فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۹، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۳، شماره پیاپی ۱۱۵
مهدی تیموری، مربی و عضو هیات علمی دانشگاه فردوسی مشهد **M. Teimouri**

شماره مقاله: ۹۸۴ صص: ۶۶-۵۷
وصول: ۹۲/۱۱/۱۰ پذیرش: ۹۳/۶/۲
E-mail: m.teimouri@yahoo.com

ارزیابی روش‌های تفکیک دبی پایه بر اساس آنالیز شاخه خشکیدگی

چکیده

تحلیل هیدروگراف، یکی از پیچیده‌ترین مسائل در تحقیقات منابع آب بوده، برآورد آن در ارزیابی خصوصیات جریان حداقل برای استفاده در آبرسانی، مدیریت آب و آلودگی امری حیاتی است. این مقاله به بررسی روش‌های مختلف تفکیک جریان پایه از سری‌های زمانی روزانه بر اساس آنالیز شاخه خشکیدگی و تشخیص مناسب‌ترین روش در تعدادی از ایستگاه‌های هیدرومتری استان آذربایجان غربی با مساحت‌های مختلف پرداخته است. روش تفکیک دبی پایه خودکار با استفاده از روش حداقل محلی و روش فیلتر دیجیتالی - با پارامترهای مختلف ۰/۹ تا ۰/۹۷۵- اجرا و برای صحت سنجی و مقایسه آنها از تکنیک همبستگی منحنی افت اصلی به همراه برآورد شاخص دبی پایه استفاده شد. عدم نیاز به کالیبراسیون در این الگوریتم‌ها، استفاده از آنها را تسهیل نموده که در نهایت با استفاده از آزمون‌های خطا، روش فیلتر دیجیتالی با پارامتر ۰/۹۲۵ به عنوان دقیق‌ترین روش در تفکیک دبی پایه در منطقه مورد مطالعه شناخته شد. همچنین، ثابت خشکیدگی در ایستگاه‌های مورد بررسی بین ۰/۶۵ تا ۰/۸۳ نوسان داشت، که بیانگر نقش آبهای زیرسطحی و پایه در تغذیه رودخانه‌هاست. از دیگر مزایای این روش‌ها، بررسی پیوسته داده‌های جریان روزانه در دوره‌های طولانی‌مدت است که می‌تواند در برنامه ریزی‌های زیست- محیطی برای تنظیم آبشویی و ورود آلاینده ها به خاک به‌کار رود.

واژه‌های کلیدی: دبی پایه، تحلیل هیدروگراف، منحنی شاخه خشکیدگی، فیلتر دیجیتالی، روش همبستگی

مقدمه

یکی از مهمترین مؤلفه‌های هیدروگراف جریان، دبی پایه است که با ذخیره آبهای زیرزمینی و جریان های زیرسطحی در ارتباط است. در طول ماه‌های خشک سال، معمولا جریان رودخانه همان دبی پایه و در طی فصول مرطوب، دبی رودخانه شامل هر دو مؤلفه دبی پایه و جریان سطحی است، که مورد اخیر در ارتباط با وقوع بارش و یا ذوب برف است. اولین گام در آنالیز هیدروگراف نیز تجزیه جریان به دو مؤلفه مزبور است و هرچند جداسازی جریان معمولا به روش‌های مختلفی قابل انجام است؛ اما روش دقیق‌تر، استفاده از مواد شیمیایی یا ردیاب‌های ایزوتوپ و روش بیلان جرمی است (پیندر و جونز،۱۹۶۸: ۴۳۱). آنالیز هیدروگراف در بررسی نقش مؤلفه آب زیرزمینی در بیلان هیدرولوژیک و برآورد میزان تغذیه و همچنین، تأثیر زمین‌شناسی منطقه در مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی و

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-01]

صنعت، مدیریت خشک‌سالی و غیره به کار گرفته می شود (قنبرپور و همکاران، ۱۳۸۷: ۲ ؛ بروتسارت و نیبر، ۱۹۷۷: ۶۳۸؛ سینگ، ۱۹۶۸: ۹۸۵؛ تروچ و همکاران، ۱۹۹۳: ۴۲۷؛ ژیلاگی، ۴۲۷:۲۰۰۴).

روش‌های تحلیلی متعددی برای تجزیه جریان پایه از کل رواناب توسعه داده شده است و علی‌رغم اینکه بیشتر آنها مبنای فیزیکی دارند، انتخاب اجزای آنها اختیاری است (آرنولد و همکاران،۱۰۱۳:۱۹۹۵). تجزیه نظری هیدروگراف جریان به عنوان ساده‌ترین روش مطرح است که غیردقیق و وقت‌گیر است؛ چون اغلب نتایج به‌دست آمده از این روش نیز بین محققان مختلف یکسان نیست (وایت و اسلات، ۵:۱۹۹۰). در دهه گذشته برنامه‌های رایانه‌ای و روش‌های جدیدی برای تسهیل در این امر فراهم آورده شده که در منابعی مانند روتلج (۱۹۹۳) به آن پرداخته شده است. ژیلاگی (۲۰۰۴) در تحقیقی روش های تفکیک هیدروگراف جریان بر اساس روش اتوماتیک فیلتر دیجیتالی[1] و مدل فیزیکی را با هم مقایسه نمود، که نتایج او بیانگر برتری روش فیلترینگ است. ناتان و مک ماهان(۱۹۹۰) نیز برای پیش‌بینی جریان حداقل، از دو تکنیک هموار سازی ساده و روش فیلتر عددی استفاده نموده و دریافتند که روش فیلتر دیجیتالی عددی با ضریب فیلتر ۰/۹۲۵ یک روش ساده و کارا برای مقاصد کاربردی است. یک روش فیلتر دیجیتالی توسط چاپمن و ماکسول (۱۹۹۶) و یک مدل مفهومی ساده به نام GROUND نیز توسط کولهاوی و همکارانش (۱۰) به ترتیب برای جداسازی جریان پایه و رواناب مستقیم پیشنهاد شد. اکهارت (۲۰۰۵) نیز در تحقیق خود یک الگوی تجربی برای الگوریتم فیلترینگ با فرض رابطه خطی جریان و ذخیره آبخوانه توسعه داد و مفهوم شاخص جریان پایه حداکثر[2]مقادیر پیشنهادی در حوضه‌های مختلف و کاربردهای آن در تجزیه جریان را بیان نمود. قنبرپور و همکارانش (۱۳۸۷) نیز در شش ایستگاه هیدرومتری حوزه آبخیز کارون به مقایسه روش‌های حداقل محلی[3] و فیلتر عددی با ضرایب مختلف پرداخته و پس از مقایسه نتایج با بررسی های بصری تحلیل شاخه خشکیدگی جریان به این نتیجه رسیدند که روش اتوماتیک فیلتر عددی با ضریب فیلتر ۰/۹۲۵ روشی دقیق به منظور استخراج مقادیر دبی پایه جریان در منطقه مورد مطالعه است. همان‌طور که در سوابق تحقیق فوق ملاحظه می‌شود، علی‌رغم دقت بالای روش‌های ردیابی، الگوریتم‌های متعددی در زمینه جداسازی هیدروگراف و به منظور مقاصد مختلف ارائه شده است که از علت‌های آن می‌توان به پیچیدگی توزیع جریان آب در رودخانه‌ها و همچنین اهمیت موضوع اشاره نمود.

در این مقاله، از دو روش تفکیک اتوماتیک دبی پایه شامل: روش‌های حداقل محلی و فیلتر عددی با ضرایب فیلتر مختلف ۰/۹ تا ۰/۹۷۵ در ۸ ایستگاه هیدرومتری در حوضه‌های استان آذربایجان غربی (دریاچه ارومیه و ارس) در شمال غربی کشور که دارای داده‌های طولانی مدت، صحت و فاقد داده‌های مفقوده هستند، استفاده و نتایج حاصل از روش های مذکور با نتایج روش همبستگی منحنی افت اصلی مقایسه شده است. از موارد قابل ملاحظه در این تحقیق، می‌توان به استفاده از داده‌های جریان در حوضه‌های نیمه‌خشک و با دبی کمتر نسبت به حوضه‌های مورد مطالعه قبلی و همچنین، استفاده از روش همبستگی منحنی افت اصلی به عنوان معیار مقایسه نتایج اشاره کرد.از آنجایی که استفاده از تکنیک‌های مختلف روش منحنی افت اصلی و یا سایر روش‌های مشابه در مواردی که تعداد زیادی ایستگاه هیدرومتری مطالعه شود،

1- Digital Filter
2 - BFI max
3- Local Minimum

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-01]

غیر عملی است؛ بنابراین، دستیابی به روش اتوماتیک و قابل‌اعتماد در آنالیز هیدروگراف که تجزیه هیدروگراف و تعیین دبی پایه جریان را به صورت سریع، پیوسته و بدون نیاز به واسنجی امکان پذیر سازد، محسوس است.

داده‌ها و روش پژوهش

منطقه مورد مطالعه

دریاچه ارومیه در شمال غرب ایران، بین استان‌های آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی واقع شده است. حجم آب دریاچه ارومیه در مساحت ۵۸۲۲ کیلومتر مربع و با عمق متوسط ۴/۵ متر بالغ بر ۳۱ میلیارد مترمکعب تخمین زده می‌شود. بارش متوسط حوضه دریاچه نیز حدود ۳۳۵ میلی‌متر است. در این تحقیق، از تعدادی از ایستگاه‌های هیدرومتری واقع در رودخانه‌های مهم استان آذربایجان غربی و بخصوص رودخانه‌های منتهی به دریاچه ارومیه استفاده شده است (جدول ۱). سهم آب ورودی به دریاچه ارومیه از رودخانه‌های استان آذربایجان غربی به میزان ۸۵ درصد و رودخانه‌های استان آذربایجان شرقی ۱۵درصد است(سایت شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی). جدول (۱) به برخی از مشخصات مهم ایستگاه های مورد بررسی پرداخته است. در این مطالعه از آمار دبی جریان روزانه در هشت ایستگاه هیدرومتری منتخب در استان آذربایجان غربی با دوره آماری ۳۱ ساله از سال ۱۳۵۳ تا ۱۳۸۳ استفاده شده است.

جدول ۱) جزئیات مربوط به حوضه‌های آبریز مورد مطالعه

حوضه	رودخانه	ایستگاه‌های مورد مطالعه	کد ایستگاه	سطح حوضه (کیلومترمربع)	متوسط حجم رواناب سالانه (میلیون مترمکعب)
دریاچه ارومیه	زرینه رود	ساریقمیش	۳۳-۰۲۳	۱۱۸۹۷	۱۶۴۲
	سیمینه رود	داشبند	۳۳-۰۳۵	۳۶۵۶	۵۰۳
	مهاباد چای	کوثر	۳۴-۰۰۳	۱۵۲۲	۳۵۱
	گدار چای	پل بهراملو	۳۴-۰۲۱	۲۱۳۷	۴۲۵
	باراندوز چای	دیزج	۳۵-۰۰۵	۱۳۱۸	۲۷۶
		هاشم آباد	۳۵-۰۰۳	۱۲۰۸	۲۵۳
ارس	قطور چای	پل یزدکان	۱۹-۰۲۷	۹۲۰۸	۱۷۵
	زنگمار	ماکو	۱۹-۰۱۳	۵۶۰۲	۱۷۱

تجزیه هیدروگراف جریان

در این تحقیق، به منظور آنالیز هیدروگراف جریان از دو روش حداقل محلی و روش اتوماتیک فیلتر عددی با ضرایب فیلتر ۰/۹، ۰/۹۲۵، ۰/۹۵ و ۰/۹۷۵ استفاده شده است. روش فیلتر عددی که در اصل برای تحلیل و پردازش سیگنال‌ها و فرایند جداسازی سیگنال‌ها با فرکانس بالا از فرکانس پایین توسعه یافته، اولین بار توسط ناتان و مک ماهان (۱۹۹۰) به منظور تفکیک هیدروگراف جریان به کار رفته است (معادله ۳).

$$f_k = \alpha f_{k-1} + \frac{(1+\alpha)}{2}(y_k - y_{k-1}) \quad (۱$$

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-01]

که در آن f_k جریان فیلتر شده در زمان k ام، y_k رواناب کل در زمان k، α ضریب فیلتر و $y_k - f_k$ مقدار دبی پایه فیلتر شده را نشان می دهد (ناتان و مک ماهون،۱۹۹۰:۱۴۶۶). در این مورد، رواناب سطحی سیگنال‌های با فرکانس بالا و جریان پایه سیگنال‌های با فرکانس پایین محسوب می‌شوند. بررسی‌های انجام شده توسط محققانی مثل ناتان و مک ماهون (۱۹۹۰) و آکسوی و همکاران (۲۰۰۸) نشان می دهد که ضریب فیلتر عمدتا بین ۰/۹ تا ۰/۹۵ تغییر می کند.

روش دیگری که در این تحقیق استفاده شده، روش حداقل محلی است که توسط پژوهشکده هیدرولوژی انگلستان (۱۹۸۰) توسعه یافته است. در این روش، ابتدا حداقل مقادیر دبی در طول مقاطع زمانی ۵ روزه تعیین می‌شود؛ سپس در بین این مقادیر، آن‌هایی که ۱/۱۱ برابر کمتر یا مساوی (برای رودخانه‌های با جریان غیر دائمی) مقادیر قبل و بعد است انتخاب می‌شوند. این مقادیر انتخابی به عنوان نقاط مبنا در نظر گرفته شده و دبی پایه جریان با وصل‌کردن نقاط مذکور و با استفاده از درون‌یابی خطی برآورد می‌شود (قنبرپور و همکاران، ۴:۱۳۸۷ و ناتان و مک ماهون، ۱۹۹۰:۱۴۷۰).

تحلیل شاخه خشکیدگی

شاخه خشکیدگی هیدروگراف، بیانگر چگونگی کاهش جریان بعد از قطع بارش است و متداول‌ترین رابطه ریاضی برای تشریح این فرایند، تابع کاهشی نمایی ساده زیر است (ریورا رامیرز و همکاران،۲۰۰۲:۶۹۵ و روتلج و مسکو، ۱۹۹۶: ۲۱):

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t} \qquad (۲$$

که Q_t دبی در زمان t؛ Q_0 دبی اولیه و α ثابت خشکیدگی جریان پایه است. از روش‌هایی که به منظور میانگین‌گیری یا ترکیب شاخه‌های خشکیدگی مجزا به منظور یافتن افت جریان پایه مبنا در یک حوضه انجام می‌شود می‌توان به روش منحنی افت اصلی[۴] اشاره کرد، که یکی از متداول‌ترین تکنیک‌های آن، شیوهٔ همبستگی است. این روش شامل ترسیم دبی جریان در مقابل دبی در یک زمان دلخواه در طول دوره های افت است. با برازش یک خط رگرسیون و شناسایی و حذف داده‌های پرت بر اساس باقیمانده‌ها (کلینبام و همکاران، ۸۱:۱۹۸۷)، منحنی افت اصلی حوضه مشخص می‌شود. برای تعیین ضریب خشکیدگی معادله (۱) را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$K = \exp(-\alpha) = \left(Q/Q_0\right)^{1/t} \qquad (۳$$

که K تابعی از شیب خط همبستگی $\left(Q/Q_0\right)$ و تأخیر زمانی t و شیب خط منحنی پوش بیانگر منحنی افت اصلی است. از آنجایی که طبق معادله‌های (۱) و (۲) دبی شاخه خشکیدگی در گام‌های زمانی مختلف با دبی روز قبل توسط ضریب خشکیدگی مرتبط است، می‌توان با تعیین ضریب مذکور به برآورد نسبتا دقیقی از جریان در روزهای متوالی افت پرداخت.

4-Master Recession Curve

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-01]

مقایسه روش‌های مختلف تجزیه جریان

برای مقایسه روش‌های مختلف تفکیک با روش همبستگی منحنی افت اصلی از شاخص دبی پایه[5] استفاده شده است. این شاخص که از تقسیم دبی پایه به کل رواناب برای هر سال یا کل دوره آماری به دست می‌آید، بیانگر اطلاعاتی در مورد نسبت رواناب مشتق شده از منابع ذخیره‌ای حوضه است (قنبرپور و همکاران،۵:۱۳۸۷).

در این مقاله به منظور تشخیص مناسب‌ترین روش تفکیک هیدروگراف جریان، از بررسی شاخص جریان پایه ناشی از روش منحنی افت اصلی و مقایسه آن با نتایج این شاخص در روش های مذکور استفاده شده است. مقایسه روش‌های به کار رفته در این تحقیق با نتایج تحلیلی روش همبستگی توسط دو معیار میانگین مطلق خطا[6] و مجذور میانگین مربعات خطا[7] انجام شده است:

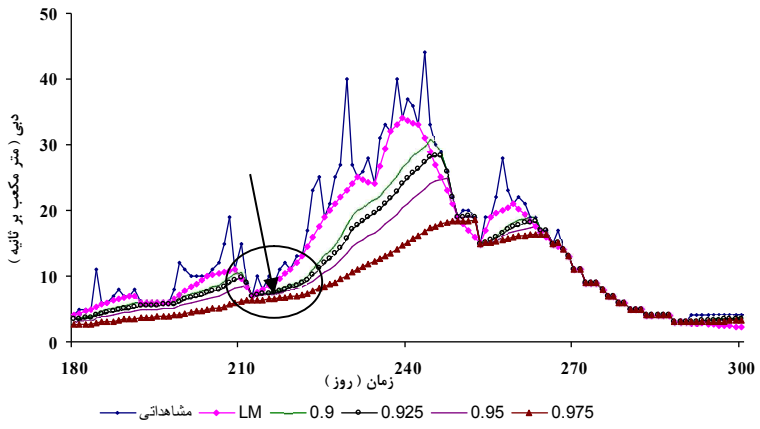
$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left[z(x_i) - \hat{z}(x_i)\right] \qquad (۴$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left[z(x_i) - \hat{z}(x_i)\right]^2} \qquad (۵$$

که در آن n تعداد مشاهدات، $z(x_i)$ مقادیر برآورد شده حاصل از تحلیل منحنی خشکیدگی و $\hat{z}(x_i)$ مقادیر برآورد شده با استفاده از روش های اتوماتیک است.

یافته‌های پژوهش

در این پژوهش دو روش تجزیه هیدروگراف برای هشت ایستگاه هیدرومتری در دو حوضه دریاچه ارومیه و ارس، واقع در استان آذربایجان غربی استفاده شد. همان‌طور که بیان شد، در روش فیلتر عددی از چهار ضریب متداول ۰/۹ تا ۰/۹۷۵ و روش حداقل محلی به منظور تعیین روش مناسب برای تعمیم به مناطق مشابه استفاده شد. شکل (۱) نمونه‌ای از تفکیک دبی پایه با استفاده از روش‌های مختلف در ایستگاه هاشم آباد در سال ۶۲-۱۳۶۱ را نشان می‌دهد.



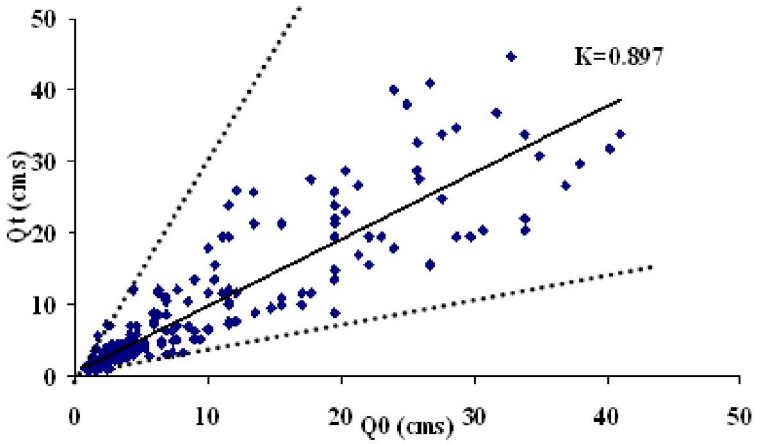
شکل ۱) تفکیک دبی پایه به روش‌ها و ضرایب مختلف فیلتر در ایستگاه هاشم‌آباد در بخشی از سال آبی ۶۲-۱۳۶۱

5- Base Flow Index
6 - Mean Absolute Error
7 - Root Mean Square Error

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-01]

شکل (۱) نمونه مناسبی از وضعیت فیلترینگ در روش دیجیتالی و روش حداقل محلی در تمام ایستگاه‌هاست و در اینجا به عنوان یک نمونه برای تحلیل گرافیکی مورد بحث قرار گرفته است. همان‌طور که در بخشی از شکل مشخص شده، روش حداقل محلی در برآورد جریان پایه در افت مختصری از هیدروگراف جریان با اشکال مواجه شده و تمام جریان را به صورت دبی پایه در نظر گرفته است. همچنین، می‌توان اذعان نمود که این روش در برآورد دبی پایه در شاخص نزولی جریان با مشکل مواجه می‌شود و در بین چند دبی اوج متوالی قادر به پیش‌بینی جریان پایه نمی باشد. بطوریکه آکسوی و همکاران (۲۰۰۸) و قنبرپور و همکاران (۱۳۸۷) نیز در تحقیق خود به این نکته اشاره داشته اند. همچنین، با توجه به شکل (۱)، فیلتر ۰/۹۷۵ در روش فیلتر عددی دبی پایه را در جریان های زیاد کمتر از حد معمول برآورد می‌کند. مقایسه گرافیکی روش فیلتر عددی با ضرایب فیلترینگ ۰/۹ تا ۰/۹۵ نتایج نسبتا قابل قبول‌تری را ارائه می‌کند.

برای مقایسه نتایج روش‌های مختلف از نتایج روش همبستگی منحنی افت اصلی در سه سال انتهایی دوره آماری و استفاده از شاخص دبی پایه آنها در مقایسه با شاخص مزبور در روش‌های مختلف تجزیه جریان استفاده شد. بازه زمانی تأخیری در هنگام ترسیم جریان طبق پیشنهاد ناتان و مک ماهان (۱۹۹۰) و ریورا رامیرز (۲۰۰۲)، هفت روزه انتخاب شد. شکل (۲) نمونه‌ای از پراکنش نقاط را در روش همبستگی منحنی افت اصلی در ایستگاه هاشم‌آباد در سال آبی ۸۲-۱۳۸۱ نشان می دهد.

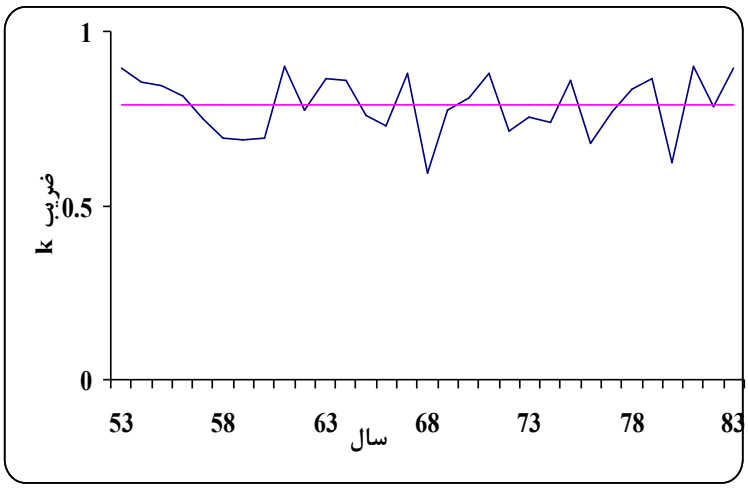


شکل ۲) پراکندگی نقاط در داده‌های دبی جریان در روش همبستگی منحنی افت اصلی در ایستگاه هاشم آباد در سال آبی ۸۲-۱۳۸۱

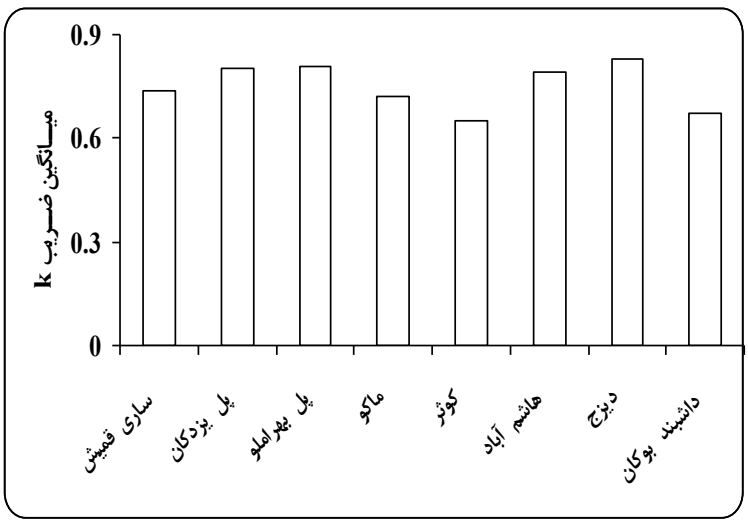
همان طور که در شکل (۲) نیز مشاهده می‌شود، پس از حذف نقاط پرت ناشی از دبی‌های حداکثر لحظه‌ای ضریب منحنی که شیب خط رگرسیون سری داده هاست، در یکی از ایستگاه های منتخب در یک سال حدود ۰/۸۹۷ به دست آمده که با استفاده از این ضریب، شاخص دبی پایه در سال و سری آماری مورد نظر تعیین می‌گردد. نوسان‌های ضریب

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-01]

k و میانگین آن در ایستگاه هاشم‌آباد در کل سری آماری در شکل (۳) دیده می‌شود. همچنین، میانگین ضریب مذکور در کل ایستگاه‌ها نیز در شکل (۴) ملاحظه می‌شود. مقایسه شاخص دبی پایه در روش‌های مورد مطالعه و روش همبستگی، معیار انتخاب روش مناسب‌تر است. دو معیار متداول در برآورد خطا (معادلات ۴ و ۵) برای مقایسه نتایج روش‌های مختلف به کار گرفته شده که شکل (۵) و (۶) به مقایسه نتایج ایستگاه‌های مختلف در روش‌های مورد مطالعه به ترتیب با معیارهای میانگین خطا و مجذور میانگین مربعات خطا به صورت گرافیکی پرداخته است.

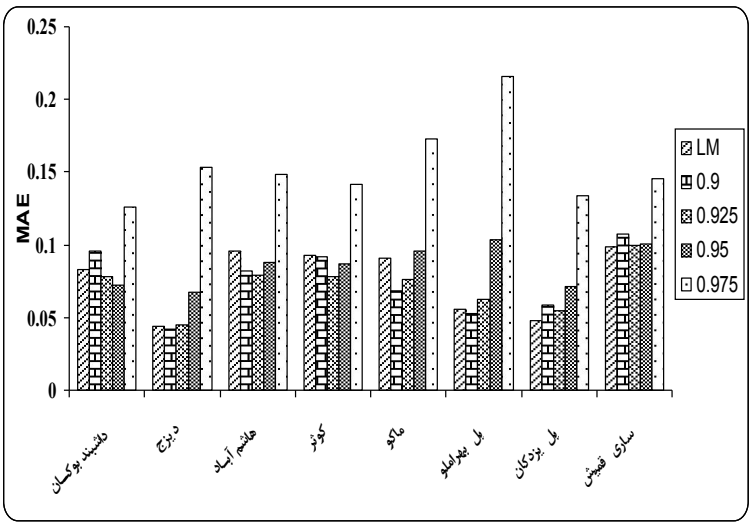


شکل ۳) نوسان‌های ضریب k و میانگین سری در ایستگاه هاشم‌آباد

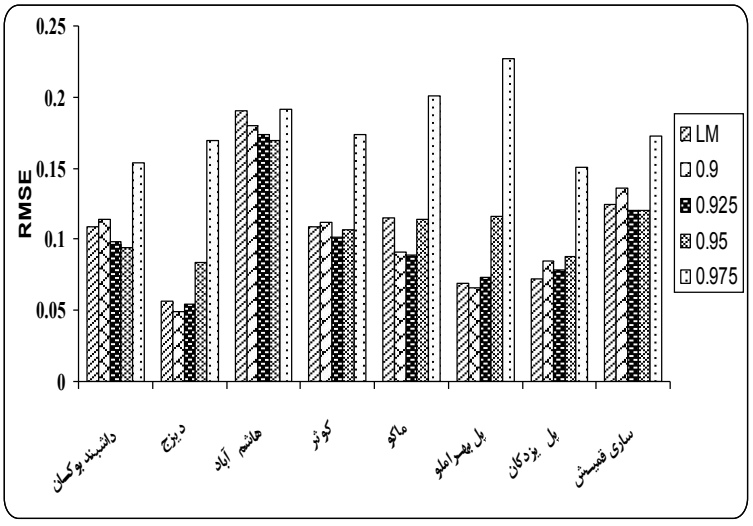


شکل ۴) میانگین ضریب k در ایستگاه‌های مورد بررسی

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-01]



شکل ۵) مقایسه شاخص میانگین خطا در ایستگاه‌های مورد مطالعه



شکل ۶) مقایسه شاخص مجذور میانگین مربعات خطا در ایستگاه‌های مورد مطالعه

جدول (۲) نیز به مقایسه نتایج روش‌های مذکور با میانگین شاخص‌های دبی پایه در ایستگاه‌های مورد مطالعه اشاره نموده است. همان‌طور که در این جدول نشان داده شده، روش فیلتر عددی با ضریب پارامتر ۰/۹۲۵ از دقت بیشتری نسبت به روش های دیگر در مقایسه با روش همبستگی منحنی افت اصلی در تحلیل شاخه نزولی هیدروگراف برخوردار است که با نتایج ناتان و مک‌ماهان (۱۹۹۰)، آرنولد و همکاران (۱۹۹۵) و قنبرپور و همکاران (۱۳۸۷) مطابقت دارد؛ اگرچه اسماختین و واتکینز (۱۹۹۷) به منظور تفکیک دبی پایه از جریان ماهانه مناسب‌ترین ضریب فیلتر را بین ۰/۹۸۵ تا ۰/۹۹۵ تشخیص دادند که شاید مهمترین دلیل اختلاف، ناشی از تفاوت زمانی سری‌های مورد بررسی باشد. مقادیر متفاوت ضریب خشکیدگی در حوزه‌های آبخیز مختلف نیز بیانگر نقش عوامل مختلفی، مانند: خصوصیات زمین‌شناسی، خاک‌شناسی و پوشش گیاهی است که حتی آن را در سال‌های متعدد یک حوزه‌آبخیز نیز متفاوت نموده است. همان طور که ناتان و مک ماهان(۱۹۹۰)، ژیلاگی (۲۰۰۴) و قنبرپور و همکارانش (۱۳۸۷) تأکید داشته‌اند، روش فیلتر عددی

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-01]

از سرعت بالا در تفکیک هیدروگراف جریان برخوردار بوده، مقادیر پیوسته دبی پایه را می‌توان به کمک آن استخراج نمود که این خصوصیت استفاده از جنبه‌های کاربردی دبی پایه در مطالعات منابع آب را آسان‌تر می‌سازد.

جدول ۲) مقایسه شاخص‌های دبی پایه در روش‌های مختلف تجزیه جریان

روش تفکیک	میانگین مطلق خطا	مجذور میانگین مربعات خطا
حداقل محلی	۰/۰۷۶	۰/۱۰۶
فیلتر عددی با ضریب فیلتر۰/۹	۰/۰۷۵	۰/۱۰۴
فیلتر عددی با ضریب فیلتر۰/۹۲۵	۰/۰۷۲	۰/۰۹۸
فیلتر عددی با ضریب فیلتر۰/۹۵	۰/۰۸۶	۰/۱۱۱
فیلتر عددی با ضریب فیلتر۰/۹۷۵	۰/۱۵۵	۰/۱۸۰

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از طرح تحقیقاتی با کد ۲/۲۰۶۵۹ است که بدین‌وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد سپاسگزاری می‌شود. همچنین، از خانم بهناز فرهادی که در تنظیم داده‌ها همکاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

۱- شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی (وب سایت)، www.agrw.ir

۲- قنبرپور، محمدرضا؛ تیموری، مهدی و غلامی ش. (۱۳۸۷). مقایسه روش‌های برآورد دبی پایه بر اساس تفکیک هیدروگراف جریان (مطالعه موردی حوزه آبخیز کارون)، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۴: ۱۱-۱.

3- Aksoy H., Erdem unal N., and Pektas A.O., 2008. Smoothed minima baseflow separation tool for perennial and intermittent streams. Hydrological Processes, 22: 4467-4476

4- Arnold J.G., Allen P.M., Muttiah R., and Bernhardt G., 1995. Automated Base Flow Separation and Recession Analysis Techniques. Ground Water, 33(6): 1010-1018

5- Brutsaert W,. And Nieber J.L., 1977. Regionalized drought flow hydrographs from a mature glaciated plateau. Water Resources Research, 13(3): 637-643

6- Chapman T.G., and Maxwell A., 1996. Baseflow separatyion-comparison of numerical methods with tracer experiments. In 23rd Hydrology and water resources symposium, Hobart. Institution of engineering Australia, Tasmania, pp. 539-545

7- Eckhardt E., 2005. How to construct recursive digital filters for base flow separation. Hydrological Processes, 19: 507-515

8- Institute of Hydrology, 1980. Low flow studies research report. Institute of Hydrology, Wallingford, U. K

9- Kleinbaum D., Kupper L., and Muller K., 1987. Applied Regression Analysis and Other Multivariable Methods (Second Edition). Duxbury Press, California.

10- Kulhavy Z., Dolezal, F., and Soukup, M., 2001. Separation of drainage runoff components and its use for classification of existing drainage system (in Czech). Vedecke Pracce VMOP Praha, 12: 29-52

11- Nathan R. J. and Mc Mahon T. A., 1990. Evaluation of automated techniques for base flow and recession analysis. Water Resources Research, 26: 1465-1473

12- Pinder G., and Jones J.F., 1968. Determination of the ground water component of peak discharge from the chemistry of total runoff. Water resources research, S (2): 430-445

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-01]

13- Rivera-Ramirez H.D., Warner G.S., and Scatena F.N., 2002. Prediction of master recession curves and base flow recessions in the Luquillo Mountains of Puerto rico. Journal of the American water resources association, 38(3): 693-704
14- Rutledge A.J., 1993. Computer programs for describing the recession of ground water discharge and for estimating mean ground water recharge and discharge from stream flow records. U.S. geological survey water resources investigations report 93-4121. 45 PP
15- Rutledge A. T., and Mesko T.O. 1996. Estimated Hydrologic Char-acteristics of Shallow Aquifers Systems in the Valley and Ridge, the Blue Ridge, and the Piedmont Physiographic ProvincesBased on Analysis of Streamflow Recession and Baseflow. U.S.Geological Survey Professional Paper. 1422-B.
16- Singh K.P., 1968. Some factors affecting base flow. Water resources research, 4: 985-999
17- Smakhtin V. and D.A. Watkins, 1997. Lowflow estimation in South Africa. WRC report no 494/1/97.
18- Szilagyi J., 2004. Heuristic continuous base flow separation. Journal of Hydrologic Engineering, 9(4): 311-318
19- Troch P.A., De Troch F.P., and Brutsaert W., 1993 Effective water table depth to describe initial conditions prior to storm rainfall in humid regions. Water Resources Research, 29(2): 427-434
20- White K. A., and Slot R. A., 1990. Base flow frequency characteristics of selected Pennsylvania Streams, U. S. Geological Survey Water Resources Investigation. Report 90-416: 66p.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-01]