰	۳/۲۱	۴/۶۱	۹/۴۸	۱۳/۹۲	۱۰/۱۹	۴/۸۰	۲/۳۷	۱/۵۲	۱/۲۱	۴/۷۳
حداقل	۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۴۵	۰/۵۷	۰/۸۲	۱/۶۸	۲/۴۷	۱/۸۱	۰/۸۵	۰/۴۲	۰/۲۷	۰/۲۲	۰/۸۴



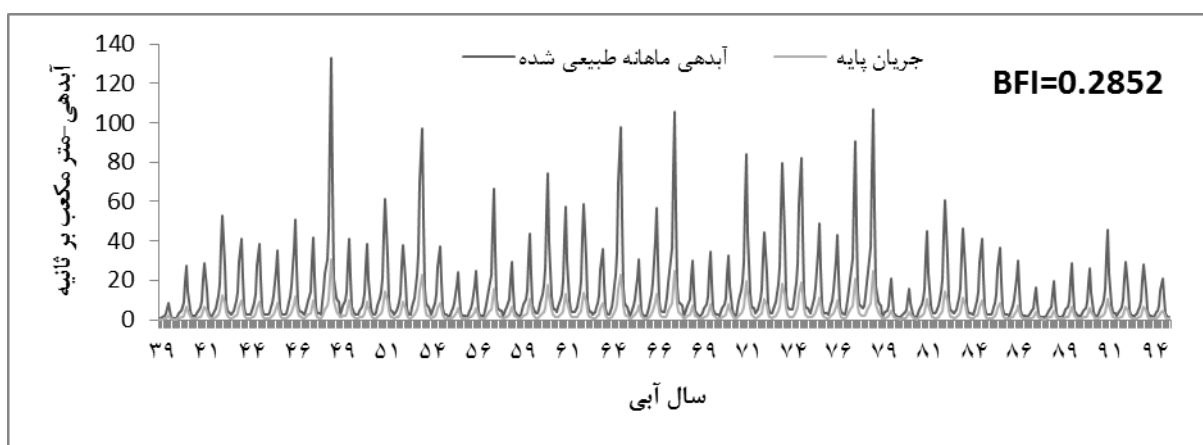
شکل ۱۰. جریان پایه ماهانه به دست آمده از آبدهی طبیعی گسترش یافته طی دوره ۱۳۳۸-۱۳۹۴ در ایستگاه سروآباد



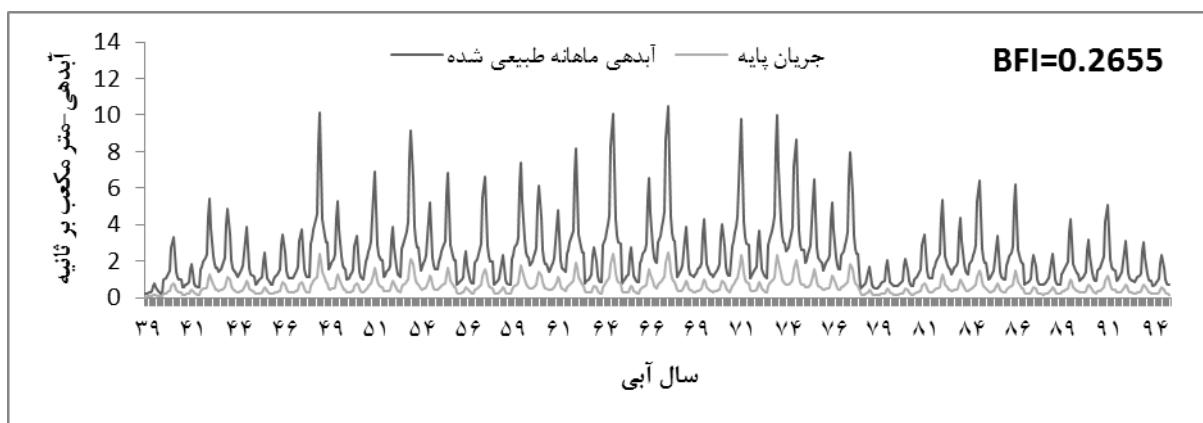
شکل ۱۱. جریان پایه ماهانه به دست آمده از آبدهی طبیعی گسترش یافته طی دوره ۱۳۳۸-۱۳۹۴ در ایستگاه نگل (کوماسی)



شکل ۱۲. جریان پایه ماهانه به دست آمده از آبدهی طبیعی گسترش یافته طی دوره ۱۳۳۸-۱۳۹۴ در ایستگاه سرچشمه



شکل ۱۳. جریان پایه ماهانه به دست آمده از آبدهی طبیعی گسترش یافته طی دوره ۱۳۳۸-۱۳۹۴ در ایستگاه نفلی



شکل ۱۴. جریان پایه ماهانه به دست آمده از آبدهی طبیعی گسترش یافته طی دوره ۱۳۳۸-۱۳۹۴ در ایستگاه نگل (شویشه)

نتیجه گیری

درازمدت ماهانه ایستگاه‌های مطالعه شده، از روش حذف روند برای آبدهی‌های ماهانه استفاده شد. البته دقیق ترین روش طبیعی سازی آبدهی، روش بیلان آبی است، اما این روش احتیاج به آمار منظم و سیستماتیک برداشت‌های آب در دوره متناظر با آمار آبدهی دارد که معمولاً چنین آماری

به دلیل توسعه کشاورزی و افزایش برداشت آب در محدوده حوضه آبریز مطالعه شده، آبدهی اغلب رودخانه‌ها در منطقه طرح کاهش محسوسی را نشان می‌دهند. به منظور در نظر گرفتن این موضوع در سری زمانی آبدهی‌های

- [6].Mau DP, Winter TC. Estimating Ground-Water Recharge from Streamflow Hydrographs for a Small Mountain Watershed in a Temperate Humid Climate, New Hampshire, USA. *Ground Water*. 1997 Mar. 1;35(2):291-304.
- [7].Chapman TG. Comment on "Evaluation of automated techniques for base flow and recession analyses" by RJ Nathan and TA McMahon. *Water Resources Research*. 1991 Jul. 1;27(7):1783-4.
- [8].Nathan RJ, McMahon TA. Evaluation of automated techniques for base flow and recession analyses. *Water Resources Research*. 1990 Jul. 1;26(7):1465-73.
- [9].Lyne V, Hollick M. Stochastic time-variable rainfall-runoff modelling. In *Institute of Engineers Australia National Conference 1979 Sep.* (Vol. 1979, pp. 89-93).
- [10]. Eckhardt K. How to construct recursive digital filters for baseflow separation. *Hydrological processes*. 2005 Feb. 15;19(2):507-15.
- [11]. Eckhardt K. A comparison of baseflow indices, which were calculated with seven different baseflow separation methods. *Journal of Hydrology*. 2008 Apr. 30;352(1):168-73.
- [12]. Gonzales AL, Nonner J, Heijkers J, Uhlenbrook S. Comparison of different base flow separation methods in a lowland catchment. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2009 Nov. 4;13(11):2055-68.
- [13]. Smakhtin VU. Estimating continuous monthly baseflow time series and their possible applications in the context of the ecological reserve. *Water Sa*. 2001 Apr 1;27(2):213-7.
- [14]. Shoshtari MM. *Hydraulic groundwater*, Ahvaz:Shahid Chamran University Press; 2010 [Persian]
- [15]. Beard L. R. *HEC-4 Monthly Streamflow Simulation*. 1971.

وجود ندارد. بدین منظور با توجه به حساسیت روش‌های برآورد جریان پایه به مقیاس داده‌ها با استفاده از آبدهی طبیعی ماهانه اقدام به بهینه‌سازی پارامترهای فیلتر دیجیتال بازگشتی بر مبنای جریان پایه مجموع روزانه شد. پارامتر ثابت بازگشت برای ایستگاه‌های آب‌سنجی حوضه سد بلبر در بازه ۰/۳۱-۰/۳۷ و پارامتر حداکثر شاخص جریان پایه برای کلیه ایستگاه‌های آب‌سنجی ۰/۲۶ به دست آمد. نتایج نشان داد آبدهی ماهانه طبیعی با پارامترهای فیلتر بهینه شده بر مبنای آبدهی مجموع روزانه برای ایستگاه‌های آب‌سنجی حوضه سد بلبر ضریب تبیین در بازه ۰/۹۶-۰/۹۸ دارد. مقادیر شاخص جریان پایه در دوره گسترش یافته ۱۳۳۸-۱۳۹۴ بیان کننده سهم ۲۷-۲۹ درصدی جریان پایه از کل جریان در ایستگاه‌های آب‌سنجی حوضه سد بلبر است.

منابع

- [1]. Bayazidi S, Aliabad HM, Zafaranizade M. Natural discharge of hydrometric stations with Cindex (remove Trend amended), the Ninth International Conference of Civil Engineering, University of Isfahan; 2012 [Persian]
- [2]. White KE, Sloto RA. Base-flow frequency characteristics of selected Pennsylvania Streams. US Department of the Interior, US Geological Survey; 1990.
- [3]. Holtschlag DJ, Nicholas JR. Indirect ground-water discharge to the Great Lakes. US Geological Survey; 1998.
- [4]. Hoos AB. Recharge rates and aquifer hydraulic characteristics for selected drainage basins in middle and east Tennessee. US Geological Survey; Books and Open-File Reports [distributor]; 1990.
- [5]. Rutledge AT. Computer programs for describing the recession of ground-water discharge and for estimating mean ground-water recharge and discharge from streamflow records: Update; 1998.