Journal of Environment and Water Engineering
ISSN: 2476-3683

مجله محیط زیست و مهندسی آب
شابک : ۲۴۷۶-۳۶۸۳

مقایسه روش‌های جداسازی آب پایه از رواناب مستقیم در حوزه‌ی آبخیز دورود

رفعت زارع بیدکی، نسرین قرهی و مریم مهدیان فرد

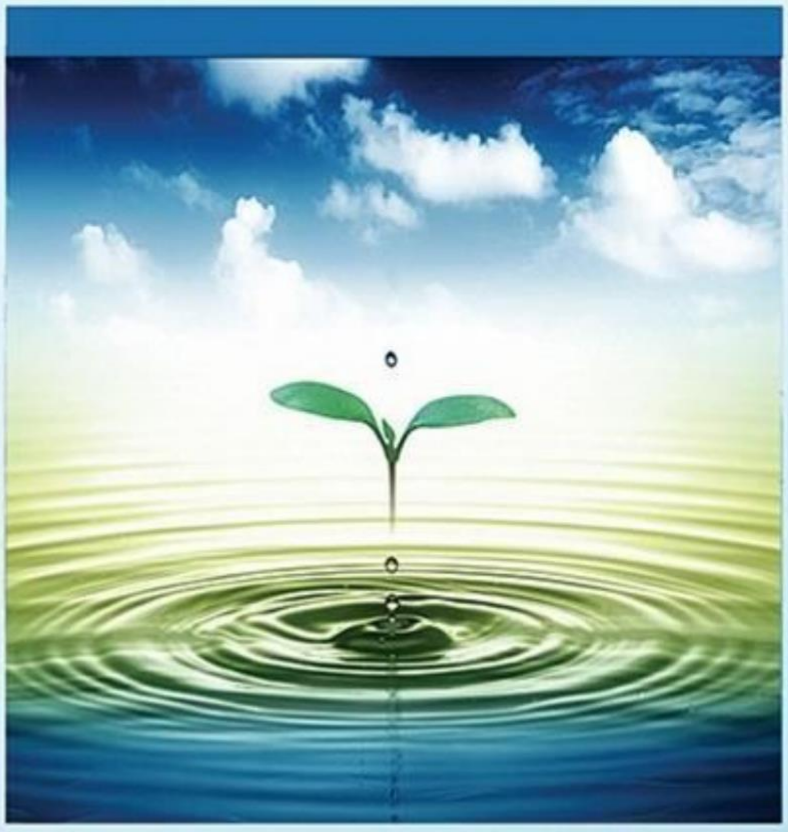
دوره ۵، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، صفحات ۲۱۲- ۲۰۰

Vol. 5(3), Atumn 2019, 200 – 212

DOI: 10.22034/jewe.2019.187507.1321

Comparison of Separation Methods for Baseflow from Direct Runoff in Doroud Basin, Lorestan, Iran

Zare Bidaki R., Gharahi N. and Mahdianfard M.



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله: زارع‌بیدکی ر.، قرهی ن. و مهدیان فرد م. (۱۳۹۸). مقایسه روش‌های جداسازی آب پایه از رواناب مستقیم در حوزه‌ی آبخیز دورود. مجله محیط‌زیست و مهندسی آب، دوره ۵، شماره ۳، صفحات: ۲۱۲–۲۰۰.

Citing this paper: Zare Bidaki R., Gharahi N. and Mahdianfard M. (2019). Comparison of separation methods for baseflow from direct runoff in Doroud Basin, Lorestan, Iran. J. Environ. Water Eng., 5(3), 200–212. DOI: 10.22034/jewe.2019.187507.1321.

مقایسه روش‌های جداسازی آب پایه از رواناب مستقیم در حوزه‌ی آبخیز دورود

رفعت زارع‌بیدکی[۱] ، نسرین قرهی[۱*]، و مریم مهدیان‌فرد[۲*]

[۱]استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران
[۲]دانش‌آموخته کارشناس ارشد آبخیزداری، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

[*]**نویسنده مسئول**: na nasrin.gharahi@nres.sku.ac.ir

مقاله اصلی

تاریخ دریافت: [۱۳۹۸/۰۳/۰۵] **تاریخ بازنگری: [۱۳۹۸/۰۷/۱۴]** **تاریخ پذیرش: [۱۳۹۸/۰۷/۳۰]**

چکیده

با توجه به این‌که بخش مهمی از جریان رودخانه‌های دائمی را آب‌های زیرزمینی تشکیل می‌دهند با دانستن سهم جریان پایه می‌توان نقش آب‌های زیرزمینی را در حفظ حیات رودخانه‌ها و برقراری تعادل بوم‌شناسی حوزه آبخیز تعیین کرد. همچنین، شناخت فرآیندهای تولید رواناب برای ارزیابی اثرات تغییرات اقلیمی و کاربری اراضی برای پاسخ هیدرولوژیکی حوضه نیز بااهمیت می‌باشد. در این پژوهش تفکیک آب‌پایه در حوزه آبخیز دورود واقع در استان لرستان با شش محدوده‌ی مطالعاتی تیره دورود، بیاتون، سیلاخور، آبسرده، سراب سفید و گله‌رود طی سال‌های ۱۳۶۱-۱۳۹۰ به‌وسیله روش‌های PART، فیلتر عددی برگشتی یک پارامترِ (Lyne-Hollick) و دو پارامترِ (Eckhardt) با فیلترهای ۰/۹۲۵، ۰/۹۵، ۰/۹۷۵ و ۰/۹۹ انجام شد. سپس نتایج حاصل از این روش‌ها به‌منظور تعیین مناسب‌ترین روش با نتایج حاصل از روش BFI، مقایسه شد. نتایج نشان داد در حوزه آبخیز تیره دورود روش Lyne-Hollick با فیلتر ۰/۹۷۵ بهترین روش برای جداسازی آب‌پایه از رواناب مستقیم می‌باشد. در زیرحوزه آبخیز بیاتون روش Eckhardt با فیلتر ۰/۹۹، در زیر حوزه سیلاخور روش Lyne-Hollick با فیلتر ۰/۹۷۵، در زیرحوزه آبسرده روش PART و Lyne-Hollick با فیلتر ۰/۹۷۵ به‌صورت یکسان، در زیرحوزه سراب سفید روش Lyne-Hollick با فیلتر ۰/۹۵ و در زیرحوزه آبخیز گله‌رود روش Lyne-Hollick با فیلتر ۰/۹۲۵ روش مناسب جهت تجزیه‌ی هیدروگراف می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه، با داشتن آمار روزانه‌ی دبی این حوزه آبخیز در سال‌های آتی می‌توان روش‌های مذکور را برای تجزیه‌ی هیدروگراف به‌کار بست.

واژه‌های کلیدی: استان لرستان؛ شاخص جریان پایه؛ فیلتر عددی برگشتی؛ هیدروگراف.

.

۱- مقدمه

آب‌پایه، دبی قبل از شروع سیلاب بوده و پس از فروکش سیل نیز تا مدتی ادامه می‌یابد که مربوط به تخلیه آب‌های زیرزمینی از راه رودخانه است و در رودخانه‌های غیردائمی ممکن است صفر باشد (Mahdavi 2007). آب‌پایه نقش اساسی در پایداری جریان در طول دوره‌های خشک و تنظیم سطوح آب زیرزمینی ایفا می‌کند. هم‌چنین در انتقال مواد غذایی و حفظ عملکرد اکوسیستم نقش اصلی را دارد (Hong et al. 2015). توسعه‌ی سریع مناطق شهری، صنعتی و افزایش نیازهای آب کشاورزی، فشارهایی را بر منابع آب وارد می‌کند که همواره در حال افزایش است. آب زیرزمینی اغلب نقش کلیدی در تخفیف اثرات بد خشک‌سالی در آینده یا حتی حل مشکلات منابع آب را دارد (Hall 1968; Tallaksen 1995 and Rivard et al. 2013). بنابراین، مطالعه در مورد آب‌های زیرزمینی و تفکیک آن از آب‌های سطحی در برنامه‌ریزی منابع آب اهمیت ویژه‌ای دارد. در برآورد میزان جریان پایه از روش‌های ردیاب محور و روش‌های غیر ردیاب محور استفاده می‌شود که دقیق‌ترین روش در برآورد میزان جریان پایه روش‌های ردیاب محور است (Chapman and Maxwell 1996; Mul et al. 2008).

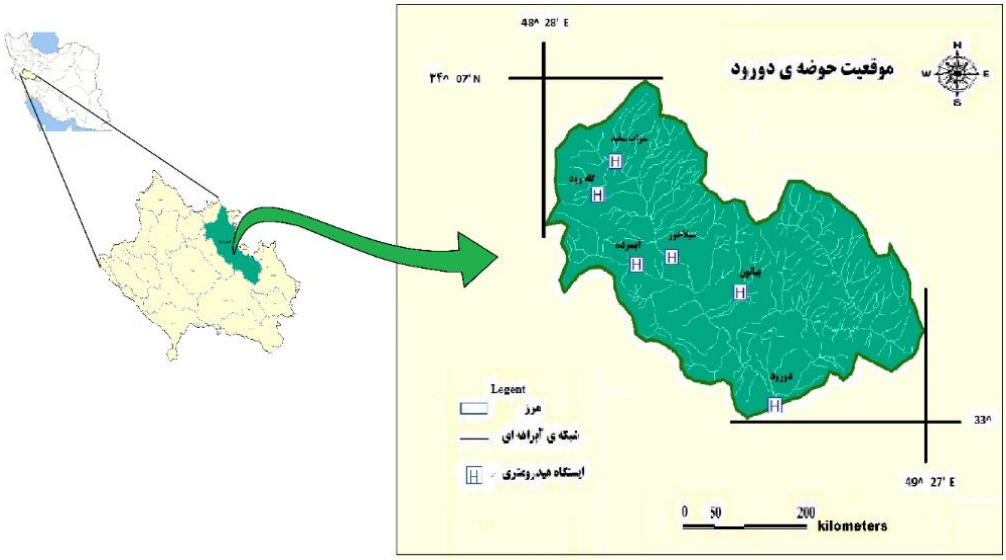
به‌دلیل وقت‌گیر و هزینه‌بر بودن این روش‌ها بیشتر از روش‌های غیر ردیاب محور از نوع گرافیکی و اتوماتیک استفاده می‌شود (Arnold and Allen 1999). در بین این دو روش، روش خودکار نسبت به روش گرافیکی از دقت بالاتر و صرف وقت کمتری برخوردار است؛ بنابراین امروزه روش‌های خودکار برای برآورد جریان پایه توسعه‌یافته است (Ghanbarpour et al. 2008; Hasani et al. 2012). Ahiablame et al. (2012) آب‌پایه را در ۲۲ حوزه آبخیز در هند با استفاده از روش فیلتر عددی برگشتی تفکیک کردند. شاخص آب‌پایه بین ۰/۴ تا ۰/۸۸ با میانگین ۰/۶ متغیر بود که نشان داد ۶۰٪ از جریان طولانی‌مدت در هند به‌احتمال‌زیاد به‌وسیله دبی آب زیرزمینی و جریان زیرسطحی کم‌عمق تأمین می‌شود. Smakhtin and Watkins(1997) الگوریتم فیلتر عددی را برای برآورد جریان ماهانه در جنوب آفریقا به کاربرد که نتایج با مقادیر شاهد همبستگی زیادی نشان دادند.

Santhi et al. (2008) با استفاده از فیلتر دیجیتالی برگشتی در محاسبه جریان آب‌پایه در امریکا گزارش کردند که شیب و میزان بارش مؤثر، در برآورد جریان پایه نقش زیادی دارند.(2013) .O Brien et al در بررسی مسیرهای هیدرولوژیک در رودخانه‌های ایرلند، به این نتیجه دست یافتند که روش فیلتر عددی برگشتی دو پارامترِ Eckhardt باوجود سریع و ساده‌تر بودن پاسخ‌های مناسب‌تری دارد. همچنین (2014) Rimmer and Hartmann پیشنهاد کردند که در جداسازی آب‌پایه از جریان کل، ترکیب استفاده از روش‌های فرایند مبنا با روش‌های ریاضی نتایج بهتری خواهد داشت.

Alishvandi et al. (2011) برای تفکیک مؤلفه اصلی جریان رودخانه‌ی باباحاجی در حوزه آبخیز مهارلو از مدل رایانه‌ای PART در دوره زمانی y ۱۵، استفاده کردند. در نهایت نتایج حاصله نشان داد که حدود ۷۳٪ از جریان رودخانه را جریان پایه تشکیل می‌دهد و میزان همبستگی جریان پایه با جریان رودخانه بالا می‌باشد که این مطلب ضرورت و اهمیت مدیریت تلفیقی آب‌های سطحی و زیرزمینی را نشان می‌دهد.

Teimouri et al. (2011) در تعدادی از رودخانه‌های استان آذربایجان غربی با روش‌های مختلف، هیدروگراف جریان را تجزیه کردند. هدف آن‌ها تشخیص مناسب‌ترین روش تفکیک هیدروگراف جریان و برآورد دبی پایه بود. نتایج نشان داد که جریان پایه در روش‌های مختلف بخش زیادی از کل جریان را تشکیل داده و دارای نوسانات زیادی نیز می‌باشد. اگرچه روش فیلتر رقومی دو پارامترِ از لحاظ هیدرولوژیک انعطاف‌پذیرتر از دیگر روش‌هاست، ولی روش فیلتر رقومی یک پارامترِ نیز مشروط به انتخاب پارامتر فیلترینگ مناسب، دارای صحت برآورد مناسب می‌باشد. همچنین شاخص دبی پایه نیز در حوزه‌های آبخیز موردمطالعه با استفاده از روش منتخب فیلتر رقومی دو پارامترِ بین ۰/۵۴ تا ۰/۷۸ متغیر بود.

Tamaskani et al. (2013) به‌منظور انتخاب روش مناسب برای برآورد آب‌پایه در حوزه بالادست سد بوستان در استان گلستان، در یک دوره‌ی ۲۱ ساله روش‌های HYSEP1، HYSEP2، HYSEP3 و BFLOW با پنج فیلتر را برای تفکیک هیدروگراف به کاربردند. آن‌ها با استفاده از معیارهای مقایسه‌ی RMSE، MAE و NASH-SUTCLIFFE، روش BFLOW با فیلتر ۰/۹ را به‌عنوان مناسب‌ترین روش برای برآورد آب‌پایه در حوزه موردمطالعه تشخیص دادند. نتایج آن‌ها نشان داد شاخص آب‌پایه با این روش ۸۹٪ می‌باشد. در برآورد آب‌پایه از جریان کل در رودخانه تیره لرستان، Zare Bidaki et al. (2015) روش فیلتر عدد برگشتی یک پارامترِ را مناسب‌ترین روش برای تفکیک جریان پایه از جریان کلی رودخانه در حوضه مورد مطالعاتی خود معرفی کردند. Soltani and Soltani (2018) از روش‌های حداقل محلی، بازه‌ی زمانی متحرک، بازه‌ی زمانی ثابت، فیلتر عدد برگشتی یک پارامترِ و روش فیلتر عدد برگشتی دو پارامترِ برای جداسازی دبی پایه در چهار ایستگاه هیدرومتری حوضه رودخانه کرج استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد روش فیلتر عدد برگشتی یک پارامترِ از سرعت‌بالا در تفکیک هیدروگراف جریان برخوردار بوده و مناسب‌ترین روش برای تفکیک جریان پایه در حوضه رودخانه کرج می‌باشد. Sameie and Malekian (2010) از روش‌های فیلتر عددی و PART برای جداسازی دبی پایه رودخانه دهکده سفید واقع در سد درودزن در استان فارس استفاده کردند. آن‌ها بیان کردند که دو روش فیلتر عددی و PART در برآورد دبی پایه رودخانه دهکده سفید همبستگی بالایی باهم دارند. همچنین Ghanbarpour et al. (2008) در مطالعه‌ای در حوزه آبخیز کارون ثابت کردند که روش فیلتر عددی برگشتی با فیلتر ۰/۹۲۵ با شاخص جریان محاسبه‌شده ۰/۸۸-۰/۷۹ مناسب‌ترین روش برای تفکیک جریان پایه در حوزه آبخیز کارون می‌باشد. تفکیک آب‌پایه به روش‌های PART، Lyne-Hollick و Eckhardt در حوزه آبخیز دورود با شش محدوده‌ی مطالعاتی تیره دورود، بیاتون، سیلاخور، آبسرده، سراب سفید و گله‌رود یکی از اهداف پژوهش حاضر است. همچنین مقایسه‌ی نتایج حاصل از این روش‌ها و در نهایت انتخاب بهترین روش برای هر ایستگاه از دیگر اهداف این مطالعه می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری حوزه آبخیز دورود در استان لرستان

Fig. 1 Position of hydrometric stations in Dorood watershed in Lorestan province

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه موردمطالعه

حوزه آبخیز تیره دورود با مساحتی حدود $3400\ km^2$ و با مختصات °۴۸ ، ´۳۵، ″۲۲ تا °۴۹، ´۱۱، ″۱ طول شرقی و °۳۳، ´۲۸، ″۴ تا °۳۳، ´۵۴، ″۵۷ عرض شمالی

در شمال شرق استان لرستان واقع‌شده است. این حوزه آبخیز دو شهرستان دورود و بروجرد را در برمی‌گیرد. به‌منظور تفکیک آب‌پایه در شش ایستگاه هیدرومتری حوزه آبخیز دورود، از آمار شش ایستگاه هیدرومتری طی دوره‌ی آماری ۳۰y از سال آبی ۱۳۶۱ تا ۱۳۹۰ استفاده شده است. موقعیت این ایستگاه‌ها در شکل (۱) نمایش داده‌شده است. مشخصات شش ایستگاه هیدرومتری انتخاب‌شده در حوضه‌ی موردمطالعه در جدول (۱) ارائه‌شده است.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری انتخابی در حوضه‌ی موردمطالعه

Table 1 Specifications of selected hydrometric stations in the studied basin

Station	Total annual flow (m^3/s)	Elevation (m)	Slope (%)	Length of the Waterway (km)	Area (km^2)
Tire Dorood	13.81	2012	2.26	100	3400
Biatoon	0.4	19.01	4.83	55	120
Silakhor	5.45	18.48	3.97	150	1000
Absardeh	2.5	2191	9.93	35	223
Sarab Sefid	1.71	2785	11.78	13	4.64
Galeh Rood	2.08	2190	21.22	11	60.4

۲-۲- شاخص جریان پایه

نسبت جریان پایه به‌کل جریان به‌عنوان شاخصی برای نشان دادن توانایی حوضه برای ذخیره و آزادسازی آب در طول خشک‌سالی‌ها است. شاخص جریان پایه[1] این مفهوم را می‌رساند که حوضه دارای رژیم جریان پایداری است و در طول دوره خشکی قادر به حفظ جریان رودخانه است. شاخص جریان پایه به‌عنوان توصیفی رضایت‌بخش در مطالعه جریان‌های کم انجام‌شده است؛ زیرا حتی یک برآورد کلی از خواص ذخیره‌سازی تا حد زیادی عملکرد را افزایش می‌دهد. شاخص جریان پایه عموماً وابستگی بسیاری به خصوصیات هیدرولوژیکی خاک، زمین‌شناسی و سایر ویژگی‌های مرتبط با ذخیره‌سازی دارد (Gregor 2010a and Gregor 2010b).

۲-۳- مدل PART

برنامه PART جریان پایه را از هیدروگراف جریان محاسبه می‌کند. این برنامه مبتنی بر تشخیص آخرین نقطه یال نزولی قبل از نقطه اوج و تعیین نقطه‌ای از یال نزولی بعدی از نقطه اوج که دارای فاصله‌ای برابر بازمان پایه حوضه بوده است. این برنامه آمار روزانه روزهایی که رواناب سطحی ناچیز است را مشخص می‌کند و جریان پایه را -که در آن روزها برابر با جریان رودخانه است بین نقطه‌ها برازش می‌کند. سپس درون‌یابی خطی را برای آمار روزانه جریان پایه برای روزهایی که با شرایط پیشین برازش نیافته است انجام می‌دهد (Rutdledge 1998).

۲-۴- روش فیلتر عددی برگشتی یک پارامترِ

این روش اولین بار توسط Lyne and Hollick(1979) ارائه گردید که فقط نیاز به تعیین پارامتر ثابت بازگشت (∝) دارد. رابطه این فیلتر (Lyne-Hollick) در رابطه (۱) ارائه‌شده است:

$$b_k = \propto . b_{k-1} + \frac{(1-\propto)}{2}(y_k + y_{k-1}) \quad (۱)$$

که در این رابطه b_k، جریان پایه فیلتر شده در مرحله زمانی k ($m^3.s^{-1}$)، b_{k-1}جریان پایه فیلتر شده در مرحله زمانی k+1 ($m^3.s^{-1}$)، ∝، پارامتر فیلتر مرتبط با حوزه آبخیز، که تحقیق حاضر از پارامتر فیلتر (∝) ۰/۹۲۵، ۰/۹۵، ۰/۹۷۵ و ۰/۹۹ استفاده شد. y_k، جریان کل در مرحله زمانی k ($m^3.s^{-1}$) و $_{k1}$، جریان کل در مرحله زمانی k-1 ($m^3.s^{-1}$).

۲-۵- فیلتر عددی برگشتی دو پارامترِ

این روش اولین بار توسط Eckhardt (2005) ارائه شد که در آن ابتدا باید دو پارامتر ثابت بازگشت (α) و

[1] Base Flow Index

بیشینه شاخص جریان پایه (BFI_{max}) تعیین شـــود (رابطه ۲).

$$b_k = \frac{(1-BFI_{max}).\propto.b_{k-1}+(1-\propto)BFI_{max}.y_k}{1-\propto.BFI_{max}} \quad (۲)$$

با شرط: $b_k \leq y_k$؛ که در آن BFI_{max} حداکثر مقدار شاخص می‌باشد که به‌وسیله الگوریتم می‌تواند مدل شود. Eckhardt پیشنهاد کرد برای جریان‌های چندساله با آبخوان متخلخل (دارای تشکیلات زمین‌شناسی نفوذپذیر) BFI_{max} برابر با ۰/۸، برای جریان‌های زودگذر با آبخوان متخلخل ۰/۵ و برای جریان‌های چندساله با آبخوان سنگی سخت ۰/۲۵ در نظر گرفته شود.

در مطالعه Eckhardt فرض بر آن است که اگر بی‌آبی کم‌تر از ۱۰٪ از زمان باشد؛ جریان چندساله است (Dolatabadi et al. 2012)؛ بنابراین، مقدار پارامتر BFI_{max} برای کل حوزه آبخیز دورود ۰/۸ و پارامتر فیلتر $\propto$ ۰/۹۲۵، ۰/۹۵، ۰/۹۷۵ و ۰/۹۹ در نظر گرفته شد (Eckhardt 2005).

۲-۶- ارزیابی عملکرد روش‌ها

ارزیابی نتایج حاصل از روش‌های PART، روش فیلتر عددی برگشتی یک پارامترِ و فیلتر عددی برگشتی دو پارامترِ با روش BFI با استفاده از شاخص‌های نش– ساتکلیف (E_{NS})، میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین مطلق خطا (MSE)، انجام شد (Mostafazadeh et al. 2009 and Shirzadi et al. 2013). شاخص نش– ساتکلیف (E_{NS}) حالتی استاندارد از تابع حداقل مربعات خطاست که نسبت واریانس باقی‌مانده به واریانس دبی‌ها را نشان می‌دهد (رابطه ۳):

$$E_{NS} = 1 - \frac{\sum_1^n (Qsim,i-Qobs,i)^2}{\sum_{i=1}^n (Qobs,i-\overline{Q}obs,i)^2} \quad (۳)$$

میانگین مربعات خطا نیز یک تابع تناسب یا تابع هدف است و درواقع مجذور شاخص میانگین مطلق خطا (MES) است (رابطه ۴):

$$RSME = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^n (Qsim,i-Qobs,i)^2} \quad (۴)$$

که در معیارهای ارزیابی بالا، $Q_{sim,i}$ جریان شبیه‌سازی‌شده، $Q_{obs,i}$ جریان مشاهده‌شده، $\bar{Q}_{obs,i}$ میانگین جریان مشاهده‌شده، i گام‌های زمانی و n تعداد کل گام‌های زمانی استفاده‌شده طی دوره اعتبارسنجی است.

بدین طریق که نتایج حاصل از روش BFI به‌عنوان مقادیر مشاهده‌شده‌ی آب‌پایه در نظر گرفته شد و از نتایج روش‌های PART، روش فیلتر عددی برگشتی یک پارامترِ و فیلتر عددی برگشتی دو پارامترِ به‌عنوان مقادیر برآورد شده استفاده شد. در نهایت روشی که کم‌ترین مقدار خطای RMSE و MSE و بیش‌ترین مقدار E_{NS} را داشته باشد به‌عنوان مناسب‌ترین روش محاسبه آب‌پایه معرفی شد.

۳- یافته‌ها و بحث

با استفاده از برنامه BFI که در محیط اکسل نوشته‌شده شاخص جریان پایه و آب‌پایه کل حوزه آبخیز موردمطالعه در دوره‌ی آماری ۳۰ ساله برای تمام ایستگاه‌های حوزه آبخیز دورود محاسبه شد. جدول (۲) شاخص آب‌پایه و جدول (۳) آب‌پایه تفکیک‌شده برای حوزه آبخیز دورود را در کل دوره با روش‌های مختلف نشان می‌دهد.

بر اساس نتایج حاصل از روش BFI مقدار آب‌پایه در ایستگاه تیره دورود، بیاتون، سیلاخور آبسرده، سراب سفید و گله رود به ترتیب به‌طور متوسط ۷۵٪، ۷۳٪، ۷۷٪، ۷۳٪، ۹۵٪ و ۸۹٪ از جریان کل رودخانه می‌باشد (جدول ۳).

با توجه به جدول (۳) آب‌پایه تفکیک‌شده با روش PART در ایستگاه‌های تیره دورود، بیاتون، سیلاخور، آبسرده، سراب سفید و گله رود به ترتیب ۹۳٪، ۸۶٪، ۹۰٪، ۸۵٪، ۹۸٪ و ۹۷٪ از جریان کل رودخانه بود.

جدول ۲- مقدار شاخص آب‌پایه حوزه آبخیز دورود با روش‌های مختلف جداسازی آب‌پایه با فیلترهای ۰/۹۲۵، ۰/۹۵، ۰/۹۷۵ و ۰/۹۹ طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۶۱

Table 2 The value of the base water index of the Drood watershed using base flow share methodes with 0.925, 0.95, 0.975, and 0.995 filters during 1982-2011

Eckhardt				Lyne-Hollick				PART	BFI	Station
0.99	0.975	0.95	0.925	0.99	0.975	0.95	0.925			
0.698	0.761	0.786	0.793	0.623	0.719	0.801	0.837	0.877	0.745	Tire Dorood
0.671	0.732	0.759	0.769	0.598	0.629	0.769	0.807	0.806	0.226	Biatoon
0.724	0.774	0.789	0.794	0.686	0.769	0.833	0.862	0.837	0.772	Silakhor
0.713	0.765	0.778	0.783	0.639	0.730	0.798	0.827	0.792	0.726	Absardeh
0.793	0.796	0.798	0.799	0.906	0.928	0.945	0.955	0.968	0.945	Sarab Sefid
0.774	0.794	0.797	0.798	0.748	0.818	0.877	0.904	0.937	0.889	Galeh Rood

جدول ۳- خصوصیات آب‌پایه کل دوره (مترمکعب بر ثانیه) حوزه آبخیز دورود با روش‌های مختلف جداسازی آب‌پایه با فیلترهای ۰/۹۲۵، ۰/۹۵، ۰/۹۷۵ و ۰/۹۹ طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۶۱.

Table 3 Characteristics of the base of the whole priod (cubic meters per second) in the Drood watershed .using using base flow share methodes with 0.925, 0.95, 0.975, and 0.99 filters during 1982-2011

Eckhardt				Lyne-Hollick				PART	BFI	Total flow (m^3/s)	Station
0.99	0.975	0.95	0.925	0.99	0.975	0.95	0.925				
9.63^{e}	10.52^{ah}	10.85^{gh}	10.95^{g}	8.61^{f}	9.93^{e}	11.06^{d}	11.57^{c}	12.1^{fb}	10.32^{a*}	13.81	Tire Dorood
0.27^{e}	0.29^{a}	0.30^{ac}	0.31^{c}	0.24^{f}	0.27^{e}	0.31^{c}	0.32^{b}	0.32^{b}	0.30^{a}	0.39	Biatoon
3.95^{g}	4.21^{a}	4.30^{a}	4.32^{a}	3.74^{e}	4.19^{ad}	4.53^{b}	4.69^{c}	4.56^{b}	4.21^{a}	5.44	Silakhor
1.78^{a}	1.91^{bfg}	1.94^{bf}	1.95^{bf}	1.59^{e}	1.82^{a}	1.99^{b}	2.06^{c}	1.98^{b}	1.81^{a}	2.50	Absardeh
1.35^{g}	1.36^{g}	1.36^{g}	1.36^{g}	1.54^{f}	1.58^{d}	1.61^{a}	1.63^{c}	1.61^{b}	1.61^{a}	1.70	Sarab Sefid
1.61^{h}	1.65^{g}	1.66^{g}	1.66^{g}	1.56^{e}	1.70^{d}	1.83^{a}	1.88^{ac}	1.95^{b}	1.85^{a}	2.08	Galeh Rood

* حروف مشابه کوچک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵٪ بین روش‌های مختلف می‌باشد.

با در نظر گرفتن پارامترهای فیلتر ۰/۹۲۵، ۰/۹۵، ۰/۹۷۵ و ۰/۹۹ روش فیلتر عددی برگشتی یک پارامترِ Lyne-Hollick ، آب‌پایه در حوزه آبخیز تیره لرستان تفکیک شد. نتایج این روش نشان داد که آب‌پایه تفکیک‌شده در ایستگاه تیره دورود به‌طور متوسط مقدار آب‌پایه ۷۴٪ (بین ۵۹ تا ۸۶٪)، در ایستگاه بیاتون ۷۱٪ (بین ۵۶ تا ۸۳٪)، در ایستگاه سیلاخور ۷۸٪ (بین ۶۶ تا ۸۸٪)، در ایستگاه آبسرده ۷۴٪ (بین ۶۰ تا ۸۴٪)، در ایستگاه سراب سفید ۹۳٪ (بین ۸۹ تا ۹۶٪) و در ایستگاه گله رود مقدار آب‌پایه ۸۳٪ (بین ۷۲ تا ۹۲٪) از جریان کل رودخانه را تشکیل می‌دهند (جدول ۳). مقایسه نتایج روش فیلتر عددی برگشتی یک پارامتر Lyne-Hollick در کل حوزه آبخیز حاکی از این است که مقدار آب‌پایه در ایستگاه‌های مختلف بین ۵۶ تا ۹۶٪ از کل جریان متفاوت است و ایستگاه سراب سفید با مقدار متوسط ۹۳٪، بیش‌ترین مقدار آب‌پایه رادار است.

همچنین با استفاده از پارامترهای فیلتر ۰/۹۲۵، ۰/۹۵، ۰/۹۷۵ و ۰/۹۹ روش فیلتر عددی برگشتی دو پارامترِ Eckhardt ، آب‌پایه در حوزه آبخیز تیره لرستان تفکیک شد. نتایج این روش نشان داد که آب‌پایه تفکیک‌شده در ایستگاه تیره دورود به‌طور متوسط ٪۷۴ (بین ۶۲ تا ۸۰٪)، در ایستگاه بیاتون ۷۲٪ (بین ۶۰ تا ٪۷۸)، در ایستگاه سیلاخور ۷۶٪ (بین ۶۶ تا ٪۸۰)، در ایستگاه آبسرده ۷۵٪ (بین ۶۵ تا ۷۹٪)، در ایستگاه

سراب سفید ۸۰٪ (بین ۷۹ تا ۸۰٪) و در ایستگاه گله رود مقدار آب‌پایه ۷۸٪ (بین ۷۳ تا ۸۰٪) از جریان کل رودخانه را تشکیل می‌دهند (جدول ۳). مقایسه نتایج روش Eckhardt در کل حوزه آبخیز حاکی از این است که مقدار آب‌پایه در ایستگاه‌های مختلف بین ۶۰ تا ۸۰٪ از کل جریان متفاوت است و ایستگاه سراب سفید با مقدار متوسط ۸۰٪، بیش‌ترین مقدار آب‌پایه رادار است. بالا بودن مقدار آب‌پایه در ایستگاه سراب سفید در هر چهار روش PART، BFI، فیلتر عددی برگشتی یک پارامتر Lyne-Hollick و فیلتر عددی برگشتی دو پارامتر Eckhardt نشانگر سهم بالای آب زیرزمینی در دبی رودخانه می‌باشد. به‌طورکلی، نتایج دو روش فیلتر عددی برگشتی یک پارامتر Lyne-Hollick و فیلتر عددی برگشتی دو پارامتر Eckhardt با پارامترهای فیلتر مختلف نشان می‌دهد هر چه پارامتر فیلتر بیشتر می‌شود مقدار آب‌پایه برآوردی از این روش کاهش می‌یابد. نتایج مطالعه Esmali and Samiee (2011) نیز نشان می‌دهد که آب‌پایه ۸۷٪ جریان رودخانه‌ی حنیفقان را تشکیل می‌دهد.

به‌طورکلی شاخص آب‌پایه در سه ایستگاه دورود، سیلاخور و سراب سفید به ترتیب مقدار ۰/۷۴، ۰/۷۶ و ۰/۸۰ به دست آمد. درحالی‌که انتظار می‌رفت به سمت سراب حوزه، آب‌پایه کم‌تر و جریان سطحی بیش‌تر باشد و به سمت خروجی حوزه خلاف این امر صادق باشد. این امر را می‌توان در جنس سنگ‌های حوزه جستجو کرد. در سراب حوزه تیره لرستان، دو چشمه‌ی سراب سفید و گله رود قرار دارند که هر دو از تشکیلات آهکی شمال و شمال غرب روستای ونائی و ارتفاعات گرین و میش پرور سرچشمه می‌گیرند. سنگ‌های آهکی همراه با درز و شکاف‌های فراوان نفوذپذیری زیادی دارند، همچنین به دلیل ارتفاع زیاد این منطقه مقداری از نزولات جوی به‌صورت برف در ارتفاعات ذخیره می‌شود و با ذوب تدریجی از طریق درز و شکاف‌های موجود به مخازن وارد می‌شود؛ بنابراین در سراب حوزه، مقدار آب‌پایه زیاد و جریان سطحی کم‌تر است. درحالی‌که به سمت خروجی حوضه، از درز و شکاف و نفوذپذیری و آهک‌های کارستی کاسته می‌شود. همچنین به‌دلیل ارتفاع کم حوضه در این قسمت، بارش به‌صورت باران نازل می‌شود. درنتیجه این عوامل نفوذ آب به درون مخازن و سفره‌ها کاهش می‌یابد و جریان سیلابی به‌طرف خروجی حوزه تخلیه می‌گردد.

۳-۱- ارزیابی عملکرد روش‌ها

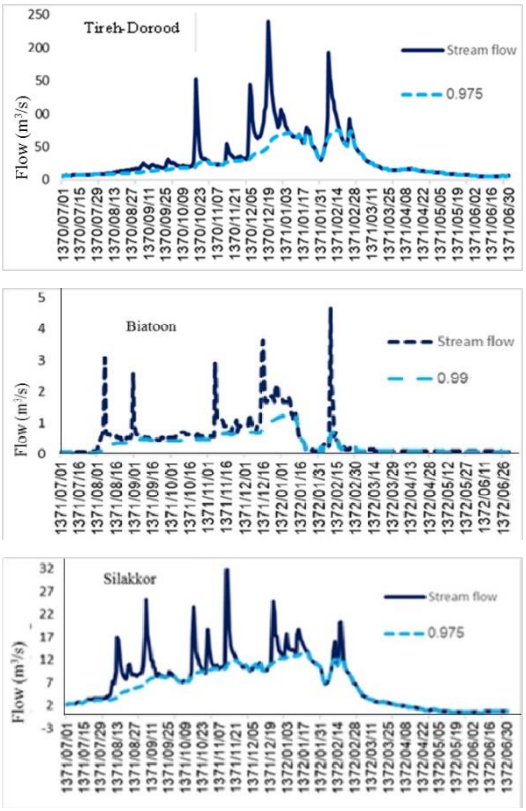
با توجه به جدول (۳)، نتایج روش BFI در سطح اطمینان ۹۵٪ در ایستگاه تیره دورود تنها با نتایج روش فیلتر عددی برگشتی دو پارامتر Eckhardt با فیلتر ۰/۹۷۵ اختلاف معنی‌داری نشان نداد. در ایستگاه بیاتون، نتایج حاصل از روش BFI با نتایج روش فیلتر عددی برگشتی دو پارامتر Eckhardt با فیلتر ۰/۹۵ و ۰/۹۷۵ اختلاف معنی‌داری نداشت و در بقیه‌ی موارد دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشد. همچنین در ایستگاه سیلاخور نتایج روش فیلتر عددی برگشتی دو پارامتر Eckhardt با فیلتر ۰/۹۲۵، ۰/۹۵ و ۰/۹۷۵ و روش فیلتر عددی برگشتی یک پارامتر Lyne-Hollick با فیلتر ۰/۹۷۵ اختلاف معنی‌داری با نتایج روش BFI نشان نداد. در ایستگاه آبسرده، اختلاف معنی‌داری بین نتایج روش BFI با نتایج روش فیلتر عددی برگشتی دو پارامتر Eckhardt با فیلتر ۰/۹۹ و روش فیلتر عددی برگشتی یک پارامترِ Lyne-Hollick با فیلتر ۰/۹۷۵ مشاهده نشد. نتایج روش BFI در ایستگاه‌های سراب سفید و گله رود، به‌ترتیب با فیلتر عددی برگشتی یک پارامتر Lyne-Hollick با فیلتر ۰/۹۵ و روش فیلتر عددی برگشتی یک پارامتر Lyne-Hollick با فیلتر ۰/۹۲۵ و ۰/۹۵ اختلاف معنی‌داری نشان نداد. به‌منظور انتخاب روش مناسب برای محاسبه آب‌پایه تفکیک‌شده در ایستگاه‌های مختلف در محدوده موردمطالعه، نتایج حاصل از روش‌های PART، روش فیلتر عددی برگشتی یک پارامترِ و فیلتر عددی برگشتی دو پارامترِ با روش مبنای BFI مقایسه شدند. مقدار E_{NS}، MSE، RMSE محاسبه‌شده برای ایستگاه‌های دورود، بیاتون و سیلاخور، آبسرده، سراب سفید و گله رود در دوره ۱۳۹۰-۱۳۶۱ در جدول (۴) آورده شده است.

جدول ۴- نش–ساتکلیف (E_{NS})، میانگین مربعات خطا (MSE) و میانگین مجذور خطا (RMSE) محاسبه‌شده برای ایستگاه‌های دورود، بیاتون، سیلاخور آبسرده، سراب سفید و گله رود طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۶۱.

Table 4 Nash-Sutcliff (E_{NS}), Mean Squared Error (MSE) and Absolute Error Mean (RMSE) calculated for the six stations during 1982-2011

Eckhardt				Lyne-Hollick				PART	
0.99	0.975	0.95	0.925	0.99	0.975	0.95	0.925		Station
					Tire Dorood				
4.531	5.512	6.875	7.704	5.957	4.47	4.942	5.73	6.755	RMSE
2.251	2.115	2.295	2.444	2.642	2.073	1.812	1.868	1.948	MAE
0.859	0.791	0.676	0.593	0.761	0.863	0.833	0.777	0.693	E_{NS}
					Biatoon				
0.167	0.203	0.267	0.316	0.214	0.168	0.17	0.193	0.192	RMSE
0.071	0.067	0.071	0.074	0.089	0.069	0.06	0.059	0.05	MAE
0.815	0.727	0.529	0.339	0.701	0.813	0.809	0.754	0.759	E_{NS}
					Silakhor				
1.221	1.321	1.665	1.883	1.677	1.21	1.255	1.442	1.237	RMSE
0.72	0.662	0.759	0.835	0.857	0.651	0.601	0.634	0.479	MAE
0.897	0.879	0.808	0.754	0.808	0.898	0.892	0.858	0.895	E_{NS}
					Absardeh				
0.61	0.83	1.12	1.32	0.86	0.59	0.69	0.83	0.59	RMSE
0.289	0.303	0.361	0.407	0.396	0.277	0.271	0.3	0.222	MAE
0.887	0.791	0.62	0.469	0.779	0.894	0.855	0.793	0.894	E_{NS}
					Sarab Sefid				
0.341	0.33	0.342	0.353	0.271	0.203	0.176	0.185	0.18	RMSE
0.281	0.284	0.293	0.299	0.127	0.093	0.074	0.068	0.06	MAE
0.642	0.663	0.637	0.612	0.721	0.842	0.88	0.868	0.876	E_{NS}
					Galeh Rood				
0.599	0.45	0.474	0.512	0.913	0.615	0.418	0.377	0.429	RMSE
0.319	0.279	0.293	0.305	0.396	0.272	0.187	0.159	0.137	MAE
0.826	0.901	0.89	0.872	0.602	0.814	0.913	0.929	0.909	E_{NS}

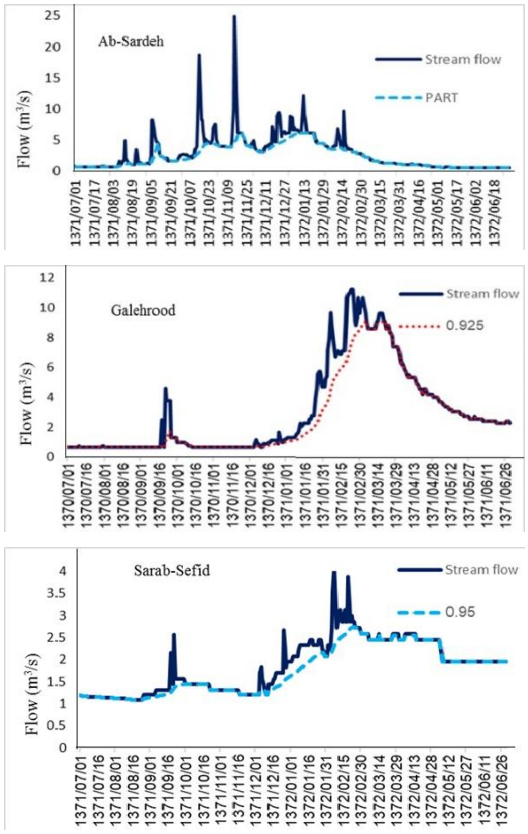
با توجه به جدول (۴)، در ایستگاه تیره دورود روش فیلتر عددی برگشتی یک پارامترِ Lyne-Hollick با فیلتر ۰/۹۷۵ از بین دیگر روش‌ها کمترین مقدار RMSE و بیشترین مقدار E_{NS} را دارد؛ بنابراین، این روش، مناسب‌ترین روش برای محاسبه آب‌پایه در ایستگاه تیره دورود در نظر گرفته شد. با در نظر گرفتن کمترین مقدار خطای MSE، RMSE و بیشترین مقدار E_{NS} در ایستگاه بیاتون روش Eckhardt با فیلتر ۰/۹۹ بهترین روش تشخیص داده شد. در ایستگاه سیلاخور روش Lyne-Hollick با فیلتر ۰/۹۷۵، ایستگاه آبسرده روش PART و Lyne-Hollick با فیلتر ۰/۹۷۵ به‌صورت یکسان، سراب سفید Lyne-Hollick با فیلتر ۰/۹۵ و در ایستگاه گله رود روش Lyne-Hollick با فیلتر ۰/۹۲۵ روش مناسب جهت تفکیک آب‌پایه بودند. برای مثال، مقادیر جریان روزانه و مقدار آب‌پایه تفکیک‌شده توسط مناسب‌ترین روش در هر ایستگاه در سال آبی ۱۳۷۱-۱۳۷۰ در شکل (۲) نشان داده‌شده است.



شکل ۲- جداسازی آب‌پایه با مناسب‌ترین روش برای ایستگاه‌های مختلف طی سال آبی ۱۳۷۱-۱۳۷۰

Fig 2. Basin water separation using the best method at different stations during the water year of 1990-1991

در این رابطه، Dolatabadi et (2012) در حوزه مهارلو-بختگان برای برآورد جریان پایه روش فیلتر عددی برگشتی دو پارامترِ Eckhardt را مناسب‌تر دانست. نتایج تحقیق حاضر با مطالعات (۲۰۱۸) Soltani and Soltani جداسازی آب‌پایه در حوزه آبخیز سد کرج، et al. Tamaskani(2013) جداسازی آب‌پایه در سد بوستان گلستان، et al. Hasani(2012) جداسازی آب‌پایه در حوزه آبخیز حبله رود، (2008) et Ghanbarpour al. جداسازی آب‌پایه در حوزه آبخیز کارون، Aksoy (2009) جداسازی آب‌پایه در رودخانه فیلوس در ترکیه و Chen et al. (2008) جداسازی آب‌پایه در رودخانه زرد در چین مطابقت دارد. این تحقیقات همگی روش فیلتر عدد برگشتی یک پارامترِ را مناسب‌ترین روش برای تفکیک جریان پایه از جریان کلی رودخانه در حوضه مورد مطالعاتی خود معرفی



کردند که نتیجه پژوهش حاضر را تأیید می‌کنند. همچنین Smakhtin and Watkins (1997) ; Szilagyi (2004) و Tamaskani (2013)گزارش کردند که روش فیلتر عدد برگشتی یک پارامترِ Lyne-Hollick از سرعت‌بالا در تفکیک هیدروگراف جریان برخوردار بوده است و مقادیر پیوسته دبی پایه را می‌توان به کمک آن به‌خوبی استخراج کرد در پژوهش‌های ذکرشده فیلتر مناسب برای روش فیلتر عدد برگشتی یک پارامترِ Lyne-Hollick را ۰/۹۲۵، ۰/۹۵ و ۰/۹۷۵ و ۰/۹ پیشنهاد کردند که به نتایج مطالعه حاضر نزدیک است.

۴- نتیجه‌گیری

تفکیک آب‌پایه نقش مهمی در مطالعات هیدرولوژی مانند مدل‌سازی‌های کمی بارش- رواناب، مدل‌سازی کیفیت آب، بررسی تأثیر روش‌های مختلف مدیریت اراضی بر آب زیرزمینی و بررسی کفایت جریان زیست‌محیطی دارد. با توجه به هدف مطالعه‌ی حاضر، آب‌پایه حوزه آبخیز تیره لرستان شامل ایستگاه‌های تیره دورود، بیاتون، سیلاخور، آبسرده، سراب سفید و گله رود

در دوره‌ی ۳۰ ساله‌ی ۱۳۶۱ تا ۱۳۹۰ با استفاده از روش‌های BFI، PART، Lyne-Hollick و Eckhardt با فیلترهای ۰/۹۹، ۰/۹۲۵، ۰/۹۵، ۰/۹۷۵، ۰/۹۹، ۰/۹۹۵ از جریان کل تفکیک شد. بدین ترتیب نتایج زیر به‌دست آمد:

۱- آب‌پایه در حوزه آبخیز تیره لرستان بخش اعظم جریان را تشکیل می‌دهد طوری‌که شاخص جریان پایه در ایستگاه‌ها بیش از ۷۵٪ می‌باشد. بدین معنی که بیش از ۷۵٪ از جریان رود را در طول سال جریان پایه تشکیل می‌دهد و این موضوع نشان از نفوذپذیر بودن حوزه و سهم بیشتر آب نفوذ یافته در بیلان هیدرولوژی حوزه دارد.

۲- شاخص آب‌پایه به سمت بالادست حوزه افزایش می‌یابد. مقایسه‌ی شاخص آب‌پایه ایستگاه‌های موجود در شبکه‌ی هیدرو گرافی این حوزه نشان داد که به سمت سراب حوزه مقدار آب‌پایه بیش‌تر و جریان سطحی کمتر است. هرچه موقعیت ایستگاه به خروجی حوزه نزدیک‌تر باشد مقدار جریان سطحی افزایش می‌یابد. شاخص آب‌پایه در سه ایستگاه دورود، سیلاخور و سراب سفید به ترتیب مقدار ۰/۷۵، ۰/۷۷ و ۰/۹۵ به‌دست آمد. درحالی‌که انتظار می‌رفت به سمت سراب حوزه، آب‌پایه کم‌تر و جریان سطحی بیش‌تر باشد و به سمت خروجی حوزه خلاف این امر صادق باشد؛ که این امر به‌دلیل تفاوت در جنس سنگ‌های حوزه است.

۳- نتایج کلی این پژوهش نشان داد که در حوزه آبخیز تیره لرستان از بین روش‌های استفاده‌شده در جداسازی آب‌پایه روش فیلتر عددی برگشتی یک پارامتر Lyne-Hollick با فیلترهای ۰/۹۲۵، ۰/۹۵ و ۰/۹۷۵ از جمله مناسب‌ترین روش‌ها بودند، به‌جز در ایستگاه بیاتون که روش فیلتر عددی برگشتی دو پارامتر Eckhardt با فیلتر ۰/۹۹ توانست بهترین جداسازی آب‌پایه را انجام دهد، هرچند روش فیلتر عددی برگشتی یک پارامتر Lyne-Hollick با فیلتر ۰/۹۵ هم نتایج قابل قبولی در این محاسبه نشان داد.

در نهایت، با علم به این‌که روش‌های تحلیلی متعددی برای تجزیه آب‌پایه از کل جریان توسعه داده‌شده است و انتخاب اجزای آن‌ها اختیاری می‌باشد، پیشنهاد می‌شود قبل از هرگونه برنامه‌ریزی در مدیریت منابع آب یک حوزه آبخیز به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور، به برآورد آب‌پایه از کل جریان آب به‌وسیله بهترین و مناسب‌ترین روش اقدام گردد. همچنین، با توجه به وضعیت بحرانی برداشت آب‌های زیرزمینی و لزوم توجه بیش‌تر به آب‌های سطحی در سال‌های اخیر در کشور، نتایج پژوهش حاضر با آگاهی از جریان‌پایه برآورد شده در حوزه آبخیز دورود در شش محدوده‌ی مطالعاتی تیره دورود، بیاتون، سیلاخور، آبسرده، سراب سفید و گله‌رود، می‌تواند در برنامه‌ریزی آبیاری، کشاورزی، مدیریت خشک‌سالی، تولید برق‌آبی و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی در حوزه آبخیز دورود در استان لرستان مؤثر واقع شود.

References

Ahiablame L., Chaubey I., Engel B., Cherkauer K. and Merwade V. (2012). Estimation of annual baseflow at ungauged sites in Indiana. J. Hydraul., 476, 13–27.

Aksoy H.K. (2009). Filtered smoothed minima base flow separation method. J. Hydrol., 327, 94-101.

Alishvandi B., Fakhireh A., Moghadamnia A. and Samiee M. (2011). Baseflow separation from direct runoff on the hydrograph of Babahaji River, Maharlou watershed. 7th National Seminar on Watershed Management Sciences and Engineering, Isfahan University of Technology, Iran [In Persian].

Arnold J. G. and Allen P M. (1999). Validation of automated methods for estimating base flow and groundwater recharge from stream flow records. J. Am. Water. Resour. Assoc., 35(2), 411-424.

Chapman T. G. and Maxwell A. I. (1996). Base flow separation–comparison of

numerical methods with tracer experiments. 23rd Symposium, Hydrology and water resources, 96(05), 539-545.

Chen L., Zheng H., Chen Y. D. and liu C. (2008). Baseflow separation in the source region of the yellow river. J. Hydrol. Eng., 13, 541-548.

Dolatabadi N., Hoseini A., Darari K. and Mosaedi A. (2012). Estimation of baseflow using Recursive Digital Filtering method and BFI_3.0 Model (Case study: some parts of Maharloo-Bakhtegan Catchment). 3rd National conferance on integrated water resources management. Sari, Iran [In Persian].

Eckhardt K. (2005). How to construct recursive digital filters for base flow separation. Hydrol. Proces., 19(2), 507-515.

Esmali A. and Samiee M. (2011). Comparison of different methods in separation of flow hydrograph at Hanifaqan station. 2011, 4th conferance on iran water resources management. Amirkabir University of Technology. Tehran [In Persian].

Ghanbarpour M. R., Teimouri M. and Gholami S. H. (2008). Comparison of Base Flow Estimation Methods Based on Hydrograph Separation (Case study: Karun Basin). J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour., 12(44), 1-11 [In Persian].

Gregor M. (2010a). User Manual "How to use Hydrooffice.

Gregor M. (2010 b). User Manual "BFI+ 3.0".

Hall F. R. (1968). Base flow recession, a review. Water. Resour. Res. 4(5), 973–983.

Hasani M., Malekian A., Rahimi M., Samee M. and Khamoush M.R. (2012). Study of efficiency of various base flow separation methods in arid and semi-arid rivers (Case study: Hablehroud basin). Arid. Biome. Sci. Res., 2(2), 275-287 [In Persian].

Hong J., Lim K J., Shin Y. and Jung Y. (2015). Quantifying Contribution of Direct Runoff and Baseflow to Rivers in Han River System, South Korea. J. Korea. Water. Resour. Assoc., 48, 309–319.

Lyne V. D. and Hollick M. (1979). Stochastic time-variable rainfall runoff modeling. Astralian national conference publication, Australian. 89–92.

Mahdavi M. (2007). Applied Hydrology. University of Tehran Publications, Tehran. 360pp [In Persian].

Mostafazadeh R., Bahremand A. and Sadoddin A. (2009). Simulating the direct runoff hydrograph using Clark instantaneous unit hydrograph (Case study: Jafar-Abad Watershed, Golestan Province). J. Soil. Water. Conser., 16(3), 105-122 [In Persian].

Mul M. L., Mutiibwa R K., Uhlenbrook S. and Savenije H.H.G. (2008). Hydrograph separation using hydrochemical tracers in the Makanya catchment, Tanzania. Phys. Chem. Earth, 33, 151–156.

O Brien R. J., Misstear B. D., Gill L. W., Deakin J. L. and Flynn R. (2013). Developing an integrated hydrograph separation and lumped modeling approach to quantifying hydrological pathways in Irish river catchments. J. Hydrol., 486, 259-270.

Rimmer A. and Hartmann A. (2014). Optimal hydrograph separation filter to evaluate transport routines of hydrological models. J. Hydrol., 514, 249-257.

Rivard C. D., Lavoie R., Lefebvre S., Séjourné C., Lamontagne E. G. and Johnson M. J. (2013). An overview of Canadian shale gas production and environmental concerns. Int. J. Coal. Geol., 126, 64-76.

Rutdledge A. T. (1998). Computer programs for describing the recession of ground-water discharge and for estimating mean ground-water recharge and discharge from streamflow data—update. U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report. 98-4148.

Sameie M. and Malekian A. (2010). Comarison of baseflow separating methods using the return number filter and PART model. proc. 2010, 6th National Seminar on Watershed Management Sciences and Engineering, Tarbiat Modarres University, Iran [In Persian].

Santhi C., Allen M. P., Muttian R. S., Arnold J. G. and Tuppad P. (2008). Regional estimation of base flow for the conterminous United States by hydrologic landscape regions. J. Hydrol., 351, 139–153.

Shirzadi A., Chapi K. and Fathi P. (2012). The Estimating of Synthetic Unit Hydrograph Using Regional Flood Analysis and Geomorphologic Parameters (Case Study: Kanisavaran and Marenj Watersheds, Kurdistan). J. Sci. Technol. Agric. Natur. Res., 15(58), 231-240 [in Persian].

Smakhtin V. and Watkins D. (1997). Low flow estimation in South Africa, WRC 494, 125-132.

Soltani A. and Soltani M. (2018). Assessment of base flow separation methods in Karaj dam watershed. J. Environ. Water. Eng., 4(3), 216–228 [in Persian].

Szilagyi J. (2004). Heuristic continuous baseflow separation. J. Hydrol. Eng., 9(4), 311-318.

Tallaksen L. M. (1995). A review of base flow recession analysis. J. Hydrol., 65, 349–370.

Tamaskani A., Zakerinia. Hezarjeribi A. and Dehghani A. A. (2013). Comparison of Base Flow separation methods from daily flow hydrograph (Case study: Upstream of Boostan dam catchment In Golestan province). J. Water. Soil. Conser., 206, 127-145 [In Persian].

Teimouri M., Ghanbarpour M. R., Bashirgonbad M., Zolfaghari M. and Kazemikia S. (2011). Comparison of baseflow index in hydrograph separation with different methods in some rivers of West Azarbaijan Province. J. Sci. Technol. Agric. Natur. Res., 15(57), 219-228 [In Persian].

Zare Bidaki R., Mahdianfard M., Honarbakhs A. and Zeinivand H. (2015). Base Flow Estimation in Tireh Dorood River in order to Environmental Flow Assessment. Iran. J. Ecohydrol., 2(3), 275-287 [In Persian].

Comparison of separation Methods for Baseflow from Direct Runoff in Doroud Basin, Lorestan, Iran

Rafat Zare Bidaki[1], Nasrin Gharahi[1*]and Maryam Mahdianfard[2]

[1]Assist. Professor, Department of Rangeland and Watershed Mangement Scinces, Faculty of Natural Resource and Earth Science, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

[2]Alumni of Management of Deseret Area., Department of Rangeland and Watershed Management Sciences., Faculty of Natural Resource and Earth Science, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

*Corresponding author: nasrin.gharahi@nres.sku.ac.ir

Original Paper

Received: June 25, 2019 **Revised:** September 27, 2019 **Accepted:** October 22, 2019

Abstract

As groundwaters make an important part of the permanent rivers flow, their role in maintaining the life of rivers and creating ecological balance in watershed can be determined by knowing the base flow contribution. Moreover, identification of runoff production processes is crucial for assessing the effects of climate change and landuse on the hydrologic response of the watershed. In the current study, the base water separation in Doroud watershed located in Lorestan province with 6 study areas was performed during a period from 1982 to 2011 using PART, one parameter recursive digital filter (Lyne -Hollick) and two parameters recursive digital filter (Eckhart) with filters value of 0.925, 0.95, 0.975, and 0.99. Then the results obtained by these methods were compared with those of BFI method. The comparison showed that Lyne -Hollick method with filter value of 0.975 was the best method to separate base water from direct runoff in Doroud watershed. In Bayatan watershed, Silakhor sub-watershed, Ab Sardeh sub-watershed, Sarab Sefid sub-watershed, and Gale Rood sub-watershed, the Eckhart's method with filter value of 0.975, Lyne -Hollick method with filter value of 0.975, PART and Lyne -Hollick method with filter value of 0.975, Lyne -Hollick method with filter value of 0.95, and Lyne -Hollick method with filter value of 0.925 were the suitable methods for hydrograph decomposition, respectively. Considering the results obtained by this study and having statistics of this watershed flow rate on a daily basis, the abovementioned methods can be used in future years for hydrograph decomposition.

Keyword: Baseflow Index; Hydrogragh; Lorestan Province; Recursive Digital Filter.