دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

ارزیابی بیلان آب ماهانه و بررسی مقدار حجمی جریان پایه فیلتر شده و جریان کل در حوضه آبخیز ونک

سمیرا بیاتی[۱]، محمدعلی نصر اصفهانی[۲] و خدایار عبدالهی[۳]

۱ و ۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، دانشگاه شهرکرد
۲- استادیار، دانشگاه شهرکرد، (نویسنده مسوول: mnasr@agr.sku.ac.ir)
تاریخ دریافت: ۹۶/۹/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱/۲۰

چکیده

جریان پایه بخشی از جریان کل رودخانه است که مرتبط با جریان تخلیه شده از سفره‌های آب زیرزمینی است. به دلیل تغییرات شدید بارش و سایر مؤلفه‌های هیدرولوژیکی در مناطق خشک و نیمه خشک، شبیه‌سازی این جریان در سطح حوضه آبخیز به خصوص در این مناطق از اهمیت زیادی برخوردار است. به منظور بررسی نقش جریان پایه در جریان کل، مدل‌های هیدرولوژیکی به عنوان ابزاری مناسب در این زمینه استفاده می‌شوند. در این مطالعه نیز به منظور بررسی بیلان آب و برآورد جریان حوضه آبخیز ونک از مدلی توزیعی به نام WetSpass-M استفاده شد که با هدف شبیه‌سازی بیلان آب در مناطق خشک و نیمه خشک توسعه یافته است. از آنجا که مدل مذکور بر تغییرات مکانی مؤلفه‌های هیدرولوژیکی تمرکز دارد، برای حوضه مورد مطالعه تمام ورودی‌های این مدل به جز تعداد روزهای بارانی که متوسط‌گیری مکانی می‌شود، به صورت نقشه‌های رستری با فرمت اسکی و در مقیاس زمانی ماهانه وارد شد. بررسی عملکرد مدل با مقدار ضریب نش- ساتکلیف ۰/۵۷ و ۰/۵۶ برای جریان کل به ترتیب در دوره واسنجی و اعتبارسنجی و ۰/۵۲ برای جریان پایه در هر دو دوره نشان داد که مدل با دقت قابل قبولی جریان کل و جریان پایه حوضه ونک را شبیه‌سازی می‌کند. همچنین مقایسه چشمی هیدروگراف‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده نشان می‌دهد که عملکرد مدل در شبیه‌سازی جریان کل، اندکی بهتر از جریان پایه است. جمع‌بندی دیگر این کنترل آن است که شبیه‌سازی جریان‌های با مقدار کمتر در مقایسه با جریان‌های سیلابی نسبتاً بهتر بوده است. نتایج حاصل از شبیه‌سازی اجزای بیلان آب در حوضه مورد مطالعه نیز نشان داد که بیش‌ترین سهم مؤلفه‌های بیلان آب از بارش سالانه حوضه مربوط به تغذیه پتانسیل آب زیرزمینی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بارش- رواناب، جریان زیرسطحی، مدل توزیعی مکانی، WetSpass-M

مقدمه

جریان پایه، بخش مهمی از جریان رودخانه‌ها را تشکیل می‌دهد که این جریان را می‌توان بخشی از جریان آب‌های زیرزمینی در نظر گرفت. برآورد میزان مشارکت جریان پایه در جریان کل ماهانه و سالانه حوضه‌های آبخیز خشک و نیمه خشک در مواردی مانند برنامه‌ریزی آبیاری، کشاورزی، مدیریت خشکسالی، کاهش تلفات آب، تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۴). از نگاه کاربری آب، بررسی بیلان آب در سطح حوضه آبخیز و تفکیک جریان پایه از جریان کل در رودخانه‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. تغییرات گسترده مکانی و زمانی بارش، میزان تبخیر و تعرق پتانسیل بالا، گستردگی حوضه‌های آبخیز و کمبود داده‌های دبی در زیرحوضه‌های کوچک بالادستی از ویژگی‌های مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد (۱۰). بنابراین، فرآیندهای هیدرولوژیکی این مناطق پیچیده‌تر و واسنجی مدل‌ها مشکل‌تر می‌باشد (۲۰). در بررسی بیلان آب یک حوضه، هدف از کاربرد مدل‌های هیدرولوژیکی، شناخت بهتر از رفتارهای هیدرولوژیکی حوضه و ترکیب داده‌های هیدرولوژیکی به منظور مدیریت منابع آب، کنترل سیلاب‌ها، تعدیل جریان آب و به طور کلی برنامه‌ریزی و پیش‌بینی جریان می‌باشد (۱۵). به منظور مدیریت حوضه آبخیز و جلوگیری از بروز ناسازگاری در اقدامات طراحی شده در سطح حوضه مدل‌هایی مورد نیاز هستند که برای شبیه‌سازی حوضه از حجم وسیعی از داده‌ها شامل بارش، توپوگرافی، مرز حوضه، خصوصیات خاک و لایه زیرسطحی، کاربری اراضی و پوشش گیاهی، سیستم‌های انتقال رواناب، سازه‌های مدیریتی موجود، داده‌های موجود کیفی آب و سطح آب زیرزمینی استفاده می‌کنند (۱۸). فرآیند بارش- رواناب حوضه‌های آبخیز تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله شرایط هیدرولوژیکی، ژئومورفولوژی و اقلیم منطقه می‌باشد. عواملی مانند میزان، توزیع و نوع بارش، پوشش گیاهی، خصوصیات فرآیند تجمع و ذوب برف، خصوصیات لایه خاک و سازندهای زمین‌شناسی بر میزان رواناب و مؤلفه‌های بیلان آب حوضه تأثیر می‌گذارند (۵). به دلیل تنوع شرایط فیزیکی، مدل‌های بسیاری برای شبیه‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی وجود دارد. مدل‌های ارائه شده ابتدا به صورت یکپارچه بودندو بعد از آن مدل‌های نیمه توزیعی توسعه یافتند (۲۱). اما امروزه استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی و تکنیک سامانه اطلاعات جغرافیایی به صورت گسترده امکان‌پذیر، کاربردی و متداول شده است (۲۶). بنابراین ترکیب این دو ابزار قدرتمند سبب شده است که مدل‌های توزیعی کاربرد بیش‌تری پیدا کنند. از جمله مدل‌های توزیعی، WetSpass[1] می‌باشد که قادر به برآورد مؤلفه‌های بیلان آب از جمله برگاب، تبخیر و تعرق واقعی، رواناب و تغذیه آب زیرزمینی است. از مزیت‌های این مدل علاوه بر توزیعی بودن آن، تقسیم هر پیکسل به ۴ کاربری اراضی مختلف مخازن آب، پوشش گیاهی، خاک لخت و قسمت نفوذناپذیر می‌باشد (۲) که غیریکنواختی کاربری اراضی در هر سلول که وابسته به قدرت تفکیک‌پذیری هر سلول شطرنجی

1- Water and Energy Transfer between Soil, Plants and Atmosphere under quasi-Steady State

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.14.8]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.146]

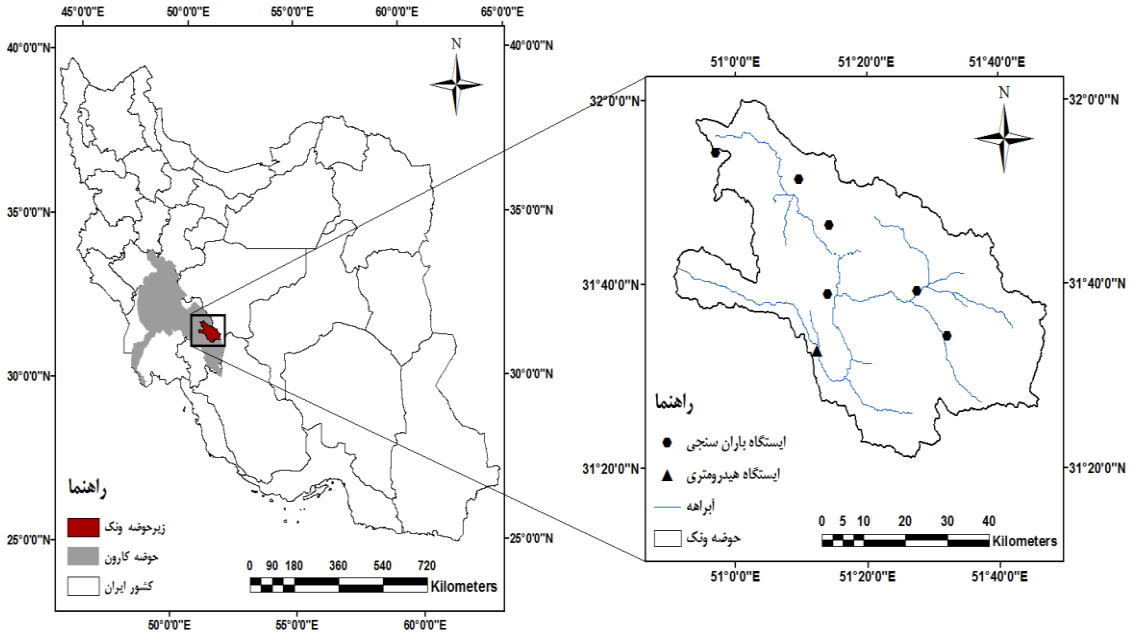
است را لحاظ می‌کند (۱۲). همچنین از آنجا که تغذیه آب زیرزمینی یک فرآیند نسبتاً آهسته است، در این مدل، جریان پایه ماهانه برای هر سلول بر اساس ذخیره‌سازی ماه قبل و تغذیه آب زیرزمینی در ماه فعلی قابل محاسبه می‌باشد (۳). عبدالهی (۲) روش و مدل اصلاح شده WetSpass-M را ارائه نمود که در آن مقیاس زمانی ماهانه به جای مقیاس زمانی فصلی و یک ضریب رواناب کلی با توانایی برآورد رواناب برای کلاس‌های کاربری اراضی مختلف معرفی گردید که عوامل مؤثر بر رواناب مانند کاربری اراضی، سطوح نفوذناپذیر، نوع خاک، عمق و شدت بارش و شیب را در نظر می‌گیرد (۲). این مدل با هدف شبیه‌سازی مؤلفه‌های بیلان آب در مناطق خشک و نیمه خشک توسعه یافته است. در تحقیقی سلیمانی مطلق (۲۲) بیلان آب زیرزمینی و سهم نسبی خشکسالی و بهره‌برداری بیش از حد در کسری بیلان آب در حوضه آبخیز سراب سیدعلی (الشتر) در ناحیه غربی کشور را با این مدل مورد بررسی قرار داد و اجزای بیلان آب شامل تغذیه آب زیرزمینی، برگاب، رواناب و تبخیر و تعرق واقعی را با مدل مذکور شبیه‌سازی نمود. سپس تغذیه برآورد شده با این مدل را به عنوان ورودی بسته تغذیه به مدل ModFlow[1] معرفی کرد. نتایج مدل WetSpass-M نشان داد که این مدل به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۸۲ و ۰/۸ و ضریب نش ساتکلیف ۰/۸ و ۰/۷۸ قادر به شبیه‌سازی جریان پایه و رواناب بود. هدف از این مطالعه ارزیابی توزیعی بیلان آب با استفاده از مدل WetSpass-M و برآورد جریان پایه و جریان کل در حوضه آبخیز ونک می‌باشد. حوضه مذکور در جنوب شرقی حوضه آبخیز کارون واقع شده است و به عنوان عرصه زهکش سرشاخه‌های حوضه کارون در حوضه آبخیز کارون شمالی محسوب می‌گردد (۷). همچنین تنوع بافت خاک، کاربری اراضی و شیب در حوضه آبخیز ونک زیاد است. با توجه به این‌که مدل WetSpass-M غیریکنواختی کاربری اراضی در هر سلول را در نظر می‌گیرد، در این مطالعه از مدل مذکور به منظور شبیه‌سازی جریان کل و جریان پایه حوضه استفاده شد. دلیل استفاده از مقیاس ماهانه برای بررسی بیلان آب در حوضه مورد مطالعه این است که اولاً همانند بسیاری از حوضه‌ها به خصوص در حوضه‌های کوهستانی، امکان دسترسی به برخی داده‌ها در مقیاس روزانه وجود ندارد، ثانیاً محاسبات کاربردی بیلان آب عموماً به مقیاس‌های ماهانه، فصلی و سالانه نیاز دارد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، حوضه آبخیز ونک است که با مساحت حدود ۳۰۷۳ کیلومتر مربع در جنوب شرقی حوضه کارون، در استان‌های چهارمحال و بختیاری و اصفهان و بین '۵۰ °۵۰ تا '۴۷ °۵۱ طول شرقی و '۲۱ °۳۱ تا '۰۱ °۳۲ عرض شمالی واقع شده است. شکل ۱ موقعیت این حوضه را در حوضه کارون و کشور ایران نشان می‌دهد. این حوضه، منطقه‌ای نسبتاً کوهستانی و با ارتفاع زیاد محسوب می‌شود. محدوده ارتفاعی این حوضه بین ۱۱۱۴ تا ۳۸۵۹ متر می‌باشد و دارای شیب‌های بسیار متنوع از اراضی مسطح تا شیب‌های بسیار تند بیش از ۶۰ درصد است. بافت خاک غالب در حوضه مذکور به صورت لوم شنی (حدود ۳۱ درصد) و عمده‌ترین کاربری اراضی به صورت جنگل نیمه انبوه (حدود ۲۶ درصد) می‌باشد. داده‌های مورد نیاز این تحقیق شامل نقشه بافت خاک، کاربری اراضی، شیب و مدل رقومی ارتفاع (DEM)[2] و داده‌های اقلیمی- هیدرولوژیکی شامل آمار ماهانه تبخیر از تشت، دما، بارش، سرعت باد در ارتفاع دو متر و عمق آب زیرزمینی می‌باشد که از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان چهارمحال و بختیاری، سازمان هواشناسی کشور، شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان چهارمحال و بختیاری و سازمان آب منطقه‌ای استان اصفهان تهیه گردید. در سامانه اطلاعات جغرافیایی ILWIS[3]، نقشه‌های مرز حوضه، زیرحوضه‌های آن، موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری و شبکه آبراهه‌ای حوضه تهیه شد (شکل ۱). در تشکیل سری زمانی آماری سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ برای دوره واسنجی و سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۴ برای دوره اعتبارسنجی مورد استفاده قرار گرفت. به دلیل خراب بودن ایستگاه هیدرومتری پل کره بس و در دسترس نبودن داده‌های ۹ ماه از سال ۲۰۱۱ و ۳ ماه از سال ۲۰۱۲، این داده‌ها از بین دوره آماری منتخب حذف شدند. مشخصات کلی ایستگاه‌های داخل و خارج حوضه آبخیز ونک در جدول ۱ ارائه شده است.

1- Modular three dimensional finite- difference groundwater flow
2- Digital Elevation Model
3- Integrated Land and Water Information System

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.14.8]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.146]



شکل ۱- موقعیت حوضه آبخیز ونک، ایستگاه‌های داخل حوضه و شبکه آبراهه‌ها

Figure 1. The location of the Vanak watershed, stations within watershed and the stream network

جدول ۱- مشخصات کلی ایستگاه‌های داخل و خارج حوضه ونک

Table 1. General specifications of the stations inside and outside the Vanak watershed

نام ایستگاه	عرض جغرافیایی		طول جغرافیایی		ارتفاع (متر)	نوع ایستگاه
	دقیقه	درجه	دقیقه	درجه		
گندمان	۵۱	۳۱	۰۹	۵۱	۲۲۶۹	باران‌سنجی/ تبخیرسنجی
سولگان	۳۸	۳۱	۱۴	۵۱	۲۱۵۹	باران‌سنجی/ تبخیرسنجی
کردشامی	۴۶	۳۱	۱۴	۵۱	۲۲۹۸	باران‌سنجی
آورگان	۵۴	۳۱	۵۷	۵۰	۲۳۸۰	تبخیرسنجی/ اقلیم‌شناسی
مالخلیفه	۱۷	۳۱	۱۵	۵۱	۱۷۷۶	اقلیم‌شناسی
آلونی	۳۳	۳۱	۰۳	۵۱	۱۸۶۵	باران‌سنجی
منج	۳۲	۳۱	۳۸	۵۰	۱۴۵۲	باران‌سنجی
مهرگرد	۳۴	۳۱	۳۲	۵۱	۲۴۵۰	باران‌سنجی/ تبخیرسنجی
تنگ زردآلو	۳۹	۳۱	۲۷	۵۱	۲۲۷۰	باران‌سنجی/ تبخیرسنجی
سمیرم	۰۹	۳۱	۴۲	۵۱	۲۲۷۴	هواشناسی
شهرکرد	۱۷	۳۲	۵۱	۵۰	۲۰۴۸/۹	هواشناسی/ سینوپتیک
لردگان	۳۱	۳۱	۴۹	۵۰	۱۵۸۰	هواشناسی/ سینوپتیک
بروجن	۵۷	۳۱	۱۸	۵۱	۲۱۹۷	هواشناسی/ سینوپتیک
کوهرنگ	۲۶	۳۲	۰۷	۵۰	۲۲۸۵	هواشناسی/ سینوپتیک
پل کره بس	۳۲	۳۱	۱۲	۵۱	۱۷۹۰	هیدرومتری

مدل توزیعی مورد استفاده در این مطالعه WetSpass-M می‌باشد که در سازمان مهندسی هیدرولوژی و هیدرولیک دانشگاه بروکسل برای پیش‌بینی انتقال آب و انرژی بین خاک، گیاه و جو تحت حالت شبه ماندگار تهیه شده است (۲۴،۱۱). این مدل توانایی شبیه‌سازی تغییرات طولانی مدت تولید آب‌های سطحی، تبخیر و تعرق و تغذیه آب‌های زیرزمینی را تحت تأثیر پوشش زمین، بافت خاک و نیروهای جو دارد (۲۵). نسخه اصلی مدل، در نرم‌افزار ArcView به صورت یک الحاقیه و در مقیاس زمانی فصلی و سالانه برای مناطق معتدل مرطوب نوشته شده بود. نسخه بعدی مدل با قابلیت شبیه‌سازی مؤلفه‌های اصلی بیلان آب در مقیاس زمانی ماهانه توسعه یافته است (۱). نسخه جدید این مدل به صورت مستقل از نرم‌افزار ArcView و به زبان آیرون- پایتون نوشته شده و قابلیت استفاده در مناطق خشک و نیمه خشک را دارد (۲). پارامترهای کاربری اراضی مدل به طور پیش‌فرض برای شرایط معتدل مانند بلژیک انتخاب و واسنجی شده است (۶). برای استفاده از این مدل در مناطق با اقلیم دیگر از جداول مراجعه‌ای اصلاح شده کاربری اراضی مدل استفاده می‌شود (۴). این مدل در یک سلول شطرنجی برای پوشش گیاهی، خاک لخت، مخازن آب و قسمت

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.14.8]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.146]

نفوذناپذیر بیلان آب را به صورت جداگانه محاسبه نموده و برای کل پیکسل با هم جمع می‌کند، این امر سبب می‌شود که غیریکنواختی کاربری اراضی در هر سلول نیز در نظر گرفته شود (۱۲). تبخیر و تعرق، رواناب سطحی و تغذیه آب زیرزمینی در هر سلول به صورت روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$ET_{RASTER} = a_v ET_v + a_S ET_S + a_o ET_o + a_i ET_i \quad (۱)$$

$$S_{RASTER} = a_v S_v + a_S S_S + a_o S_o + a_i S_i \quad (۲)$$

$$R_{RASTER} = a_v R_v + a_S R_S + a_o R_o + a_i R_i \quad (۳)$$

که در روابط بالا ET_{raster}، S_{raster} و R_{raster} به ترتیب نشان‌دهنده کل تبخیر و تعرق، رواناب سطحی و تغذیه آب زیرزمینی در یک سلول شطرنجی و بر حسب میلی‌متر هستند که هر یک مساحتی از پوشش گیاهی، خاک لخت، مخازن آب و سطح نفوذ ناپذیر را دارند که به ترتیب با a_v، a_s، a_o و a_i نشان داده شده‌اند (۳). معادله بیلان آب در مدل به صورت رابطه زیر می‌باشد:

$$P = I + S_V + T_V + R_V \quad (۴)$$

که در آن P مقدار بارش، I برگاب، S_v رواناب سطحی، T_v تبخیر و تعرق و R_v تغذیه آب زیرزمینی می‌باشند (۲). مقدار رواناب سطحی در این مدل به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$SR_m = C_{Sr} C_h (P_m - I_m) \quad (۵)$$

$$C_h = \frac{P_m}{LP(P_m^{\alpha} + ET_m^{\alpha})^{\frac{1}{\alpha}}} \qquad \text{if } ET_m > P_m \quad (۶)$$

$$C_h = 1 \qquad \text{if } ET_m \le P_m$$

$$C_{per} = W_1\left(\frac{0.02}{n}\right) + W_2\left(\frac{\theta_W}{1-\theta_W}\right) + W_3\left(\frac{S_p}{10+S_p}\right) \quad (۷)$$

$$C_{wp} = \left(1 - \frac{A_{Imp}}{100}\right) C_{per} + \frac{A_{Imp}}{100} C_{Imp} \quad (۸)$$

$$W_1 + W_2 + W_3 = 1 \quad (۹)$$

$$C_{sr} = \frac{C_{wp}\overline{P_{24}}}{C_{wp}\overline{P}_{24} - RCD \times C_{wp} + RCD} \quad (۱۰)$$

$$Q_{(t)} = XQ_{(t-1)} + 0.001(1-X)ASR_m \quad (۱۱)$$

که در روابط بالا، SR_m مقدار رواناب سطحی، P_m بارش و I_m برگاب ماهانه بر حسب میلی‌متر، C_{Sr} ضریب رواناب واقعی و بدون بعد و C_h ضریب بی‌بعد نشان‌دهنده وضعیت رطوبت خاک است (۹). با توجه به کمیاب بودن داده‌های رطوبت خاک در گام زمانی ماهانه، طبق رابطه ۶، C_h (بین صفر و یک) به روش اقتباس شده از تورک (۲۳) در مقیاس زمانی ماهانه به دست می‌آید (۱۹). ET_m نیز نشان‌دهنده تبخیر و تعرق پتانسیل بر حسب میلی‌متر در ماه، L_P ضریب واسنجی بی‌بعد اثر تبخیر و تعرق بر رواناب سطحی، α ضریب تبخیر و تعرق، C_{per} ضریب رواناب مناطق نفوذ پذیر، C_{Imp} ضریب رواناب بخش نفوذ ناپذیر، n ضریب زبری مانینگ، θ_W مقدار رطوبت حجمی خاک در نقطه پژمردگی، S_p شیب سطح زمین برحسب درصد، w_1، w_2 و w_3 وزن‌های سه مؤلفه تشکیل‌دهنده C_{per}، C_{wp} وزن ضریب رواناب پتانسیل، A_{Imp} درصد سطح نفوذ ناپذیر در هر پیکسل و $\overline{P_{24}}$ میانگین بارش روزانه می‌باشند. همچنین RCD سطح خشکی متوالی منطقه بر حسب میلی‌متر با مقداری بین محدوده ۱ (برای بارش بسیار سنگین و یا سیل آسا و بیش از ۱۰ روز بارانی متوالی در هر ماه) و ۱۰ (شدت بارندگی کم و تعداد روز بارانی کمتر از ۲ روز در هر ماه) برای مدل تعریف شده است. در رابطه ۱۱ نیز، X عامل تأخیر (بین صفر و یک)، $Q_{(t-1)}$ رواناب حجمی ماه قبل بر حسب مترمکعب در ماه به ماه جاری اضافه شده و A مساحت بر حسب مترمربع می‌باشد. مدل WetSpass-M از تبخیر پتانسیل در مقیاس زمانی ماهانه و ضرایب پوشش گیاهی برای برآورد تبخیر و تعرق واقعی استفاده می‌کند. در این مدل، تغذیه ماهانه R_m بر حسب میلی‌متر در ماه به عنوان باقی‌مانده بیلان آب محاسبه می‌شود (۳). جریان پایه ماهانه برای هر سلول بر اساس ذخیره‌سازی ماه قبل و تغذیه آب زیرزمینی در ماه در نظر گرفته شده، طبق رابطه ۱۳ محاسبه می‌شود (۳).

$$R_m = P_m - SR_m - ET_m \quad (۱۲)$$

$$Q_{b(t)} = \beta Q_{b(t-1)} + 0.001 N_m (1-\beta) \emptyset R_m \quad (۱۳)$$

$$\emptyset = \frac{1.15A}{k} \quad (۱۴)$$

β پارامتر ذخیره‌سازی (بین صفر و یک)، $Q_{b(t-1)}$ جریان پایه از ماه قبل بر حسب مترمکعب در ماه، N_m تعداد روزهای هر ماه، $\emptyset$ پارامتر مشارکت‌کننده در تغذیه برای جریان پایه فعلی بر حسب مترمربع در روز، A مساحت پیکسل بر حسب مترمربع و k شاخص خشکیدگی بر حسب روز می‌باشند (۸).

برای اجرای مدل ابتدا باید نقشه رقومی ارتفاع، شیب، بافت خاک و کاربری اراضی، سری زمانی نقشه‌های هم‌بارش، هم‌دما، تبخیر پتانسیل، نقشه‌های هم میزان سرعت باد و تراز عمق آب زیرزمینی منطقه تهیه گردد. از آنجا که حوضه مورد مطالعه در منطقه‌ای نسبتاً کوهستانی واقع شده و رواناب ناشی از ذوب برف بسیار حائز اهمیت است، نقشه‌های پوشش سطح برف نیز لازم است. در این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار ILWIS نقشه‌های مذکور تهیه شد و برای تهیه نقشه‌های پوشش سطح برف از روش خط هم‌دمای صفر به عنوان خط برف (در صورت وجود بارش) استفاده گردید. برای تهیه نقشه‌های بارش و عمق آب زیرزمینی و تعمیم داده‌های نقطه‌ای هر ایستگاه به مساحت حوضه، از روش کریجینگ ساده و برای تهیه نقشه‌های دما و تبخیر پتانسیل از رابطه همبستگی بین دما و ارتفاع و تبخیر و ارتفاع استفاده گردید. در تهیه نقشه‌های هم میزان سرعت باد نیز از داده‌های ایستگاه لردگان استفاده شد و توزیع مکانی سرعت باد به علت در دسترس نبودن داده‌های نقطه‌ای دیگر در نظر گرفته نشد. همچنین تصاویر شاخص سطح برگ با فرمت HDF از سایت مودیس اخذ شد. سپس به ازای هر ماه یک نقشه شاخص

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.14.8]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.146]

سطح برگ تهیه و در پوشه ورودی مدل قرار داده شد. در این پژوهش در مورد رواناب ناشی از ذوب برف نقشه پوشش سطح برف با استفاده از روش شاخص دما، نقشه مدل رقومی ارتفاع و نقشه هم‌دما برای هر ماه در نرم‌افزار سیستم اطلاعات جامع آب و زمین ILWIS تهیه گردید. به منظور بررسی عملکرد مدل از ضریب تبیین وضریب کارایی نش- ساتکلیف (۱۷) استفاده شد. ضریب تبیین، توانایی برازش خطی بین مقادیر مشاهداتی وشبیه‌سازی شده را نشان می‌دهد و به صورت درصد بیان می‌گردد. ضریب نش- ساتکلیف نیز نشان‌دهنده اختلاف نسبی بین مقادیر مشاهداتی تفکیک شده و مقادیر شبیه‌سازی شده است و محدوده تغییرات آن ازمنفی بی‌نهایت تا یک می‌باشد که مقدار یک عملکرد مناسب مدل را نشان می‌دهد (۱۶).

$$ENS = 1 - \frac{\sum (Q_{obs} - Q_{sim})^2}{\sum (Q_{obs} - \overline{Q_{obs}})^2} \times 100 \qquad (۱۵)$$

$$R^2 = \left(\frac{\sum(Q_{obs} - \overline{Q_{obs}})^2 - \sum(Q_{sim} - \overline{Q_{sim}})^2}{\sum(Q_{obs} - \overline{Q_{obs}})^2}\right. \qquad (۱۶)$$

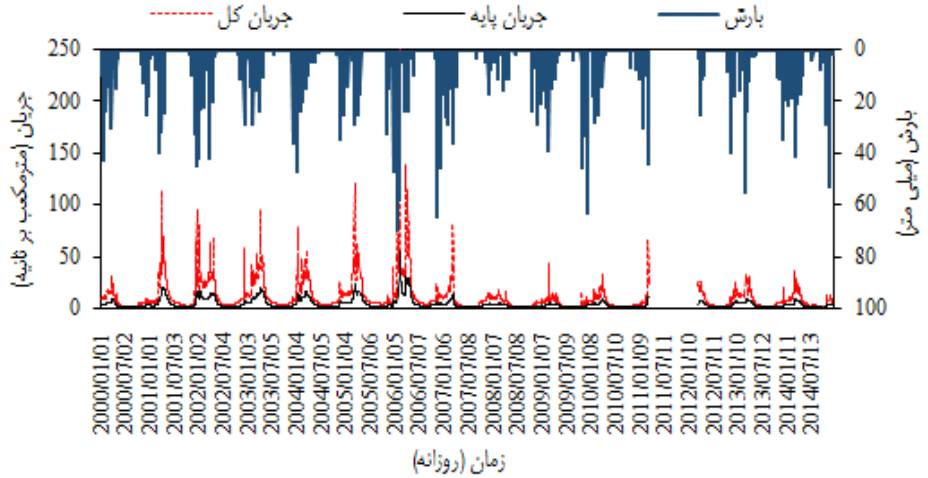
در روابط فوق ENS، R^2، Q_{obs}، Q_{sim} و $\overline{Q_{Obs}}$ $\overline{Q_{sim}}$ به ترتیب نشان‌دهنده ضریب کارایی نش- ساتکلیف، ضریب تبیین، جریان مشاهداتی، جریان شبیه‌سازی شده، میانگین جریان شبیه‌سازی شده و میانگین جریان مشاهداتی می‌باشند. در این تحقیق، با استفاده از نرم‌افزار WHAT[1] و روش فیلتر دیجیتال بازگشتی مقدار جریان پایه از داده‌های دبی روزانه مشاهداتی تفکیک شد. معادله این روش در رابطه زیر ارائه شده است (۱۳).

$$q_t = \frac{(1 - BFI_{max})\alpha \times q_{t-1} + (1 - \alpha)BFI_{max}Q_t}{1 - \alpha BFI_{max}} \qquad (۱۷)$$

که در آن، q_t جریان پایه فیلتر شده در زمان t، q_{t-1} جریان پایه فیلتر شده در زمان t-1 و Q_t جریان کل در زمان t همگی بر حسب مترمکعب بر ثانیه، α ثابت منحنی فرود و BFI_{max} حداکثر مقدار شاخص جریان پایه می‌باشد. این فیلتر تا حدودی ویژگی‌های هیدرولوژیک جریان و حوضه را در نظر می‌گیرد (۱۳). در این روش باید دو پارامتر تعیین شود، ثابت منحنی فرود که مربوط به حوضه آبخیز است و حداکثر مقدار شاخص جریان پایه که قابل اندازه‌گیری نیست ولی با انطباق نتایج روش‌های دیگر بهینه‌سازی شده است. در این تحقیق مقادیر α و BFI_{max} به ترتیب برابر با ۰/۷۵ و ۰/۳۶ انتخاب شدند.

نتایج و بحث

نمودار تفکیک جریان پایه از دبی کل در شکل ۲ نشان داده شده که برای دوره آماری منتخب این تحقیق سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ می‌باشد، اما تاریخ ۲۰۱۱/۳/۲۱ تا ۲۰۱۲/۳/۱۹ به دلیل عدم دسترسی به آمار ایستگاه هیدرومتری پل کره بس، از دوره آماری حذف گردید. واسنجی مدل بر اساس پارامترهای برگاب (a)، تبخیر و تعرق (ضریب α)، رواناب سطحی (ضریب LP) و فاکتور ذوب برف (MF)[2] به صورت دستی و با در نظر گرفتن ضریب نش- ساتکلیف به عنوان تابع هدف انجام شد. سپس مقادیر بهینه پارامترها با استفاده از روش سعی و خطا تعیین شد به طوری که با تغییر دادن مقادیر پارامترها، اجرای مدل تا جایی ادامه می‌یابد که مقادیر پارامترهای حوضه به مقادیر بهینه خود نزدیک‌تر شوند. در این تحقیق مقادیر بهینه ضرایب a، α و LP و MF به ترتیب ۲/۵، ۰/۸، ۲/۸ و ۰/۰۲ به دست آمد.



شکل ۲- هیدروگراف تفکیک جریان پایه روزانه از جریان کل
Figure 2. Separating daily base flow from the total flow

1- Web-based Hydrograph Analysis Tool
2- Melt Factor

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.14.8]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.146]

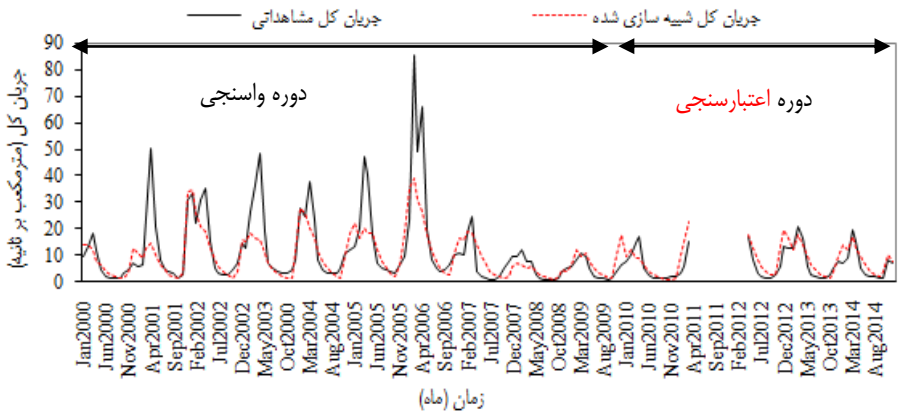
نتایج بررسی دقت مدل در شبیه‌سازی جریان پایه و جریان کل حوضه آبخیز ونک، با استفاده از ضریب کارایی نش- ساتکلیف و ضریب تبیین در جدول ۲ ارائه شده است. ضریب کارایی نش- ساتکلیف و ضریب تبیین جریان کل در دوره واسنجی به ترتیب ۰/۵۷ و ۰/۶۳ و در دوره اعتبارسنجی به ترتیب ۰/۵۶ و ۰/۶۹ می‌باشد. ضریب کارایی نش- ساتکلیف و ضریب تبیین جریان پایه نیز در دوره واسنجی به ترتیب ۰/۵۲ و ۰/۶۲ و در دوره اعتبارسنجی به ترتیب ۰/۵۲ و ۰/۶۱ می‌باشد که نشان می‌دهد مدل با دقت قابل قبولی جریان کل و جریان پایه حوضه را شبیه‌سازی می‌کند. نتایج این تحقیق با مطالعه سلیمانی مطلق (۲۲) در حوضه آبخیز سراب سیدعلی (الشتر) هم‌خوانی دارد. در این تحقیق نیز تغذیه آب زیرزمینی، برگاب، رواناب و تبخیر و تعرق واقعی با مدل WetSpass-M شبیه‌سازی شد و ضریب نش ساتکلیف ۰/۸ و ۰/۷۸ به ترتیب نشان‌دهنده دقت بالای مدل در شبیه‌سازی جریان پایه و رواناب بود.

جدول ۲- معیارهای آماری نکویی برازش برای دوره‌های واسنجی و اعتبارسنجی

Table 2. Fitness statistical criteria for calibration and validation periods

دوره	پارامتر	ENS	R^2
واسنجی	جریان کل	۰/۵۷	۰/۶۳
	جریان پایه	۰/۵۲	۰/۶۲
اعتبارسنجی	جریان کل	۰/۵۶	۰/۶۹
	جریان پایه	۰/۵۲	۰/۶۱

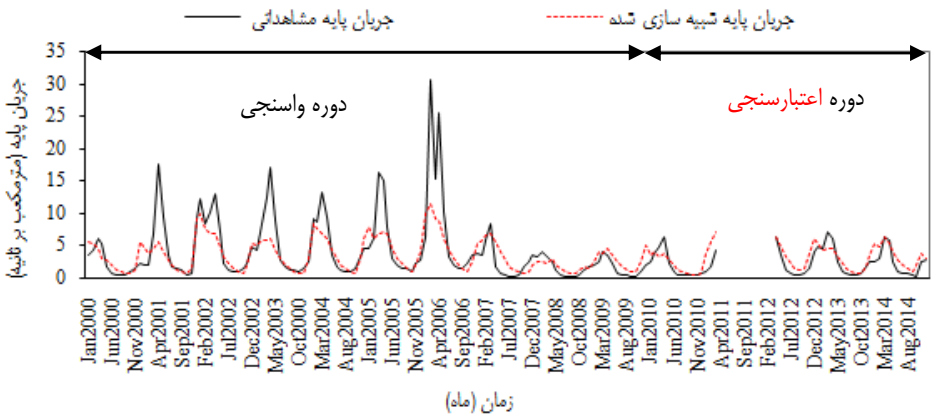
شکل ۳ هیدروگراف جریان کل مشاهداتی و شبیه‌سازی شده و شکل ۴ هیدروگراف جریان پایه مشاهداتی و شبیه‌سازی شده توسط مدل را در حوضه آبخیز ونک برای دوره واسنجی ۲۰۰۹-۲۰۰۰ و اعتبارسنجی ۲۰۱۴-۲۰۱۰ نشان می‌دهند. طبق این شکل‌ها، مقدار خطا در ماه‌های آوریل و مارس نسبتاً زیاد است و مقدار جریان شبیه‌سازی شده با اختلاف زیادی از مقدار جریان مشاهداتی بیش‌تر می‌باشد. در این ماه‌ها با گرم شدن هوا و ذوب شدن برف مقدار جریان پایه و جریان کل افزایش یافته است و به نظر می‌رسد اثر رواناب حاصل از ذوب برف در این عدم تطبیق دخالت داشته است. با وجود عملکرد ضعیف مدل در برآورد نقاط پیک هیدروگراف، زمان رسیدن به اوج هیدروگراف در دوره واسنجی که در ماه فوریه سال ۲۰۰۶ می‌باشد توسط مدل به خوبی شبیه‌سازی شده است. همچنین طبق شکل مدل، جریان‌های با مقدار زیاد را نتوانسته به خوبی شبیه‌سازی کند ولی عملکرد آن در شبیه‌سازی جریان‌های با مقدار کم تا متوسط خوب بوده است. از طرفی همان‌طور که در این شکل‌ها مشاهده می‌شود، مدل در دوره واسنجی مقدار جریان کل و جریان پایه را در بیش‌تر ماه‌ها کمتر از مقدار واقعی آن شبیه‌سازی نموده در حالی که مدل در دوره اعتبارسنجی در بیش‌تر ماه‌ها دارای خطای بیش برآوردی می‌باشد. دلیل این امر را شاید بتوان این‌طور بیان کرد که مقدار جریان کل و جریان پایه در دوره اعتبارسنجی نسبت به دوره واسنجی کاهش یافته است، بنابراین با توجه به این نکته که پارامترهای مدل بر اساس شرایط موجود در دوره واسنجی کالیبره شده است، در دوره اعتبارسنجی مقادیر رواناب و جریان پایه بیش‌تر از مقدار واقعی شبیه‌سازی شده است. در مجموع دقت مدل در شبیه‌سازی جریان کل و جریان پایه حوضه مورد مطالعه مناسب و قابل قبول بوده است.



شکل ۳- هیدروگراف جریان کل مشاهداتی و شبیه‌سازی شده (۲۰۱۴-۲۰۰۰)

Figure 3. The observation and simulation of total flow hydrograph (2000-2014)

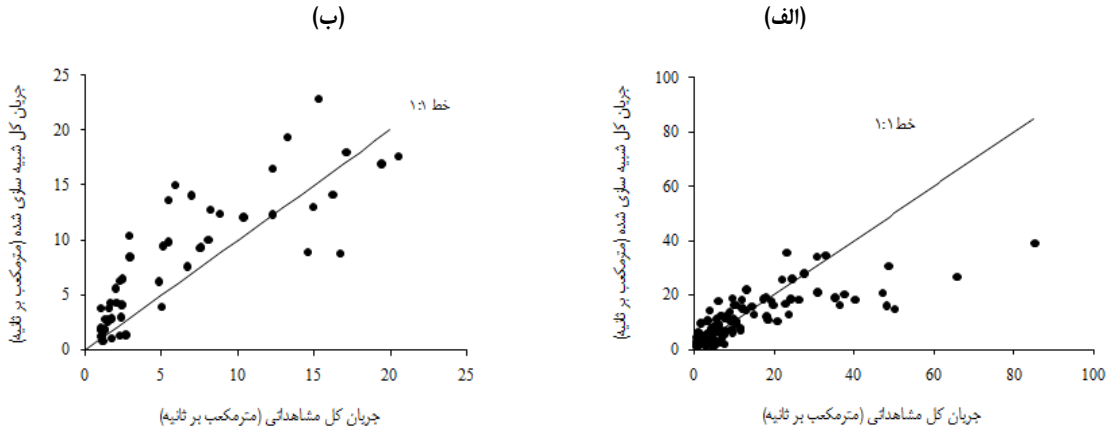
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.14.8]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.146]



شکل۴- هیدروگراف جریان پایه مشاهداتی و شبیه‌سازی شده (۲۰۱۴-۲۰۰۰)

Figure 4. The observation and simulation of base flow hydrograph (2000-2014)

در شکل ۵ پراکنش نقاط جریان کل مشاهداتی در مقابل جریان کل شبیه‌سازی شده مشاهده می‌شود. طبق این شکل در دوره واسنجی، عملکرد مدل در شبیه‌سازی جریان‌های کمتر از ۱۰ مترمکعب بر ثانیه نسبتاً خوب بوده است و نقاط به نیمساز ۴۵ درجه بسیار نزدیک هستند. برای جریان‌های ۱۰ تا ۳۰ مترمکعب بر ثانیه نیز پراکندگی نقاط نسبت به خط ۱:۱ کم است ولی برای جریان‌های بیش‌تر از ۳۰ مترمکعب بر ثانیه پراکندگی نقاط زیاد است. این نشان می‌دهد که شبیه‌سازی جریان‌های با مقدار زیاد و سیلابی توسط مدل به خوبی صورت نگرفته است. از طرفی مشاهده می‌شود که مدل مقدار جریان‌های بیش‌تر از ۳۵ مترمکعب بر ثانیه را کم‌تر از مقدار تفکیک شده برآورد می‌کند. همان‌طور که قبلاً نیز توضیح داده شد این مسئله می‌تواند به دلیل شبیه‌سازی ضعیف اثر رواناب حاصل از ذوب برف یا مکانیزم ترکیبی بارش جامد و مایع باشد که در ساختار مدل دیده نشده است. در دوره اعتبارسنجی، بیش‌تر نقاط بالای نیمساز ۴۵ درجه قرار گرفته‌اند و همان‌طور که در شکل ۳ نیز مشاهده شد، مدل در این دوره خطای بیش برآوردی داشته است.

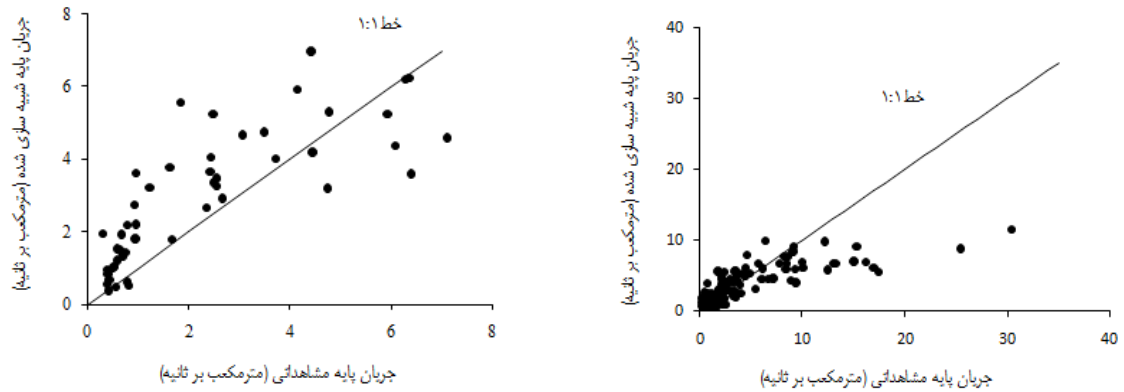


شکل ۵- پراکنش نقاط جریان کل ماهانه مشاهداتی در مقابل جریان کل شبیه‌سازی شده در (الف) دوره واسنجی ۲۰۰۹-۲۰۰۰ (ب) دوره اعتبارسنجی ۲۰۱۴-۲۰۱۰

Figure 5. Distribution of observation points for monthly total flow against simulated values during in (a) calibration period (2000-2009) (b) validation period (2010-2014)

شکل ۶ نیز پراکنش نقاط جریان پایه تفکیک شده در مقابل جریان پایه شبیه‌سازی شده را نشان می‌دهد. در دوره واسنجی، عملکرد مدل در شبیه‌سازی جریان‌های کمتر از ۱۰ مترمکعب بر ثانیه بسیار خوب بوده است ولی جریان‌های بیش‌تر از ۱۰ مترمکعب بر ثانیه توسط مدل کم‌تر از مقدار جریان پایه تفکیک شده، برآورد شده‌اند. مقادیر جریان پایه در دوره اعتبارسنجی نیز مانند مقادیر جریان کل در بیش‌تر ماه‌ها، بیش‌تر از مقادیر واقعی خود شبیه‌سازی شده‌اند. همان‌طور که در قسمت قبل نیز توضیح داده شد، این مسئله می‌تواند به دلیل کاهش چشمگیر جریان کل و جریان پایه مشاهداتی در دوره اعتبارسنجی نسبت به دوره واسنجی باشد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.14.8]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.146]



شکل ۶- پراکنش نقاط جریان پایه ماهانه تفکیک شده در مقابل جریان پایه شبیه‌سازی شده در (الف) دوره واسنجی ۲۰۰۹-۲۰۰۰ (ب) دوره اعتبارسنجی ۲۰۱۴-۲۰۱۰

Figure 6. Distribution of observation points for monthly base flow against simulated values during in(a) calibration period (2000-2009) (b) validation period (2010-2014)

نتایج برآورد سالانه مؤلفه‌های بیلان آب به صورت درصدی از بارش در جدول ۳ ارائه شده است. به طور متوسط بیش‌ترین و کم‌ترین سهم از بارش، به ترتیب مربوط به تغذیه پتانسیل آب زیرزمینی (تغذیه آب زیرزمینی، رطوبت خاک و جریان‌های زیرقشری) و برگاب می‌باشد. همچنین بیش‌ترین مقدار خطای محاسبه بیلان آب در سال ۲۰۰۰ مشاهده می‌شود. تغییرات ذخیره آب در حوضه نیز که شامل اختلاف مقدار ذخیره آب سال جاری و ذخیره آب سال قبل می‌باشد، در این جدول مشاهده می‌شود. به طور مثال در سال ۲۰۰۲ درصد تغییرات ذخیره آب در حوضه ۶/۳٪ می‌باشد به این معنی که در این سال ۶/۳٪ از بارش صرف تغییرات رطوبتی خاک می‌گردد.

جدول ۳- درصد هر یک از مؤلفه‌های بیلان آب نسبت به میزان بارش سالانه در حوضه مورد مطالعه

Table 3. Percentage of water balance components relative to annual Rainfallin the studied watershed

سال	بارش (میلی‌متر)	تبخیر- تعرق واقعی (٪)	رواناب (٪)	برگاب (٪)	تغذیه آب زیرزمینی (٪)	خطای بیلان (٪)	تغییرات ذخیره آب در حوضه (٪)
۲۰۰۰	۳۷۳/۱	۲۱	۲۱/۱	۰/۵	۶۲/۲	-۴/۸	۷/۶
۲۰۰۱	۶۰۷/۸	۲۹	۲۲/۵	۰/۹	۴۹/۲	-۱/۶	۳/۴
۲۰۰۲	۴۹۰/۲	۲۴/۷	۲۰/۲	۰/۸	۵۵/۲	-۰/۹	۶/۳
۲۰۰۳	۴۴۲/۹	۳۳	۱۹	۱/۱	۴۷/۷	-۰/۸	۳/۳
۲۰۰۴	۶۲۰/۹	۲۱/۱	۲۲/۳	۰/۶	۵۷	-۱	۶/۴
۲۰۰۵	۶۲۰/۸	۳۰/۳	۲۱/۷	۰/۸	۴۸	-۰/۸	۱/۳
۲۰۰۶	۷۳۷/۸	۱۹/۵	۲۳/۸	۰/۸	۵۶/۸	-۰/۹	۶/۴
۲۰۰۷	۳۴۹/۴	۲۴/۶	۱۸/۸	۰/۷	۵۶/۶	-۰/۷	۱/۳
۲۰۰۸	۲۳۲/۱	۳۵	۱۳/۳	۱/۹	۵۰/۷	-۰/۹	۱۶/۹
۲۰۰۹	۴۹۶/۵	۲۹/۹	۱۹/۷	۱/۳	۴۹/۹	-۰/۸	۱/۷
۲۰۱۰	۲۲۳/۶	۳۶/۸	۱۵/۶	۱/۸	۴۷	-۱/۲	۱۵/۴
۲۰۱۳	۳۷۶/۵	۳۵	۱۸/۳	۱/۶	۴۶/۲	-۱/۱	۲/۶
۲۰۱۴	۴۲۶/۶	۲۲/۷	۱۸	۱/۵	۵۸/۳	-۰/۵	۹/۹
متوسط بلندمدت	۴۶۱/۴	۲۷/۹	۱۹/۶	۱/۱	۵۲/۷	-۱/۲	۶/۴

در این مطالعه، نتایج مربوط به برآورد مؤلفه‌های بیلان آب توسط مدل WetSpass در حوضه ونک بررسی گردید و نتایج ضمن نمایش تغییرات مکانی عوامل هیدرولوژیکی نشان داد که بیش‌ترین سهم از متوسط مکانی بارش به شکل جامد و مایع با مقدار سالانه ۴۶۱ میلی‌متری در حوضه مربوط به تغذیه پتانسیل آب زیرزمینی (تغذیه آب زیرزمینی، رطوبت خاک و جریان‌های زیرقشری) با مقدار حدود ۲۴۴ میلی‌متر و بعد از آن تبخیر- تعرق واقعی (برگاب، تعرق از گیاه و تبخیر از سطح خاک) و رواناب به ترتیب با مقادیر حدود ۱۲۹ و ۹۴ میلی‌متر بوده است. نتایج مربوط به عملکرد مدل نیز نشان داد که بر اساس مقدار ضریب کارایی نش- ساتکلیف ۰/۵۷ و ۰/۵۲ و ضریب تبیین ۰/۶۳ و ۰/۶۲ به ترتیب برای جریان کل و جریان پایه در دوره واسنجی و ضریب نش- ساتکلیف ۰/۵۶ و ۰/۵۲ و ضریب تبیین ۰/۶۹ و ۰/۶۱ به ترتیب برای جریان کل و جریان پایه در دوره اعتبارسنجی، دقت شبیه‌سازی مدل قابل قبول می‌باشد. مقایسه هیدروگراف‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده نشان می‌دهد که عملکرد مدل در شبیه‌سازی جریان کل، اندکی بهتر از جریان پایه بوده که شاید تا حدی عملکرد بهتر جریان کل نسبت به جریان پایه به خطای روش‌های تفکیک جریان پایه از جریان کل مربوط باشد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که کاهش چشمگیر جریان کل و جریان پایه در دوره اعتبارسنجی نسبت

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.14.8]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.146]

به دوره واسنجی مدل با توجه به شرایط حوضه در دوره واسنجی، سبب ایجاد خطای بیش برآوردی مدل در برآورد جریان کل و جریان پایه حوضه مورد مطالعه در دوره اعتبارسنجی شده است. بررسی مدل در شرایط شبیه‌سازی جریان‌های با مقادیر کم نشان می‌دهد که مدل در این دامنه دبی عملکرد بسیار خوبی داشته اما جریان‌های با مقادیر زیاد و سیلابی را به خوبی شبیه‌سازی نکرده است. نقاط پیک هیدروگراف یا مقادیر زیاد جریان مشاهداتی در ماه‌های مارس و آوریل است. دلیل افزایش مقدار جریان در این ماه‌ها گرم شدن هوا و به دنبال آن ذوب شدن برف و ایجاد رواناب ناشی از ذوب برف می‌باشد. حوضه آبخیز ونک در منطقه‌ای نسبتاً کوهستانی واقع شده است و بارش در این منطقه عمدتاً به صورت برف است. بنابراین اهمیت رواناب ناشی از ذوب برف در این حوضه درخور توجه است.

منابع

1. Abdollahi, Kh., I. Bashir and O. Batelaan. 2012. WetSpass graphical user interface. Version 31-05-2012. Vrije Universiteit Brussel. Department of Hydrology and Hydraulic Engineering, 10 pp.
2. Abdollahi, Kh. 2015. Basin scale water balance modelling for variable hydrological regimes and temporal scales. Ph.D. Thesis, Vrije Universiteit Brusel, Brusel, Belgium, 176 pp.
3. Abdollahi, Kh., I. Bashir, B. Verbeiren, M.R. Harouna, A.V. Griensven, M. Husmans and O. Batelaan. 2017. A distributed monthly water balance model: formulation and application on Black Volta Basin. Environmental Earth Science, 76: 1-18.
4. Abu-Saleem, A., Y. Al-Zubi, O. Rimawi, J. Al-Zubi and N. Alouran. 2010. Estimation of water balance components in the Hasa basin with GIS based WetSpass model. Journal of Agronomy, 9: 119-125.
5. Ahmadnejad, A.R., S.H. Golmaei and M.Z. Ahmadi. 2010. Simulation Rainfall-Runoff Processes and Water Balance Components in Rivers Basin (Case Study: Korkorsar River Basin). Journal of Watershed Management Research, 1: 74-87 (In Persian).
6. Al Kuisi, M. and A. El-Naqa. 2013. GIS based spatial groundwater recharge estimation in the Jafr basin, Jordan- Application of WetSpass models for arid regions. Revista Mexicana de Ciencias Geologicas, 30: 96-109.
7. Anonymous. 2003. A Feasibility and Management Study on Renewable Resources of Vanak Basin.Agriculture and Regional DevelopmentConsulting Engineers (In Persian).
8. Arnold, J.G. and P.M. Allen. 1999. Automated methods for estimating baseflow and ground water recharge from streamflow records. Journal of the American Water Resources Association, 35: 411-424.
9. Bahremand, A., F. De Smedt, J. Corluy, Y.B. Liu, J. Poorova, L. Velcicka and E. Kunikova. 2007. WetSpa model application for assessing reforestation impacts on floods in Margecany-Hornad Watershed, Slovakia. Water Resources Management, 21: 1373-1391.
10. Barkhordary, J. 2015. Evaluation of a distributed monthly water balance model to determine catchment runoff in arid region using RS and GIS (A case study in Yazd-Ardakan basin). Watershed Management Research (Pajouhesh and Sazandegi), 105: 16-26 (In Persian).
11. Batelaan, O., Z.M. Wang and F. De Smedt. 1996. An adaptive GIS toolbox for hydrological modeling. International Association of Hydrological Sciences Publications-Series of Proceedings and Reports-Intern Assoc Hydrological Sciences, 235: 3-10.
12. Batelaan, O. and F. De Smedt. 2001. WetSpass: a flexible, GIS based, distributed recharge methodology for regional ground water modeling. International Association of Hydrological Sciences Publication, 269: 11-18.
13. Eckhardt, K. 2008. A comparison of baseflow indices, which were calculated with seven different baseflow separation methods. Journal of Hydrology, 352: 168-173.
14. Hasani, M., A. Malekian, M. Rahimi, M. Samee and M.R. Khamoushi. 2012. Study of efficiency of various base flow separation methods in arid and semi-arid rivers (Case study: Hablehroud basin). Arid Biome Scientific and Research Journal, 2: 10-22 (In Persian).
15. Khalighi Sigaroudi, Sh., S.A. Sadeghi Sangdehi, Kh. Awsati and Y. GHavidel Rahimi. 2009. The study of Drought and Wet Yearn Assessment models for Stations in Mazandaran province. Iranian Journal of Range and Desert Research, 16: 44-54 (In Persian).
16. Mathevet, T., C. Michel, V. Andreassian and C. Perrin. 2006. A bounded version of the Nash-Sutcliffe criterion for better model assessment on large sets of basins. Large sample basin experiments for hydrological model parameterization: Results of the model parameter experiment- MOPEX. International Association of Hydrological Sciences Publication, 307: 211-219.
17. Nash, J.E. and J.V. Sutcliffe. 1979. River flow forecasting through conceptual models 1: a discussion of principles. Journal of Hydrology, 10: 282-290.
18. Neitsch, S.L., J.G. Arnold, J.R. Kiniry and J.R. Williams. 2005. Soil and Water Assessment Tools Theoretical Documentation Version 2005. Blackland Research Center, Texas Agricultural Experiment Station, USA. 476 pp.
19. Pistocchi, A., F. Bouraoui and M. Bittelli. 2008. A simplified parameterization of the monthly topsoil water budget. Water Resources Research, 44: 1-21.
20. Shafiei, M., H. Ansari, K. Davari and B. Ghahraman. 2013. Calibration and Uncertainty Analysis of a Semi-Distributed Model in a Semi-Arid Region, Case Study: Nishabour Watershed. Journal of Water and Soil Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources), 17: 137-148 (In Persian).
21. Sheikh, V., A. Hezbi and A. Bahremand. 2015. Distributed Dynamic Modeling of Water Balance in the Chehelchai Watershed within A GIS Environment. Journal of Watershed Management Research, 6: 29-42 (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.14.8]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.146]

22. Soleimani Motlagh, M. 2017. Evaluation of Groundwater Budget with Emphasis on the Separation of Deficit Caused by Drought and Overexploitation of Aquifer (Case study:Alashtar Plain). Ph.D Thesis, University of Kashan, Kashan, Iran, 250 pp (In Persian).
23. Turc, L. 1955. Le bilan de laue des sols: Relations entre les precipitations, levaporation et lecoulement. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris.
24. Wang, Z.M., O. Batelaan and F. De Smedt. 1997. A distributed model for water and energy transfer between soil, plants and atmosphere (WetSpa). Physics and Chemistry of the Earth, 21(3): 189-193.
25. Wang, Y., W. Liao, Y. Ding, X. Wang, Y. Jiang, X. Song and X. Lei. 2015. Water resource spatiotemporal pattern evaluation of the upstream Yangtze River corresponding to climate changes. Quaternary International, 380: 187-196.
26. Yaghoubi, F. and A.R. Bahremand. 2011. Streamflow Simulation using Spatially Distributed Hydrologic Model, WetSpa in Chehel-Chai Watershed in Golestan Province. Journal of Water and Soil Conservation, 18: 185-206 (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.14.8]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.146]

Investigation of a Monthly Water Balance and Valuemetric Estimation of the Filtered Base -Flow and Total Flow in Vanak Watershed

Samira Bayati[1], Mohammad Ali Nasr Esfahani[2] and Khodayar Abdollahi[3]

1 and 3- Graduted M.Sc. Student and Assistant Professor, Shahrekord University
2- Assistant Professor, Shahrekord University, (Corresponding author: mnasr@agr.sku.ac.ir)
Received: January 3, 2018 Accepted: April 19, 2018

Abstract

Base-flow can be considered as a part of stream-flow which is connected to discharged flow from aquifers. Due to high variations in rainfall values and other hydrological components in arid and semi-arid areas, watershed scale simulation of the flow is very important. Hydrological models are generally employed as an appropriate tool in this field of study. This work makes uses of use a distributed model called WetSpass-M to investigate water balance and estimate the total flow for Vanak watershed. This model was developed with the aim of simulating water balance in arid and semi-arid regions. Since the model focuses on spatial variations of hydrological components for a desired watershed, all inputs of this model are in the form of raster maps with an ascii format. The temporal resolution for grid inputs was set on a monthly scale except the number of rainy days. The performance of the model for total flow was measured with the Nash-Sutcliff coefficient, the values of 0.57 and 0.56 in both calibration and validation periods were obtained respectively. It also shows an efficiency coefficient of 0.52 for simulated baseflow in both periods. Thus the model result could be regard as an acceptable accuracy for both total flow and base-flow for Vanak watershed. Also a visual comparison of observed and simulated hydrograph demonstrated that model performed better in the case of total flow than filtered base-flow. The other conclusion that we draw from this visualization was low flows simulation were simulated slightly better than high flows. Additionally the results of simulation of water balance components in the study area has demonstrated that the highest portion of annual rainfall in water balance components of the watershed belongs to groundwater recharge.

Keywords: Spatial simulation model,Sub-surface flow, Rainfall-Runoff, WetSpass-M

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.18.14.8]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.18.146]