شبیه سازی فرآیند بارش- رواناب و مؤلفه های بیلان آب در حوزه آبخیز رودخانه ها (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کورکورسر)

ا. ر. احمدنژاد[۱]، س. ح. گلمائی[۲] و م. ض. احمدی[۳]

چکیده

فرآیند بارش-رواناب هر حوزه آبریز، به طور عمده تحت تأثیر شرایط هیدرولوژیکی، ژئومورفولوژی و اقلیم منطقه است. میزان، توزیع و نوع بارش، پوشش گیاهی، خصوصیات فرآیند تجمع و ذوب برف، خصوصیات لایه خاک و سازندهای زمین‌شناسی از عمده عواملی هستند که میزان رواناب و مؤلفه‌های بیلان آب حوزه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. یکی از عمومی‌ترین روش‌ها برای شناخت فرآیند بارش-رواناب، شبیه‌سازی آن با استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی و تجزیه و تحلیل نتایج حاصله است. در این مطالعه سعی شده است با استفاده از مدل BROOK90، فرآیند بارش- رواناب حوزه، چگونگی تجمع و ذوب برف و همچنین مؤلفه های بیلان آب حوزه آبریز کورکورسر شبیه‌سازی شده و مورد واسنجی قرار گیرد و سپس تأثیر شرایط هیدرولوژیک و همچنین تأثیر تغییرات آب و هوایی بر فرآیند بارش-رواناب حوزه و مؤلفه‌های بیلان آب، بررسی و تجزیه و تحلیل گردد.

واژه‌های کلیدی: شبیه‌سازی، بارش- رواناب، بیلان آب، حوزه آبریز، مدل

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- دانشیار دانشکده مهندسی زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳- استاد دانشکده مهندسی زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

مقدمه

مدل، الگویی ریاضی یا فیزیکی است که فرآیند رفتار آن، فرآیند سیستم دیگری را به نام موضوع مدل نمایان می‌سازد. به طور کلی می‌توان در زمان‌های مختلف، ارتباط دقیق و مشخصی بین مدل و موضوع آن برقرار کرد (۱۱).

مدل‌های هیدرولوژیک حالت ساده شده‌ای از چرخه هیدرولوژی هستند. مدل‌های هیدرولوژیکی از دو بخش اصلی به نام‌های هسته هیدرولوژیک و پوسته تکنولوژی، تشکیل شده‌اند، که هسته هیدرولوژیک شامل مفاهیم علم هیدرولوژی بوده که تعاریف متغیر، فرآیندهای توصیفی و دیگر جنبه‌ها را در بر می‌گیرد و پوسته تکنولوژی که شامل برنامه‌ریزی، کاربرهای حد واسط و غیره می‌باشد (۱).

مدل BROOK90 مدلی معین با ساختار فیزیکی و داده‌های از نوع لامپ است. این مدل بیلان آب هر منطقه را به صورت روزانه و فرآیندهای بارش، تبخیر و رواناب را برای یک نقطه و یا هر منطقه کوچک و یکنواخت از حوزه آبریز، شبیه‌سازی می‌کند (۷).

در مدل BROOK90، داده‌ها برای کل نقاط مشابه در نظر گرفته می‌شوند و تغییرات جانبی در عوامل هیدرولوژیک و نیز تغییر در پارامترها مد نظر قرار نمی‌گیرد (پارامتر لامپ)، ولی در عوض فرآیندهای تبخیر و تعرق، جریان قائم آب در خاک و تولید محلی رواناب، با توجه به لایه‌های مختلف خاک با خصوصیات متفاوت فیزیکی، به طور مفصل شبیه‌سازی می‌گردد (۱۱).

چیو و همکاران (۶) اثرات تغییرات آب و هوایی روی رواناب و رطوبت خاک در ۲۸ حوزه آبریز استرالیا را با استفاده از مدل بارش- رواناب MODHYDROLG شبیه‌سازی کرده‌اند. تغییرات بارش با توجه به سناریوهای تغییرات آب و هوایی باعث تغییرات زیاد در مقدار رواناب شده که این تغییرات در حوزه‌هایی با شرایط خشک بیش‌تر بوده اما افزایش درجه حرارت در مقایسه با بارش، تأثیر ناچیزی روی رواناب و رطوبت خاک حوزه داشته است (۱۲).

میرزاخان (۱۰) برآورد دبی سیلابی به روش شیب- سطح و مدل هیدرولیکی HEC-HMS را در حوزه آبخیز جاغرق خراسان مقایسه کرده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که دبی سیلابی برآورد شده با استفاده از مدل کامپیوتری HEC-HMS و دبی‌های سیلابی برآورد شده به روش شیب- سطح با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

فدرر (۷) مدل هیدرولوژیک BROOK90 که آخرین نسخه مدل BROOK است، را تهیه کرد و آن را برای تبخیر، رطوبت خاک و رژیم جریان شبیه‌سازی، و اصلاح نمود.

ناصری و بوچتل (۱۲) شبیه‌سازی مؤلفه‌های بیلان آب را با استفاده از دو مدل معین SAC-SMA و BROOK90 در دو حوزه در جمهوری چک انجام داده و به این موضوع اشاره کرده‌اند که مقادیر پارامترهای مربوط به رطوبت خاک و ذخایر آب زیرزمینی در حوزه‌هایی که پوشیده از سنگ‌های رسوبی هستند، بیش‌تر از حوزه‌های با سنگ‌های آذرین و دگرگونی می‌باشد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

خیری (۹) تأثیر خصوصیات هیدرولوژی، شرایط ژئوموفولوژی و تغییرات آب و هوایی را روی رواناب و مؤلفه های بیلان آب با دو مدل معین SAC-SMA و BROOK90 شبیه‌سازی نموده است. در این تحقیق حوزه گرمابدشت انتخاب گردیده است و مدل‌ها برای حوزه کالیبره و مورد صحت‌سنجی قرار گرفت و سپس تجزیه و تحلیل حساسیت پارامترهای مدل، جهت ارزیابی تأثیر خصوصیات هیدروژئولوژی و ژئومورفولوژی انجام گرفته و مدل‌ها با توجه به سناریوهای مختلف آب و هوایی جهت بررسی تأثیر تغییرات آب و هوایی روی مؤلفه‌های بیلان آب اجرا شده است و با توجه به نتایج این دو مدل معلوم شد که مدل BROOK90 جهت شبیه‌سازی جریان رودخانه‌ای که سهم دبی پایه در آن زیاد باشد، مناسب نیست.

تاکنون شناخت کافی از فرآیند بارش‌رواناب، در حوزه آبریز کورکورسر صورت نگرفته است، لذا در این مطالعه ضمن شبیه‌سازی فرآیند بارش‌رواناب و مؤلفه‌های بیلان آب حوزه، چگونگی تجمع و ذوب برف، تأثیر شرایط هیدرولوژیک بر فرآیند بار شرواناب حوزه و همچنین تأثیر تغییرات آب و هوایی بر مؤلفه‌های بیلان آب، با استفاده از مدل BROOK90 مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است (۲).

مواد و روشها

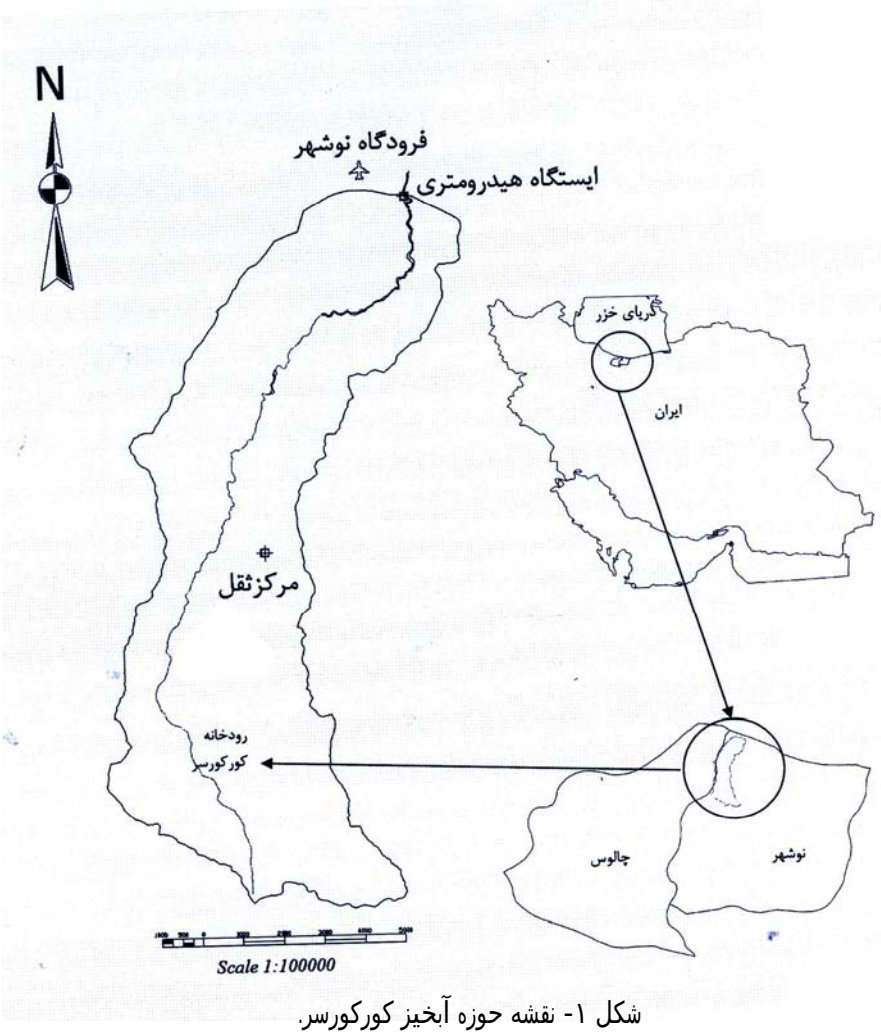
حوزه آبخیز کورکورسر در بین طول جغرافیایی "۲۸ '۲۳ °۵۱ الی "۳۳ '۲۹ °۵۱ شرقی و عرض جغرافیایی "۴۸ '۲۹ °۳۶ الی "۳۳ '۳۹ °۳۶ شمالی واقع شده است وسعت حوزه در بالادست ایستگاه هیدرومتری نوشهر حدود ۷۹ کیلومتر مربع است. ارتفاع متوسط حوزه آبریز کورکورسر ۸۶۰ متر است. بیش‌ترین ارتفاع حوزه ۱۹۷۲ متر و کم‌ترین آن ۱۰- متر می‌باشد، که در محل ایستگاه هیدرومتری واقع شده است.

براساس بررسی‌های انجام شده مقدار شیب حوزه آبریز کورکورسر ۱۲/۳ درجه و جهت آن ۱۱۱ درجه شرقی بدست آمده است. طول آبراهه اصلی رودخانه‌ی کورکورسر در حدود ۲۴ کیلومتر محاسبه شده است (شکل ۱).

تجربه نشان داده است که اجرای طرح‌ها بدون مطالعه و تجزیه و تحلیل داده‌های طبیعی، گاهی زیان‌های جبران ناپذیری به همراه داشته است (۱۳). به همین منظور داده‌های آب و هوایی در یک دوره‌ی آماری ۲۰ ساله با روش‌های Run test و Q.statistic مورد ارزیابی همگنی قرارگرفته‌اند، همچنین داده‌های دبی نیز به روش Q.statistic مورد آزمون همگنی قرار گرفته است. در روش‌های Run test و Q.statistic هیچگونه ناهمگنی در داده‌ها مشاهده نگردید (۱ و ۳).

با توجه به این که منطقه مورد مطالعه در نقاط مرتفع این حوزه قرار دارد و ایستگاه اندازه‌گیری درجه حرارت در ناحیه پست قرار گرفته است، لذا برای تهیه درجه حرارت حداکثر، حداقل روزانه به روش زیر عمل شده است:

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]



شکل ۱- نقشه حوزه آبخیز کورکورسر.

۱- ابتدا آمار دمای ایستگاه هواشناسی سینوپتیک نوشهر به عنوان دمای مبناء در نظر گرفته شده است.

۲- سپس طبق گزارش طرح جامع آب (۸) مقادیر گرادیان دما برای دمای حداکثر روزانه و دمای حداقل روزانه منطقه مشخص گردید.

۳- با توجه به اختلاف ارتفاع ایستگاه مبدأ (ایستگاه هواشناسی سینوپتیک نوشهر) و ارتفاع متوسط حوزه‌ی مورد مطالعه طبق فرمول زیر درجه حرارت محاسبه شده است (۴):

رابطه (۱)
$$T_B = T_A + \frac{\Delta t(E_b - E_a)}{100}$$

که در اینجا: T_B = درجه حرارت نقطه مورد نظر (درجه سانتی‌گراد)، T_A = درجه حرارت اندازه‌گیری شده در ایستگاه مبدأ (درجه سانتی‌گراد)، $E_b - E_a$ = اختلاف ارتفاع منطقه

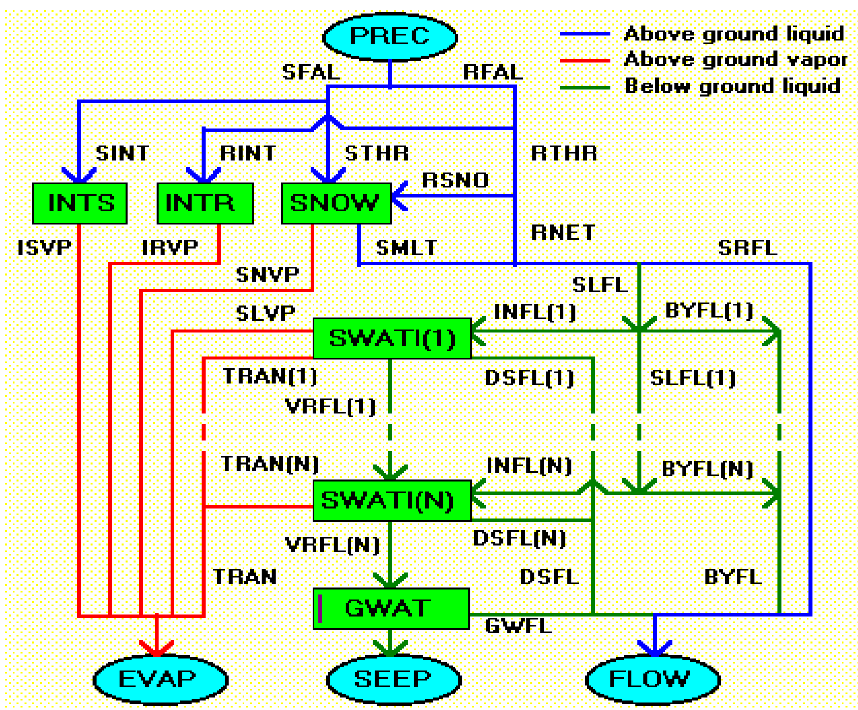
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

مورد نظر بـا ایـستگاه (متـر) و Δt = گرادیـان درجـه حـرارت (درجـه سـانتی‌گـراد بـرای هـر صد متر).

در این مطالعه از مـدل BROOK90 بـرای شبیه‌سازی مؤلفه هـای بـیلان آب حـوزه آبریـز کورکورسر استفاده شده است. بارش (PREC)[۱] در مدل به دو صورت بـاران (RFAL)[۲] و بـرف (SFAL)[۳] در نظـر گرفتـه مـی‌شـود. بخـشی از بارش که در مدل به صورت برف (SNOFRC)[۴] در نظر گرفته مـی‌شـود، بـه حـداکثر و حـداقل درجـه حـرارت روزانـه و درجـه حـرارت مبنـا بستگی دارد.

اشـکال مختلـف ذخـایر آبـی در مـدل BROOK90 (شـکل ۲)، شـامل: برگـاب بـاران (INTR)[۵]، برگاب برف (INTS)[۶]، بـرف موجـود روی زمین (SNOW)، رطوبت خاک در هر یک از لایـه‌هـا (SWATI)[۷] و آب‌هـای زیرزمینـی (GWAT)[۸] مـی‌باشـد. یـک بخـش از آب زیرزمینی به صورت نشت بـه اعمـاق (SEEP)[۹] در نظر گرفته می‌شود.

مؤلفـه‌هـای تبخیـر (EVAP)[۱۰] در مـدل عبارتنـد از: تبخیـر حاصـل از برگـاب بـاران (IRVP)[۱۱]، تبخیـر حاصـل از برگـاب بـرف (ISVP)[۱۲]، تبخیـر حاصـل از رطوبـت خـاک (SLVP)[۱۳]، تبخیر حاصل از برف (SNVP)[۱۴] و تعـرق (TRANI)[۱۵] ناشـی از کلیـه لایـه‌هـای حاوی ریشه گیاه می‌باشد.



شکل ĥ- شکل سا٢٪ه شا٢ه ǻł از ǻĸĝ ǻĸĝ ÆĘĎžł ğyę BROOK90 (Ĥ).

1- Precipitation 2- Rainfall 3- Snowfall 4- Snow fraction
5- Intercepted rain 6- intercepted snow 7- Soil water 8- Ground water
9- Seepage 10- Evaporation 11- Intercepted rain evaporation
12- Intercepted snow evaporation 13- Soil evaporation 14- Snow evaporation
15- Transition

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

مقدار تبخیر از برگاب باران (IRVP) و تبخیر از برگاب برف (ISVP) در این مدل به ترتیب با مقدار برگاب باران (RINT)[1] و برگاب برف (SINT)[2] یکسان در نظر گرفته شده است. مقدار برگاب در هر حوزه به اندیس سطح برگ و اندیس سطح ساقه و درصد پوشش گیاهی آن حوزه بستگی دارد.

در این مدل نرخ تبخیر از توده برف (SNVP) به فشار بخار آب موجود در هوا و فشار بخار آب سطحی بستگی دارد و به صورت میلی‌متر در روز محاسبه می‌گردد.

مدل BROOK90 از معادله شاتل ورث - والاس برای محاسبه جداگانه تبخیر آب از خاک (SLVP) و تبخیر آب از برگ (TRAN) یا تعرق استفاده می‌کند.

مؤلفه‌های رواناب شبیه‌سازی شده (FLOW) در مدل عبارتند از: جریان در جهت شیب (DSFL)[3]، جریان میان‌بر (BYFL)[4]، جریان سطحی (SRFL)[5] و جریان پایه (GWFL)[6] می‌باشد (۱۰).

جریان سطحی در حوزه تابعی از مساحت بخش غیر قابل نفوذ حوزه و مساحت بخشی از حوزه که یک تابع توانی از رطوبت خاک در لایه‌های فوقانی می‌باشد و همچنین مجموع مقادیر ذوب برف و بارانی که به سطح خاک می‌رسد، می‌باشد.

مؤلفه جریان بین لایه‌ای در این مدل تحت عنوان جریان در جهت شیب در نظر گرفته می‌شود و مقدار این جریان به شیب لایه، طول شیب و هدایت هیدرولیکی لایه بستگی دارد. مؤلفه جریان در جهت شیب وقتی در مدل با اهمیت می‌باشد که لایه نزدیک به اشباع و نیروی ثقل حکم فرما باشد.

جریان میان‌بر یک آب جدیدی می‌باشد که سریعاً در درون کانال‌های زیرزمینی و یا منافذ درشت به حرکت در می‌آید. فرآیند حرکت آن مثل حرکت آب در لوله‌ها می‌باشد. در هر حلقه تکرار، بخشی از آب نفوذی به هر لایه به صورت جریان میان‌بر ظاهر می‌گردد، که مقدار آن به رطوبت لایه‌های خاک بستگی دارد.

در شبیه‌سازی آب زیرزمینی مدل BROOK90 از مفهوم ذخایر خطی اولیه استفاده گردیده است. نرخ تخلیه آب زیرزمینی به صورت یک بخش ثابت (GSC) از ذخیره آب زیرزمینی (GWAT) در نظر گرفته شده است. این تخلیه یا به صورت نشت (SEEP) می‌باشد یا به جریان پایه رودخانه (GWFL) وارد می‌گردد که مقدار نشت به صورت یک بخش ثابت (GSP) از تخلیه در نظر گرفته شده و بقیه تخلیه به صورت جریان پایه رودخانه ظاهر می‌گردد (۱۱).

داده‌های مورد نیاز برای مدل BROOK90 شامل، مقادیر روزانه بارندگی، دمای حداکثر، دمای حداقل، شدت تابش، فشار بخارآب، سرعت باد و دبی رودخانه می‌باشد که هرکدام از آنها به صورت روزانه برای دوره شبیه‌سازی در ستون خاص خود باید قرار گیرند که البته در صورت موجود نبودن آمار شدت تابش، فشار بخار آب و سرعت باد می‌توان به جای آنها مقدار صفر را در ستون‌ها جا داد. البته در سه ستون اول فایل داده‌ها مقادیر سال، ماه و

1- Rain interception
2- Snow interception
3- Down slope flow
4- Bypass flow
5- Surfase flow
6- Groundwater flow

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

روز مورد شبیه‌سازی قرار می‌گیرد (۷).

برای حوزه مورد مطالعه به دلیل موجود نبودن آمار شدت تابش و فشار بخار آب، در این دو ستون مقدار صفر قرار داده شده است و همچنین به دلیل عدم وجود اطلاعات کافی مقادیر باران روزانه و باد اصلاح نشدند و در مورد باد فقط واحد آن از نات به متر بر ثانیه که مورد نیاز مدل بوده، تبدیل شده است.

در این پژوهش برای حوزه مورد نظر داده‌های ذکر شده بالا برای یک دوره آماری ده ساله از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۲ تهیه گردیده است. اطلاعات مورد نیاز دیگر مدل در فایل‌های مربوط به خود آماده گردیده است.

بعد از آماده‌سازی داده‌ها و آشنایی با مدل، یک دوره آماری سه ساله برای واسنجی انتخاب گردیده است. مدل به روش سعی و خطا مورد واسنجی قرار گرفت. در مدل BROOK90 معیار واسنجی، تعیین مقادیر بهینه پارامترها برای منطبق شدن منحنی‌های رواناب شبیه‌سازی شده با منحنی‌های اندازه‌گیری شده و به حداقل رسیدن MBE[1] می باشد (۷).

در مدل BROOK90 برای پارامترها، فدرر (۷) یک سری مقادیر اولیه را با توجه به شرایط کلی منطقه پیشنهاد نموده که این مقادیر اولیه برای حوزه، جهت شبیه‌سازی جریان رودخانه انتخاب گردید و بعد پارامترهای مهم مدل (پارامترهای غیر ثابت) با توجه به شرایط خاص آن منطقه جهت واسنجی تغییر داده شد.

بعد از واسنجی مدل، ابتدا یک تجزیه و تحلیل حساسیت ساده از پارامترهای مدل انجام گرفته و سپس پارامترهای مهم مدل، جهت بررسی اثرات تغییرات پارامترها روی فرآیند بارش- رواناب و مؤلفه های بیلان آب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل از این تجزیه و تحلیل به صورت جداول و رسم نمودارها ارایه گردیده است.

علاوه بر بررسی حساسیت انجام شده روی پارامترهای مدل، تجزیه و تحلیل حساسیت مؤلفه‌های بیلان آب به تغییرات آب و هوایی نیز انجام گردید.

در این مرحله یک سری سناریوهای فرضی تغییرات آب و هوایی (تغییر در بارندگی و درجه حرارت) با توجه به مدل های پیش بینی آب و هوا، برای مدل در نظر گرفته شده و نتایج این تجزیه و تحلیل به صورت جداول و اشکال ارایه شده است.

پیش‌بینی های آب و هوایی نشان می‌دهد که به علت دو برابر شدن غلظت دی‌اکسیدکربن تا سال ۲۰۷۰ متوسط درجه حرارت حدود ۱ تا ۳ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت (۱۱).

در این مطالعه سناریوهای تغییرات درجه حرارت برای مدل با توجه به این پیش‌بینی‌ها به صورت افزایش درجه حرارت (۱+، ۲+ و ۴+) در نظر گرفته شده است و تغییرات بارش برای مدل به صورت کاهش بارش ۱۰٪ و ۲۰٪ و افزایش بارش به مقدار ۱۰٪ و ۲۰٪ از مقدار واقعی بارندگی در نظر گرفته شد، در ضمن روزهای وقوع بارش، همان روزهای وقوع بارندگی داده های ثبت شده تاریخی فرض شده است.

1- Mean Bias Error

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

ضمناً جهت رسیدن به اهداف فوق‌الذکر از نرم‌افزار EXCEL جهت ترسیم منحنی‌های مربوطه، تهیه جداول و تفکیک داده‌ها، از نرم‌افزار AutoCAD برای بدست آوردن مساحت حوزه از نرم افزار Arc View برای بدست آوردن ارتفاع متوسط و شیب حوزه و جهت شیب آن که مورد نیاز مدل بوده، استفاده شده است.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج حاصل از آنالیز حساسیت، مقادیر پارامترهای کم اهمیت ثابت فرض گردید و مدل با پارامترهای کم‌تر جهت بررسی اثرات تغییر پارامترها روی مؤلفه های بیلان و فرآیند بارش رواناب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بررسی مقادیر بارش و رواناب حوزه آبریز کورکورسر نشان می‌دهد که مقادیر بارش در حوزه برای همه ماه های سال به استثنای ماه‌های آوریل، می و ژوئن (فروردین، اردیبهشت و خرداد) بیشتر از مقدار رواناب می‌باشد، این مسئله بیشتر به خاطر اهمیت زیاد تبخیر و تعرق و نفوذ در حوزه می‌باشد.

جدول ۱ مقادیر مناسب پارامترها را در حوزه آبریز کورکورسر نشان می‌دهد. با توجه به مقادیر مناسب پارامترها، تجزیه و تحلیل حساسیت روی همه پارامترها انجام گرفته که بررسی‌های انجام شده روی پارامترهای با اهمیت‌تر مدل، در جدول آورده شده است.

همان طوری که در جدول ۱ مشخص است مؤلفه‌های تبخیر بیشتر به تغییرات وضعیت پوشش گیاهی حساس هستند، که این وضعیت در مدل BROOK90 توسط پارامترهای MAXLAI (حداکثر شاخص سطح برگ) و DENSEF (تراکم پوشش گیاهی) و MAXHT (حداکثر ارتفاع پوشش گیاهی) در نظر گرفته می‌شود، در حالی که تغییر در پارامترهای مربوط به ذخایر آب زیرزمینی، تأثیر زیادی روی این مؤلفه‌ها ندارد.

نتایج حاصل از این تجزیه و تحلیل حساسیت، حاکی از آن است که تخریب جنگل‌ها یا کاهش پوشش جنگلی سبب افزایش رواناب سطحی، جریان آب زیرزمینی و سبب کاهش تبخیر و تعرق در حوزه می‌گردد.

با توجه به تجزیه و تحلیل حساسیت انجام پذیرفته روی پارامتر GSP نشان داده است که افزایش پارامتر GSP سبب کاهش زیاد در رواناب تولید شده گردید، که این کاهش به طور عمده در مؤلفه GWFL رخ داده است، به طوری که روی مؤلفه‌های دیگر جریان هیچ اثری نداشته است (جدول ۱).

نتایج کلی حاکی از آن است که کاهش DENSEF سبب افزایش کلیه مؤلفه‌های رواناب از جمله GWFL و نیز سبب افزایش GWAT گردیده است (جدول ۱).

پاسخ هیدرولوژیک حوزه آبریز کورکورسر با توجه به مقادیر مناسب پارامترها به همراه سناریوهای تغییرات آب و هوایی به وسیله مدل شبیه‌سازی گردیده است. نتایج حاصل از این شبیه‌سازی که شامل مؤلفه‌های تبخیر و تعرق، رواناب و همچنین تغییرات ذخایر رطوبت خاک می‌باشد، در جداول ۲ و ۳ آورده شده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

شکل ۳ حساسیت رطوبت خاک (SWAT)، تبخیر و تعرق و مؤلفه های رواناب را نسبت به تغییرات درجه حرارت و بارش در حوزه آبریز کورکورسر نشان می‌دهد و این در حالی است که مؤلفه‌های تبخیر و تعرق به تغییرات درجه حرارت حساسیت بیشتری دارند، ولی مؤلفه‌های رواناب بیش‌تر به تغییرات بارش حساس هستند.

نتایج حاصل از شبیه‌سازی در جداول ۲ و ۳ نشان می‌دهد که مؤلفه‌های رواناب در حوزه آبریز کورکورسر به تغییرات بارش حساس تر از تغییرات درجه حرارت می‌باشند.

در نهایت پیشنهاد می‌گردد شبکه‌های اندازه‌گیری عوامل آب و هوایی در منطقه، به خصوص در ارتفاعات بالا، گسترش پیدا کرده و تکمیل شود و در صورت وجود اطلاعات کافی، یک حوزه به چند زیر حوزه، جهت یکنواخت‌تر نمودن خواص حوزه، تقسیم شود و از مدل در این زیر حوزه‌ها استفاده شود و نتایج آنها با هم مقایسه گردد و از مدل مورد نظر در حوزه‌هایی با شرایط هیدروژئولوژی و ژئومورفولوژی متفاوت از هم، جهت بررسی ارتباط بین خصوصیات هیدروژئولوژی و ژئومورفولوژی با مؤلفه‌های بیلان آب استفاده شود.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

جدول ۱- تغییرات مولفه های بیلان آب و MBE بر اثر تغییرات پارامترهای BROOK90 حوزه آبریز کورکورسر

عوامل	سناریو	واسنجی شده	بارش (mm/ year)		ذخیره در پایان سال (mm/ year)				تبخیر و تعرق کل (mm/year)					Total runoff (mm/ Year)					نشت عمقی	MBE
			RFAL	SFAL	INTS +INTR	SNOW	SWAT	GWAT	IRVP	ISVP	SLVP	SNVP	TRAN	SRFL	BYFL	DSFL	GWFL	(mm/ Year)	(mm/ Day)
Base Run			1288/9	36/4	0/0	0/0	1227/5	120/4	103/3	3/5	31/0	1/3	381/6	119/0	100/2	2/7	285/8	297/5	0/000
MAXLAI	1	5	1288/9	36/4	0/0	0/0	1241/9	166/0	45/0	1/3	77/2	2/1	132/0	133/4	113/1	4/2	398/0	414/3	0/385
MAXLAI	6	5	1288/9	36/4	0/0	0/0	1223/5	113/4	115/9	4/1	27/1	1/2	408/6	116/5	98/0	2/5	271/0	282/0	-0/054
MAXHT	10	22	1288/9	36/4	0/0	0/0	1224/6	114/8	91/0	3/2	31/4	1/1	416/7	118/8	100/0	2/6	275/3	286/5	-0/030
MAXHT	30	22	1288/9	36/4	0/0	0/0	1228/4	122/3	110/9	3/8	30/7	1/4	366/8	118/7	99/9	2/8	289/4	301/2	0/008
RSTEMP	1	-0/5	1237/9	87/4	0/0	0/0	1228/0	120/0	100/8	9/4	30/0	2/2	381/2	118/5	99/8	2/7	284/8	296/5	-0/005
RSTEMP	-2	-0/5	1310/0	15/2	0/0	0/0	1227/2	120/4	104/1	1/2	31/7	0/6	381/7	119/2	100/4	2/7	286/3	297/9	0/002
MELFAC	5	1/5	1288/9	36/4	0/0	0/0	1227/3	120/4	103/3	3/5	31/3	0/8	381/7	119/0	100/2	2/7	285/8	297/5	0/000
MELFAC	0/25	1/5	1288/9	36/4	0/0	1/6	1228/0	119/7	103/2	3/5	29/8	1/0	381/1	119/0	100/2	2/7	286/8	298/5	0/003
BYPAR	0	1	1288/9	36/4	0/0	0/0	1235/5	144/1	103/3	3/5	32/7	1/3	381/4	120/5	0/0	3/2	332/4	346/0	-0/141
GSP	0	0/51	1288/9	36/4	0/0	0/0	1227/5	120/4	103/3	3/5	31/0	1/3	381/6	119/0	100/2	2/7	583/3	0/0	0/814
GSP	1	0/51	1288/9	36/4	0/0	0/0	1227/5	120/4	103/3	3/5	31/0	1/3	381/6	119/0	100/2	2/7	0/0	583/3	-0/784
DRAIN	0	1	1288/9	36/4	0/0	0/0	1514/0	0/0	103/2	3/5	66/4	1/3	378/4	139/3	473/3	194/8	0/0	0/0	0/722
DRAIN	0/5	1	1288/9	36/4	0/0	0/0	1240/1	122/4	103/3	3/5	32/3	1/3	381/4	119/9	103/8	3/8	282/2	293/7	0/005
LENGTH	1000	100	1288/9	36/4	0/0	0/0	1227/8	120/9	103/3	3/5	31/0	1/3	381/6	119/0	100/2	0/3	287/0	298/7	-0/004
GSC	0	0/025	1288/9	36/4	0/0	0/0	1227/8	0/0	103/3	3/5	31/0	1/3	381/6	119/0	100/2	0/3	285/4	297/1	-0/008
GSC	0/5	0/025	1288/9	36/4	0/0	0/0	1227/8	5/2	103/3	3/5	31/0	1/3	381/6	119/0	100/2	0/3	285/3	296/9	-0/008
INFEXP	0/2	1	1288/9	36/4	0/0	0/0	1257/1	6/7	103/2	3/5	46/8	1/3	380/3	130/3	104/7	0/5	269/9	280/9	-0/007
INFEXP	2	1	1288/9	36/4	0/0	0/0	1174/6	3/7	103/4	3/5	20/8	1/3	382/4	109/6	104/5	0/3	294/6	306/7	0/003
DENSEF	0/8	1	1288/9	36/4	0/0	0/0	1231/3	128/3	86/9	2/8	36/8	1/5	349/7	121/8	102/8	2/9	303/5	315/9	0/064
STONEF	0/2 ،0/015 ،0/001 0/25 ،0/3 ،0/3	0/2 ،0/15 ،0/01 ،0/001 0/25 ،0/25 ،	1288/9	36/4	0/0	0/0	1175/1	120/8	103/3	3/5	31/0	1/3	381/6	118/9	100/8	2/7	285/4	297/1	0/000
PSIF	-10 ،-10 ،-10 -10 ،-10 ،-10	-15 ،-15 ،-15 -15 ،-15 ،-15	1288/9	36/4	0/0	0/0	1209/2	119/2	103/3	3/5	24/3	1/3	382/2	115/4	98/8	2/6	291/3	303/2	0/001
THETAF	0/25 ،0/15 ،0/2 0/3 ،0/3 ،0/25	0/37 ،0/27 ،0/32 0/43 ،0/43 ،0/36	1288/9	36/4	0/0	0/0	795/8	127/6	103/3	3/5	27/4	1/3	377/6	135/9	111/4	2/7	274/8	286/0	0/046
BEXP	3/4 ،8/4 ، 8/4 ،3/3 ،2/9 ،3/4 8/4	5/4 ،4/9 ،5/3 ،10/4 ،10/4 ،10/4	1288/9	36/4	0/0	0/0	1176/1	111/2	103/3	3/5	32/3	1/3	381/4	108/4	95/0	2/6	294/9	306/9	-0/019
KF	4، 4، 7، 1، 2، 2	6، 6، 9، 3، 4، 4	1288/9	36/4	0/0	0/0	1267/9	115/7	103/3	3/5	33/9	1/3	381/3	121/2	106/9	3/2	280/0	291/5	0/010
THICK	30 ،40 ،30 ،100 ،90 ،30	50، 110، 120، 50، 60، 50	1288/9	36/4	0/0	0/0	889/6	131/8	103/3	3/5	36/0	1/3	381/2	122/7	100/9	2/3	280/4	291/8	-0/004

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

جدول ۲- تغییرات مؤلفه‌های بیلان آب و MBE بر اثر تغییرات سناریوهای آب و هوایی

سناریو	بارش (mm/ year)		ذخیره در پایان سال (mm/ year)				تبخیر و تعرق کل (mm/ year)					رواناب کل (mm/ year)				نشت عمقی	MBE
	RFAL	SFAL	INTS+INTR	SNOW	SWAT	GWAT	IRVP	ISVP	SLVP	SNVP	TRAN	SRFL	BYFL	DSFL	GWFL	(mm/ Year)	(mm/ Day)
Base Run	1288/9	36/4	0/0	0/0	116/3	53/1	115/8	4/1	30/8	1/2	315/6	185/7	158/2	0/9	96/5	412/5	0/000
P-10%	-10/0	-10/0	0/0	0/0	-1/0	-20/2	-3/7	-8/6	-7/1	0/0	0/2	-12/2	-13/0	-18/5	-16/6	-16/6	-0/207
P-20%	-20/0	-20/0	0/0	0/0	-2/5	-40/2	-7/7	-17/1	-15/2	0/0	0/4	-24/2	-25/6	-37/0	-33/2	-33/2	-0/412
P+10%	10/0	10/0	0/0	0/0	0/7	19/7	3/4	8/6	6/5	7/7	-0/2	12/2	13/2	18/5	16/7	16/7	0/208
P+20%	20/0	20/0	0/0	0/0	1/2	38/6	6/4	17/1	11/9	7/7	-0/4	24/6	26/6	40/7	33/5	33/4	0/418
TMAX+1°c TMIN+1°c	1/2	-43/7	0/0	0/0	-0/2	-3/5	1/6	-51/4	3/5	-69/2	5/3	-0/7	-0/7	-3/7	-3/1	-3/2	-0/029
TMAX+2°c TMIN+2°c	1/9	-67/8	0/0	0/0	-0/5	-7/1	2/9	-77/1	6/5	-100	10/6	-1/3	-1/4	-7/4	-6/4	-6/4	-0/059
TMAX+4°c TMIN+4°c	2/8	-99/7	0/0	0/0	-1/0	-14/2	5/1	-100	10/3	-100	21/1	-2/9	-3/2	-18/5	-12/8	-12/8	-0/120

جدول ۳- تغییرات مؤلفه‌های بیلان آب (به درصد) و MBE بر اثر تغییرات سناریوهای آب و هوایی

سناریو	بارش (mm/ year)		ذخیره در پایان سال (mm/ year)				تبخیر و تعرق کل (mm/ year)					رواناب کل (mm/ year)				نشت عمقی	MBE
	RFAL	SFAL	INTS+INTR	SNOW	SWAT	GWAT	IRVP	ISVP	SLVP	SNVP	TRAN	SRFL	BYFL	DSFL	GWFL	(mm/ Year)	(mm/ Day)
Base Run	1288/9	36/4	0/0	0/0	1227/5	120/4	103/3	3/5	31/0	1/3	381/6	119/0	100/2	2/7	285/8	297/5	0/000
P-10%	1160/0	32/8	0/0	0/0	1215/4	96/1	99/5	3/2	28/8	1/3	382/4	104/5	87/2	2/2	238/3	248/0	-0/207
P-20%	1031/1	29/1	0/0	0/0	1197/1	72/0	95/3	2/9	26/3	1/3	383/3	90/2	74/5	1/7	191/0	198/8	-0/412
P+10%	1417/8	40/0	0/0	0/0	1235/8	144/1	106/8	3/8	33/0	1/4	380/8	133/5	113/4	3/2	333/6	347/2	0/208
P+20%	1546/6	43/7	0/0	0/0	1241/8	166/9	109/9	4/1	34/7	1/4	380/1	148/3	126/9	3/8	381/5	397/0	0/418
TMAX+1°c TMIN+1°c	1304/8	20/5	0/0	0/0	1224/5	116/2	105/0	1/7	32/1	0/4	402/0	118/2	99/5	2/6	276/8	288/0	-0/029
TMAX+2°c TMIN+2°c	1313/5	11/7	0/0	0/0	1221/4	111/9	106/3	0/8	33/0	0/0	422/2	117/4	98/8	2/5	267/5	278/4	-0/059
TMAX+4°c TMIN+4°c	1325/2	0/1	0/0	0/0	1214/7	103/3	108/6	0/0	34/2	0/0	462/2	115/5	97/0	2/2	249/2	259/4	-0/120

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

شکل ۳- مقایسه درصد تغییرات مولفه های تبخیر و تعرق، مولفه های رواناب و ذخایر رطوبت خاک به تغییرات درجه حرارت و بارش.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

منابع

1. Abbott, M.B. and J.C. Refsqaard. 1996. Distributed hydrological modeling. Kluwer Academic publishers. Printed in the Netherlands. 132 p.
2. Ahmadnejad, A.R. 2006. Simulation precipitation-runoff processes and water balance component in rivers basin (A case Study: Korkorsar river basin). Dissertation (M.Sc). University of Mazandaran. 116 p.
3. Alizadeh, A. 2001. Principle of applied hydrology. Astan qods razavi publication. 735 p.
4. Borhani, A.R. 2005. Engineering hydrology 2. Khaje nasir University. 170 p.
5. Buishand, T.A. 1982. Some method for testing the homogeneity of rainfall records. Journal of Hydrology. 58, 11-27 pp.
6. Chiew, F.H.S., P.H. Whetton, T.A. McMahon and A.B. Pittok. 1995. simulation of the impacts of climatic change on runoff and soil moisture in strain catchments. J. Hydrol. 1670. 121-147 pp.
7. Federer, C.A. 1995. A simulation model for Evaporation, soil water and stream flow. Version 3.1 USDA forest service, Durham, New Hamshire, USA. 168 p.
8. Jamab consulting engineering Co. 1991. Catch basin of north beach rivers. 856 pp.
9. Kheiri, H. 1999. Simulation precipitation-runoff processes and water balance component in garmabdasht basin. Dissertation (M.Sc). University of Shahid beheshti. 193 p.
10. Mirzakhan, H. 2001. Comparison of Simulation precipitation-runoff by slope-surface method with HEC-HMS model in Jaghorogh catch basin(Khorasan province). Dissertation (M.Sc). University of Gorgan. 123 p.
11. Nassery, H.R. 1997. Simulation of water balance components in hydrological distinct areas using SAC-SMA and BROOK90 model. PhD thesis submitted to Dept. Hydrology Faculty of Science. Charles University. Prague Czech Republic. 171 p.
12. Nassery, H.R. and J. Buchtele. 1997. Analysis of the sensitivity of water balance components to hydro geological conditions and climatic change. Submitted to int. conf. Friend 97 on Regional Hydrology: Concepts and models for sustainable water resource management, 1-4 October 1997, Postojna, Slovenia, 205-212 pp.
13. Ziaee, H.A. 1991. Application of statistics laws in engineering hydrology. Jahad University. 461 p.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]

Simulation Rainfall-Runoff Processes and Water Balance Component in Rivers Basin (Case Study: Korkorsar River Basin)

A.R. Ahmadnejad[1], S.H. Golmaei[2] and M.Z. Ahmadi[3]

Abstract

The process of precipitation-runoff of each basin, is mostly influenced by hydrologic, geomorphology conditions and zone climate. The measurement, distribution and pattern of precipitation, canopy cover, snow melt and accumulation process characteristics, soil layer characteristics and geology formation are the most important factors which impact the runoff measurement and basin water balance components. One of the general procedures for acknowledgement of precipitation-runoff process is its simulation by using the hydrologic models and analysis of the results. In this study, it was tried by using BROOK90, the basin process of precipitation-runoff, snow accumulation and melt model and also the basin water balance components of Korkorsar are simulated and calibrated then the effect of hydrologic conditions and also climate changes on basin precipitation-runoff process and water balance components are studied and analyzed.

Keywords: Simulation, Rainfall-runoff, Water balance, Basin, Model

1- Former M. Sc. Student, College of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
2- Associate Professor, College of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
3- Professor, College of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-07]