بررسی دقت شبیه سازی رواناب ماهانه حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از مدل یک‌پارچه AWBM در استان کردستان در ایستگاه سنته

میثم پرواز [۱*]، سید وحید شاهویی [۲]

۱*- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران. (مهندسی و مدیریت منابع آب)، مؤسسه آموزش عالی توسعه دانش سنندج، سنندج، ایران.

۲ - استادیار، گروه مهندسی عمران. (مهندسی و مدیریت منابع آب)، مؤسسه آموزش عالی توسعه دانش سنندج ، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: Parvazmaysam29@gmail.com

تاریخ دریافت : ۱۴۰۱/۰۲/۲۱ تاریخ پذیرش : ۱۴۰۱/۰۳/۱۱

چکیده

مدل‌های مفهومی رواناب بارندگی به طور گسترده در عمل مورد استفاده قرار می‌گیرند، زیرا تعادل خوبی بین شفافیت و نیازهای محاسباتی و داده‌ها فراهم می‌کنند. یکی از روش های اساسی در مدیریت آب برآورد جریان رودخانه میتوان به مدل فرایند شبیه‌سازی بارش روانـآب . AWBMاشاره نمود که در این مطالعه از این روش برای شبیه سازی فرایند بارش روانآب حوضه آبریز دریاچه ارومیه در استان کردستان استفاده شده است. برای انجام تحلیل آماری در مدل AWBM داده‌های روزانه بارش-روانآب و تبخیر و تعرف برای ایستگاه سنته در بازه ی زمانی ۹ سال گردآوری شد. شبیه‌سازی ایستگاه صورت گرفته و در ادامه با تکیه بر مدل AWBM و بهینه سـازی پارامترهـای مـدل کارایی شبیه‌سازی با داده‌های موجود مورد ارزیابی و سنجش قرار گرفت. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که میان نتایج به دسـت آمـده از مدل شبیه‌سازی شده و مقادیر مشاهده شده در حوزه دریاچه ارومیه در استان کردستان مشابهت فراوانـی وجـود دارد کـه بـه معنـای دقـت شبیه‌سازی مدل بارش روانآب با استفاده از مدل AWBM می‌باشد و مدل شبیه سازی شده قابلیت بالـایی در پیشـگویی روان آب‌هـای منطقه مورد مطالعه را دارا می‌باشد. پارامتر BFI هرچه به مقدار عددی واحد نزدیک می‌شود, حساسیت و دقت بهتری نسبت به واقعیـت را نشان میدهد.

کلمات کلیدی

" آب بارش -رواناب"، " مدیریت منابع آب"، "، شبیه سازی"، " حوضه آبریز دریاچه ارومیه"،" AWBM "

۱-مقدمه

ارزیابی منابع آب کلیدی برای تجزیه و تحلیل مدیریت حوضه است. هزینه مدیریت در کنار توزیع نامنظم منابع آب در سراسر جهان مشهود بوده و مدیریت منابع را الزامی می نماید .(Wurbs, 2005)حتی در بخش‌هایی از کره زمین که منابع آب فراوان است، مشکلات در دسترس بودن یا کمبود به دلیل عملکردهای ضعیف مدیریت آب و فعالیت‌های انسانی رایج است (Senent-Aparicio etal., 2018)توسعه مدل هایی برای بررسی مدیریت و دسترسی به منابع آب امری پیچیده و دشوار است و یک چالش علمی اساسی شناخته می شود. مسئله¬ای پیچیده، به ویژه، در مناطق خشک و نیمه خشک، که در آن مناطق بارندگی محدود یا نامنظم است و نرخ تبخیر و تعرق (ET) بالا است. مدل‌های تعادل هیدرولوژیکی برای بازسازی روندهای پیشین و پیش‌بینی روندهای آینده استفاده می‌شوند .(Puricelli etal., 2003) آنها بر اساس اصل بقای منابع یا معادله تداوم (Essam, 2007) شکل گرفته اند، این مدل¬ها تفاوت ورودی ها و خروجی ها در ذخیره آب در حوضه را منعکس می¬نمایند . (Shimon, 2010) مفهوم مدل های تعادل هیدرولوژیکی اولین بار توسط تورنثویت (Thornthwaite, 1948)و تورنثویت و ماتر (Thornthwaite and Mather, 1957)معرفی شد. آنها دو مدل مفهومی متفاوت را بر اساس دو پارامتر پیشنهاد کردند: ظرفیت رطوبت خاک و آب اضافی بیش از حداکثر ظرفیت ذخیره رطوبت خاک. این مدل‌ها تناسب خوبی برای تخمین رواناب ماهانه نشان دادند (Alley, 1984) و اساس بسیاری از مدل‌های هیدرولوژیکی دو پارامتری دیگر را تشکیل دادند (Xiong, 1999; Makhlouf and Michel, 1994) در کنار مدل¬های دوپارامتری مدل‌های تعادل آب دیگری نیز وجود دارند که بیش از دو پارامتر را شامل می‌شوند (Abulohom et al., 2001) .گو و ژیانگ نشان دادند که مدل دو پارامتری پیشنهادی آنها در چین به خوبی یک مدل پنج پارامتری عمل می¬کند. تا به امروز، چندین مطالعه نشان داده اند که بسیاری از مدل ها نتایج مشابهی با مدل های قبلی دارند .(Xiong and Guo, 1999)در یک مدل بیلان آب، پارامترها و متغیرهای حوضه به صورت میانگین مورد استفاده قرار گرفته و بنابراین فرآیندهای هیدرولوژیکی با راه‌حل‌های مفهومی فرمول‌بندی شده با استفاده از معادلات نیمه تجربی به واقعیت نزدیک می‌شوند. این سیستم با استفاده از منابع مختلف توصیف شده نشان می¬دهد که میزان رطوبت آنها به روابط (فیزیکی و تجربی) بین آنها بستگی دارد .(Todini, 1998) یک مدل

تعادل هیدرولوژیکی ممکن است تنها سه یا چهار پارامتر داشته باشد (Todini, 1998) و می تواند با چندین خط کد کامپیوتری پیاده سازی شود، در حالی که یک مدل پیچیده ممکن است بیش از ۲۰ پارامتر داشته باشد (Chiew et al., 2010).برخی از نمونه‌های مدل‌های یکپارچه عبارتند از: مدل ABCD، GR2M، Sacramento، Guo-5p، Témez، Thornwaite-Mather، IHACRES، SMAR AWBM, GR4J SIMHYD (Behmanesh et al, 2014)نمونه های بیشتری از مدل های رواناب بارندگی را می توان در مطالعات سینگ (Singh, 1995)و سینگ و فرورت (Singh and Frevert, 2002)یافت. با توسعه ابزارهای کامپیوتری و اطلاعات دقیق تر، روند مطالعات به سمت استفاده از مدل های توزیع شده یا نیمه توزیع شده انتقال یافته است (Eder et al., 2005). به دنبال این مفروضات، بسیاری از مدل‌های پیچیده توسعه یافته‌اند که فرض می‌شود قادر به شبیه‌سازی تغییرات محیطی هستند(Beven, 2001)، و عدم قطعیت در وضوح بالا ممکن است دستاوردهای بالقوه در دقت پیش‌بینی را کاهش دهد (Carpenter, 2006).بنابراین، کالیبراسیون کارآمد مدل‌ها به دلیل ماهیت توزیع آن دشوار است (Viney et al., 2005) . یکی از اساسی ترین مباحث در علم هیدرولوژی فهم و پیش بینی فرایند های تولید و انتقال جریان به خروجی حوضه به حساب می آید AWBM .یکی از پرکاربردترین مدل‌های رواناب بارندگی در استرالیا است، اما در حوضه‌های مختلف جهانی، هم حوضه‌های مرطوب و هم حوضه‌های خشک استفاده شده است، و ثابت شده است که عملکردی مشابه با مدل¬های توزیعی دارد.(Matheron, 1971) . مطالعات زیادی توسط پژوهشگران و اساتید صاحب نظر علم مدیریت منابع آب در ایران انجام گرفته است که در ذیل به برخی از پژوهش های مربوط به موضوع تحقیق ما اشاره میشود . کلانتری و بذرافکن (۱۳۸۲) روش های تجربی محاسبه رواناب سالانه را در حوضه آبخیز رود زرد بررسی کردند. در این پژوهش روش های تجربی برآورد رواناب که شامل روش کتاین، انجمن تحقیقات کشاورزی کشور هندوستان ، جاستین و روش مقیاس است، در حوضه رود زرد مورد بررسی قرار داده شد و با روش های مذکور و اعمال ضریب های جداگانه کالیبره شدند و جهت برآورد رواناب سالانه مورد استفاده قرار گرفتند . داوودی راد (۱۳۸۵) روابط تجربی برآورد ارتفاع رواناب را در حوزه آبخیز دریاچه نمک ارزیابی نمود. در این تحقیق کارایی روابط تجربی تورک، کوتاین، ایکار، جاستین، خوزلا و لسی تعیین شد. نتایج این تحقیق نشان داد که روش های ایکار، کوتاین، جاستین و تورک به‌ترتیب از صحت بیشتری برخور دارند و با افزایش مساحت از دقت روش ایکار کاسته و در مساحت‌های زیاد روش لسی دقت بیشتری دارد .ایشان در مطالعه روابط تجربی محاسبه ارتفاع رواناب در حوضه آبخیز دریاچه نمک ارزیابی کردند . در این پژوهش ایشان ، کارایی روابط تجربی کوتاین ، تورک جاستین ، خوزلا ، ایکار و لسی تعیین شد. بر اساس نتایج این تحقیق روش های ایکار، کوتاین ، جاستین و تورک به ترتیب از صحت بیشتری برخور دارند و با افزایش مساحت دقت روش ایکار کاسته شد و در مساحت ¬های زیاد روش لسی دقت بیشتری را نشان داد .

گلپایگانی و همکاران (۱۳۸۶) در دوره ی بازگشت های مختلف برای حوضه آبخیز بالاده سعید آباد از زیرحوضه های آبخیز تجن ارتفاع و دبی رواناب با بهره گیری از روش های شماره منحنی و استدلالی ارزیابی کردند . مقدارهای برآورد آمده در روش شماره منحنی نسبت به روش استدلالی کمتر بوده که عمده دلیل آن تاثیر نگهداشت اولیه ، با روش شماره منحنی که توجه زیادی را در پی دارد می¬ باشد. غفرانی (۱۳۸۸) کاربرد مدل ¬های تجربی به جهت برآورد رواناب را در حوضه آبخیز رودخانه زهره بررسی کردند . برای بدست آوردن رواناب ، به تفکیک کوه و دشت هر محدوده مدل¬های مختلف تجربی بکار گرفتند و از بین شان مدل تجربی جاستین انتخاب کردند.ناصری و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهش خود با بررسی روش‌های تجربی برآورد جریان رودخانه در مناطق بدون ایستگاه آب‌سنجی عملکرد روش‌های تخمینی جریان سطحی خروجی از محدوده‌های مطالعاتی حوضهٔ سفیدرود بزرگ را در ایستگاه آب‌سنجی ، را بررسی و تحلیل نموده اند. در این مطالعه روش‌های جاستین، کوتاین، سازمان تحقیقات کشاورزی هندوستان، دپارتمان آبیاری هندوستان، تورک، لازی، خوسلا، انگلی- دی‌سوزا و SCS-CN مربوط به سازمان حفاظت خاک آمریکا روش های مورد بررس در این مطالعه هستند. نتایج در محدوده‌های مختلف حوضهٔ سفیدرود حاکی از عملکرد بهتر روش‌های دپارتمان آبیاری هندوستان، جاستین و کوتاین بوده است.فتح¬زاده و همکاران (۱۳۸۹) بهترین روش محاسبه رواناب سالانه در مناطق نیمه خشک و خشک استان یزد را مشخص کردند و بر اساس این نتایج که رابطه سازمان هواشناسی جهانی به سبب داشتن همبستگی بالا با رواناب رویت شده بهترین روش انتخاب شد . پس می¬توان از این طریق جهت بر آورد روش رواناب در مناطق نیمه خشک و خشک بهره گرفت. اسمعلی و سمیعی (۱۳۹۰) حوضه آبخیز تنگ خسویه در استان فارس با کمک روش های تجربی برآورد رواناب را مورد بررسی قرار دادند . در محاسبه رواناب ۶ روش تجربی از جمله انجمن تحقیقات کشاورزی هندوستان ، سازمان جهانی هواشناسی ، کتاین ، دپارتمان آبیاری هندوستان و جاستین محاسبه گردید . در پایان پیشنهاد ارائه شده توسط انجمن تحقیقات کشاورزی هندوستان در قیاس با بررسی روابط تجربی برآورد رواناب و مقایسه نتایج حاصله از سایر مدل¬ های ذکر شده مناسب¬تر تشخیص داده شد . زرین و همکاران (۱۳۹۲) ، شبیه سازی رواناب خروجی در حوزه های آب خیز فاقد آمار با استفاده از مدل بارش رواناب

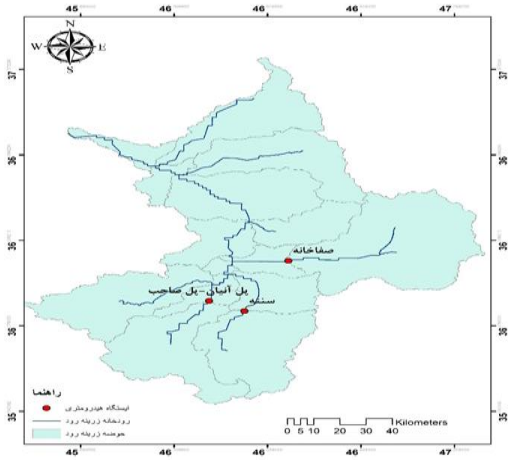
AWBM(مطالعه موردی : استان سیستان و بلوچستان) ، را در تحقیق خود مورد مطالعه قرار دادند . برای ارزیابی مدل، ۶ زیر حوزه استان سیستان و بلوچستان ، واقع در بلوچستان جنوبی مورد استفاده قرار دادند . بارش روزانه به کمک روش TPSS به صورت منطقه ای در آمده و دبی های روزانه هم به دبی های ویژه تبدیل می‌گردد . در نهایت به کمک مدل و با بهینه سازی پارامترهای مدل میزان دقت و آزمودگی مدل در برآورد رواناب محاسبه ای و مقایسه آن با رواناب مشاهده ای به وسیله ضرایب کارآیی و تعیین مورد پیمایش قرار گرفت . نتایج احتساب شده توسط مدل در همه زیر حوزه ها نشان می دهد که مدل می‌تواند شبیه سازی قابل قبولی در حوزه های مورد مطالعه داشته و با اطلاعات قابل دسترس، عکس العمل حوزه های بدون آمار (یا دارای آمار کوتاه مدت) را در مقابل بارش دریافتی شبیه سازی نموده و از قابلیت خوبی در پژوهش‌ها و مدل سازی بارش رواناب در مناطق نیمه خشک و خشک برخوردار باشد. فاتحی و شاهویی(۱۳۹۹) ، در تحقیقی تحت عنوان ، کاربرد مدل SWATدر مشابهت سازی رواناب ماهانه، حوزه آبخیز دریاچه ارومیه در استان کردستان ، با بهره گیری از مدل هیدرولوژیکی SWATاقدام به مشابه سازی رواناب خروجی در محدوده بالا دستی ایستگاه هیدرومتری سنته در حوزه آبخیز دریاچه ارومیه در استان کردستان در ایران با مساحت ۲۵۳۰۶ kmانجام دادند . مشابهت سازی رواناب در یک بازه آماری هفت ساله ۲۰۰۷-۲۰۱۳ انجام شده . پنج سال ابتدایی این دوره ۲۰۰۷-۲۰۱۱ به جهت واسنجی مدل با استفاده از ۲۱ پارامتر مختلف و دو سال پایانی آن ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ جهت اعتبار سنجی با استفاده از دو شاخص آماری ضریب ناش ساتکلیف (NSE) و ضریب‌تعیین (R ۲)مورد بررسی‌قرار دادند. با توجه به هیدروگراف مشابه سازی شده و مشاهداتی رواناب ماهانه ، شاخص های آماری بر آورد شده مدل SWAT در زمان واسنجی و همچنین در زمان اعتبار سنجی در مقیاس دوره ماهانه دارای نتایج قابل قبولی در مشابهت سازی رواناب می‌باشد ، به طوری که مقادیر ضریب NSE و R ۲در زمان واسنجی به ترتیب ۰/۷۸ و ۰/۸۲ و برای دوره اعتبار سنجی ۰/۹ و ۰/۹۱ بر آورد شد. ان جانز و همکاران (۲۰۰۴) در عنوانی با نام تحلیل حساسیت متوسط رواناب سالانه به تغییرات اقلیم، تغییر در درصد متوسط رواناب را که ناشی از تغییرات اقلیمی بوده ، به توان دو پارامتر توده¬ای بارش رواناب SimHyd و AWBM حدس زد این تغییرات در ۲۲ حوضه آبریز در استرالیا که فراوانی اقلیمی گرم تا سرد و خشک تا مرطوب را زیر چتر حمایتی خود قرار می‌دهند برآورد گردید ، نتایج نمایش دادند که مدل‌ها حساسیت‌های مختلفی به تغییرات بارش و تبخیر پتانسیل نشان می¬دهند و از نتایج این پژوهش می¬توان در آنالیز حساسیت مدل¬های بالا در اقلیم¬های متنوع سهم برد.آونل در سال (۲۰۰۹) حین پژوهش های خود در حوزه آبخیز فیتزوری استرالیا، برای بررسی بارش –رواناب منطقه، از مدل AWBM بهره وری کرد. درانتها به این عملکرد رسید که این مدل به علت سهولت در پارامترهای ورودی از سایر مدل های بارش –رواناب کارایی مناسب تری را دارا می‌باشد.پرز سانچز و همکاران (۲۰۱۹) در یک مطالعه مقایسه ای از شش مدل تعادل هیدرولوژیکی را در چندین حوضه با شرایط آب و هوایی مختلف در اسپانیا در دوره ۱۹۷۷-۲۰۱۰ انجام داده است که عبارتند از معیار اطلاعات آکایک(AIC) ، معیار اطلاعات بیزی(BIC) ، ضریب کارایی مدل نش- ساتکلیف(NSE) ، ضریب تعیین(R2) ، درصد سوگیری .(PBIAS) ، و خطای نسبی بین حجم رواناب مشاهده شده و شبیه سازی شده .(REV) نتایج نشان می‌دهد که زمانی که حوضه‌های آبریز مرطوب‌تر باشند، نتایج به‌دست‌آمده بهتر است. مدل GR2M بهترین تناسب را در شبه جزیره اسپانیا در چارچوب شاخص خشکی UNEP بالای ۱ داد و مقادیر NSE بالای ۰,۷۵ در فاصله اطمینان ۹۵ درصد، GR2Mرا به عنوان بسیار خوب برای حوزه های آبخیز مرطوب طبقه بندی می کند.اونیوتا (۲۰۱۹) در مطالعه خود مدل هیدرولوژیکی را با تمرکز بر تغییرات جریان‌های فرعی (HMSV) معرفی کرد.. مدل معرفی شده و چارچوب کالیبراسیون در این مطالعه با استفاده از داده های آب و هواشناسی از حوضه آبی نیل اتیوپی در آفریقا آزمایش شد. هنگامی که رویکرد کالیبراسیون مرسوم از طریق استراتژی بهینه‌سازی خودکار اتخاذ شد، نتایج حاصل از HMSV بسیار قابل مقایسه با پنج مدل هیدرولوژیکی شناخته شده بین‌المللی (AWBM، IHACRES، SACRAMENTO، SIMHYD و TANK) بود. چارچوب عملکرد HMSV برای بازتولید چندک های جریان بالا و جریان کم افزایش داد.

۲-روش انجام تحقیق

- **محدوده مورد مطالعه**

دریاچه ارومیه (شکل ۱) و حوضه آبریز آن در منطقه کوهستانی شمال غرب ایران واقع شده است و مساحتی حدود ۵۲۰۰۰ کیلومتر مربع را پوشش می دهد. دریاچه ارومیه، دومین دریاچه بزرگ شور جهان، حدود ۵۰۰۰ کیلومتر مربع مساحت دارد و به استان های آذربایجان غربی و آذربایجان شرقی تعلق دارد.زمین شناسی خاص این منطقه، میزان زیاد تبخیر و تجمع ثابت املاح باعث ایجاد خاک های بسیار شور می شود. این دریاچه توسط برخی تالاب های آب شیرین احاطه شده است که از اهمیت اکولوژیکی برخوردار هستند. آب و هوای مدیترانه‌ای حوضه ارومیه تحت تأثیر کوه‌های مرتفع اطراف است و زمستان‌های سرد و تابستان‌های نسبتاً معتدل مشخص می‌شود. میانگین دراز مدت دمای حوضه ۰,۲ درجه سانتی گراد در زمستان (دسامبر-ژانویه-فوریه) و ۲۳,۹ درجه سانتی گراد در تابستان (ژوئن-

ژوئیه-آگوست) است، در حالی که میانگین دمای سالانه ۱۲,۳ درجه سانتی گراد است. جولای و آگوست گرم ترین و ژانویه و فوریه سردترین ماه های سال هستند. متوسط تبخیر بلند مدت (برای رکورد ۳۵ ساله از ۱۹۶۶ تا ۲۰۰۰) از دریاچه ارومیه ۱۳۷۳,۷ میلی متر در سال است و بیشترین تبخیر در تیر و مرداد مشاهده شده است. بارش در حوضه ارومیه ۳۰۲,۸ میلی متر در سال تخمین زده می شود که عمدتاً در دوره اکتبر تا مارس (با بیشترین میزان در بهار) است که طی آن منطقه تحت تأثیر فرارفت اجباری راسبی مدیترانه قرار می گیرد. گاهی اوقات، توده های هوای سیبری. در مقابل، بارندگی از ژوئن تا سپتامبر به دلیل تسلط پشته های سطح بالایی با فشار بالا نسبتاً کم است. تبخیر سالانه بسیار بیشتر از بارندگی سالانه است که نشان می دهد دریاچه از کمبود آب رنج می برد .(Habibi et al., 2021)
پژوهش حاضر شبیه¬سازی بارش رواناب بالادست ایستگاه هیدرومتری سنته در بخش جنوبی حوضه آبریز دریاچه ارومیه استان کردستان انجام خواهد گرفت موقعیت حوضه آبریز و۳ ایستگاه هیدرومتری در شکل ۱ آورده شده است. شکل ۱ موقعیت ایستگاه ¬های هیدرومتری و حوضه بالادست آنها ....



شکل ۱- موقعیت ایستگاه های هیدرومتری و حوضه بالادست

- **داده‌های مورد نیاز**

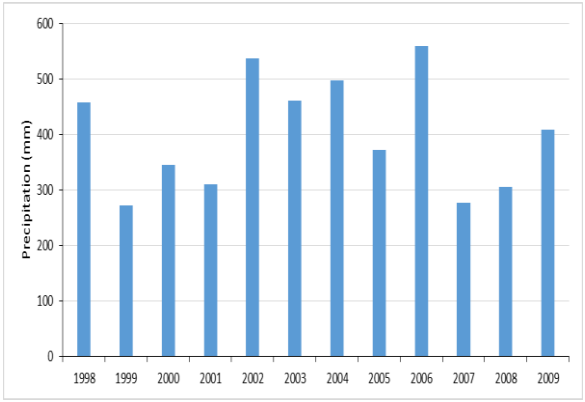
داده های مورد نیاز مدل AWBM برای مشابهت سازی عبارت است از اطلاعات بارش روزانه، رواناب روزانه و ماهانه و تبخیر ماهانه در هر حوضه. فایل ورودی اطلاعات برای استفاده در مدل تبدیل به ۴ فایل بارش روزانه ، تبخیر ماهانه ، رواناب روزانه و رواناب ماهانه می باشد (بوتون، ۲۰۰۲؛ ۲۰۰۴) . لازم به ذکر است که دبی روزانه باید به صورت دبی ویژه و بارش روزانه هم به صورت منطقه ای باید تهیه گردد .محاسبه دبی ویژه: میزان ارتفاع رواناب به میلیمتر را که به صورت روزانه در هر ایستگاه برآورد گردیده را دبی ویژه گویند. برای محاسبه دبی ویژه از رابطه زیر استفاده گردید:

"دبی ویژه" =Q/A(86/4)
(۱)

که در آن، Q: دبی روزانه به متر مکعب بر ثانیه و A مساحت حوضه بالادست به کیلومتر مربع می باشد .

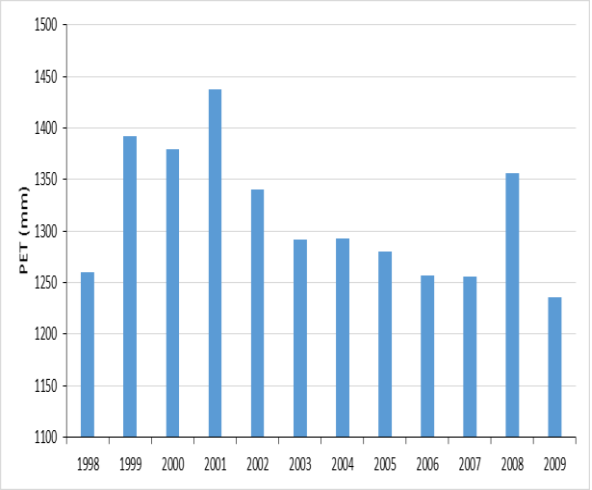
- **کنترل کیفی آنالیز**
- **بر مقادیر سالانه بارش و پتانسیل تبخیرتعرق**

مدل تعادل آب استرالیا (AWBM) یک مفهومی مفهومی بارش-رواناب است که رواناب حاصل از بارندگی را با افزایش‌های زمانی روزانه یا ساعتی محاسبه می‌کند (Boughton, 2004). AWBM حوضه آبریز را دارای سه ذخیره سطحی (A1، A2، A3) می داند که هر کدام دارای ظرفیت های ذخیره سازی خاص خود هستند (C1، C2، C3). هر فروشگاه سطحی به طور جداگانه درمان می شود. تعداد ذخایر سطحی انتخاب شده یک انتخاب عملگرایانه است تا مهارت کافی برای شبیه سازی رواناب بدون افزودن پارامترهای ممکن را نشان دهد و با خطر بهینه سازی بیش از حد مواجه شود (Boughton, 2004). در هر مرحله زمانی، بارندگی به هر یک از ذخایر سطحی اضافه شده و تبخیر و تعرق کم می شود. بخشی از مازاد بارندگی (زمان بارندگی شاخص جریان پایه) به سمت ذخیره آب زیرزمینی جریان می یابد و مابقی به رواناب سطحی تبدیل می شود. جریان پایه از ذخیره آب زیرزمینی به عنوان یک رکود خطی از ذخیره شبیه سازی شده است. رواناب کل مجموع رواناب سطحی و جریان پایه است (Boughton and Chiew, **2007**) . بدین منظور از داده های بارش ایستگاه سینوپتیک سقز به عنوان ورودی به مدل جهت شبیه سازی رواناب خروجی از ایستگاه های سنته بهره گرفته شد. هر چند که داده های ایستگاه های باران سنجی وزارت نیرو در بالادست این حوضه ها نیز در دسترس بود اما از یک طرف چون تعداد داده های گم شده این ایستگاه ها زیاد بوده و به نحوی بارش مدل سازی شده با استفاده از این ایستگاه ها معرف مناسبی برای حوضه مورد نظر نبود در نتیجه سعی شد از داده های نزدیکترین ایستگاه سینوپتیک به این حوضه ها استفاده شود . در **Error! Reference source not found.** سری زمانی بارش سالانه دو ایستگاه سینوپتیک سقز به صورت نمودار میله ای نشان داده شده است. در دوره ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۹ میانگین بارش سالانه ایستگاه سقز بترتیب ۴۰۰ میلیمتر می باشد . کمترین و بیشترین میزان بارش سالانه دوره مذکور در ایستگاه سقز مقدار ۲۷۲,۵ و ۵۵۹,۸ میلیمتر بترتیب برای سال های ۱۹۹۹ و ۲۰۰۶ می باشد .



شکل ۲- سری زمانی بارش سالانه ایستگاه سینوپتیک سقز

از دیگر ورودی های مدل سری زمانی تبخیر ، تعرق ، پتانسیل حوضه می باشد . از آنجا که روش های متنوعی برای محاسبه تبخیر ، تعرق ، پتانسیل وجود دارد، در این تحقیق از قویترین روش محاسبه یعنی روش پنمن- مانتیث استفاده شد. از آنجا که این روش به داده های هواشناسی زیادی نظیر بارش، دمای حداقل و حداکثر، سرعت باد ، میزان تابش خورشیدی و ... درمقیاس روزانه نیاز دارد و کلیه این داده‌ها در ایستگاه سینوپتیک سقز در دسترس بود در نتیجه از تبخیر تعرق پتانسیل محاسبه شده بر مبنای داده های این ایستگاه برای مدلسازی حوضه استفاده گردید. در شکل سری زمانی تبخیر تعرق پتانسیل به روش پنمن – مانتیث برای ایستگاه سینوپتیک نمایش داده شده است. کمترین و بیشترین میزان این پارامتر بترتیب ۱۲۵۷ و ۱۴۳۷ میلیمتر برای سال های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۱ می‌باشد.



شکل ۳. سری زمانی تبخیر تعرق پتانسیل سالانه ایستگاه سینوپتیک سقز محاسبه شده به روش پنمن - مانتیث

معیارهای آماری ارزیابی عملکرد مدل

ضریب ناش- ساتکلیف (NSE)

برای شبیه سازی مدل از داده های ورودی مشخص استفاده شد. دوره های کالیبره شده و تایید شده بدون داده های از دست رفته هستند. اگر بازده نش-ساتکلیف $0.5 < (NSE)$ باشد و اگر یک تناسب گرافیکی نسبتاً خوبی به دست آید، شبیه سازی قابل قبول خواهد بود. کالیبراسیون مدل توسط یک الگوریتم ژنتیک (تابع بهینه سازی) موجود در مدل HBV-light (Zhang et al., 2013) و در RRL (کتابخانه Rainfall-Runoff)، به عنوان یک محصول نرم افزاری در مجموعه ابزار مدل سازی حوضه انجام شد (Podger, 2015).. برای مدل ، NSE (معادله (۹)) به عنوان تابع هدف انتخاب شد (Seibert, 2000) .

تابع هدف را اندازه گیری خوبی برازش گویند و مقدار های بهینه پارامتر ها مقادیری هستند که مقدار حداقل تابع را نشان می دهند . در هر حوضه، مقدار تابع هدف به مقادیر تعیین شده پارامتر ها بستگی دارد. نقطه ای که تابع هدف به ازای پارامتر های مربوط حداقل می شود به نام نقطه بهینه پارامتر ها می باشد . در این مطالعه جهت ارزیابی نتایج شبیه سازی شده و داده های مشاهداتی در دوره آماری انتخابی از این ضریب استفاده شده است که فرمول محاسبه آن در زیر نمایش داده شده است.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_i \left(Q_{m,i} - Q_s\right)_i^2}{\sum_i \left(Q_{m,i} - \overline{Q_m}\right)^2}$$

- $\overline{Q_m}$: میانگین دبی مشاهداتی
- Q_s : نشان دهنده دبی محاسباتی
- $Q_{m,i}$: مقادیر مشاهده شده دبی در طول دوره شبیه سازی

و هر سه بر حسب m^3/s می باشند. محدوده عملکرد شاخص ارزیابی NSE در شبیه سازی صورت گرفته توسط مدل در جدول۱. آورده شده است .

جدول ۱. محدوده عملکرد و ارزیابی شاخص ناش ساتکلیف

نتیجه ارزیابی	ضریب ناش ساتکلیف (NSE)
بسیارخوب	$0.75 < NSE \leq 1$
خوب	$0.65 < NSE \leq 0.75$
رضایتبخش	$0.5 < NSE \leq 0.65$
غیرقابل قبول	$NSE \leq 0.5$

- **شبیه‌سازی بارش – رواناب**

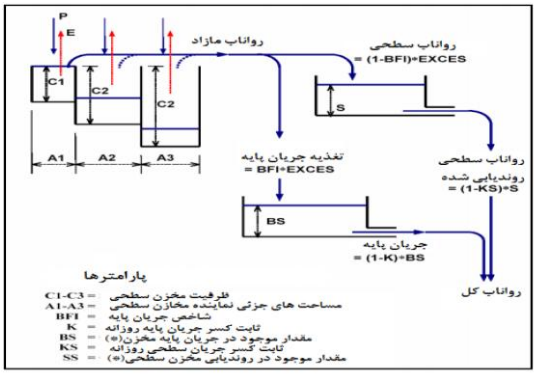
به‌منظور بررسی پارامترهای اقلیمی بر رواناب، استفاده از مدل‌های بارش-رواناب ضروری است. در این پژوهش، برای تولید رواناب ماهانه از رگرسیون ماشین بردار پشتیبان(SVR[1])، برنامه‌ریزی بیان ژن(GEP[2]) و آبهکرس (IHACRES [3])

[1] Support Vector Regression
[2] Genetic Expression Programming
[3] Identification of unit Hydrographs And Component flows from Rainfall, Evaporation and Streamflow data

استفاده‌شده است. مدل AWBM که اولین بار توسط بوتون (۱۹۹۳) ارائه شد یک مدل رایانه ای که کارکرد آبی برای مشابه سازی بارش رواناب محسوب میشود . مدل AWBM مدلیست که سطوح جزیی جریان سطحی انبوه است که از بارش روزانه و ساعتی ، تبخیر متوسط ماهانه و رواناب روزانه و ساعتی برای محاسبات استفاده میگردد . مکانیزم تولید رواناب دارای دو نظریه می باشد : ۱- نظریه هورتون (۱۹۳۳) که براساس این نظریه رواناب دیده می شود که شدت بارش از شدت نفوذ بیشتر می باشد . ۲- تئوری جریان سطحی اشباع هولت و هیبرت (۱۹۶۷) برطبق این نظریه زمانی رواناب به وجود می آید که خاک از آب اشباع شود . مدل AWBM بر مبنای نظریه جریان از سطوح جزئی اشباع که شبیه نظریه جریان سطحی اشباع است، توسعه یافته و برتری های آن بر سایر مدل های شبیه سازی بارش رواناب عبارتند از:

۱. داده های مورد نیاز مدل به آسانی در دسترس هستند
۲. مدل سه پارامتره است و در رودخانه های فصلی‌که آب پایه ندارد ، مدل یک پارامتره می‌شود
۳. ساختار مدل به نسبت ساده است
۴. مدل رواناب را در زمان های مختلف از مناطق مختلف محاسبه می‌کند.

در این مدل فرض بر این است که دو منبع اصلی آب پایه و رواناب سطحی اجزا تشکیل دهنده رواناب هستند . شکل (۴).



شکل ٤. ساختار مدل بارش رواناب AWBM

مدل AWBM از سه ذخیره سطحی (C1، C2 و C3) برای شبیه سازی سه ناحیه جزئی (A1، A2 و A3) رواناب استفاده می کند. تعادل آب هر ذخیره سطحی مستقل از سایرین محاسبه می شود (شکل ۱).. معادله بیلان آبی هر سطح به طوری است که بارش به ذخیره سطحی اضافه و تبخیر و تعرق از آن کم می شود . معادله بیلان آبی در حالتی که n تعداد ذخیره در حوضه باشد به صورت زیر می باشد (Arnold et al., 1198) :

$$Store_{n+1} = Store_n + Rain - Evan \quad (n = 1,2,3) \qquad (1)$$

به طور پیش فرض، مدل تعادل رطوبت هر ناحیه جزئی را در گام های زمانی روزانه محاسبه می کند. در هر مرحله زمانی، بارندگی به هر یک از سه ذخیره رطوبت سطحی اضافه می شود و تبخیر و تعرق از هر ذخیره کم می شود. اگر مقدار رطوبت در فروشگاه منفی شود، به صفر می رسد، زیرا تقاضای تبخیر و تعرق نسبت به رطوبت موجود برتری دارد. اگر مقدار رطوبت موجود در فروشگاه از ظرفیت انبار بیشتر شود، رطوبت مازاد بر ظرفیت تبدیل به رواناب می شود و ذخیره به ظرفیت بازنشانی می شود. (بوتون، ۲۰۰۲) . در مدل، فرض آن است که دو منبع اصلی رواناب سطحی و آب پایه ، رواناب تأمین می شود. این مدل سه ظرفیت ذخیره سطحی (C_3, C_2, C_1) و ۳ سطح متناظر با ظرفیت های ذخیره سطحی (A_3, A_2, A_1) و یک ظرفیت ذخیره متوسط (C_{ave}) دارد، رابطه های که بین این اجزا برقرار است:

$$A_1 = 0/133\, A_2 = 0/433\, A_3 = 0/433 \qquad (2)$$

$$C_1 = 0/01\frac{C_{ave}}{A_1} C_2 = 0/33\frac{C_{ave}}{A_2} C_3 = 0/66\frac{C_{ave}}{A_3} \qquad (3)$$

کالیبره کردن این مدل با زیر برنامه AWBM2002 است. در ابتدا این زیر برنامه یک C_{ave} در نظر می گیرد و با استفاده از BFI و K به دست آمده از زیر برنامه NBFLOW و به کمک رابطه های ۲ و ۳، مقادیر C_3, C_2, C_1 را با سطوح فرضی $A_1 = 0/133, A_2 = 0/433, A_3 = 0/433$ به دست می آورد و در نهایت این سه لوح را تصحیح می کند. C_{ave} در ابتدا از بین مقادیر مفروض ۵، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ که به صورت پیش فرض در مدل در نظر گرفته شده اند، به شکلی محاسبه می‌گردد که رواناب بدست آمده و رواناب واقعی به دست آمده از رابطه زیر دارای کم ترین اختلاف باشند :

$$Act = e1A1 + e2A2 + e3A3 \qquad (3)$$

- Act : مقدار رواناب واقعی ماهانه
- e_n : رواناب محاسباتی ماهانه از هر یک از سطوح ذخیره
- A_n : سطح هر ظرفیت ذخیره است (بوتون، ۲۰۰۲).

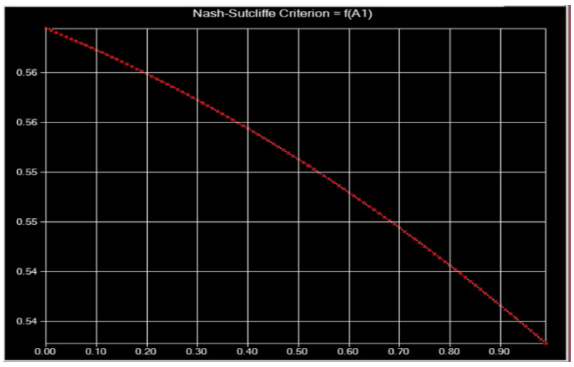
زمان استفاده از مدل اول پارامترهای بهینه مدل در هر حوضه مشخص کردیم، بعد ارزیابی مدل در پیش بینی رفتار حوضه ها با استفاده از پارامترهای بهینه شده انجام گرفت و در نهایت رواناب خروجی شبیه سازی شده هر حوضه به دست آمد (Sharifi et al., 2002).

۳- نتایج

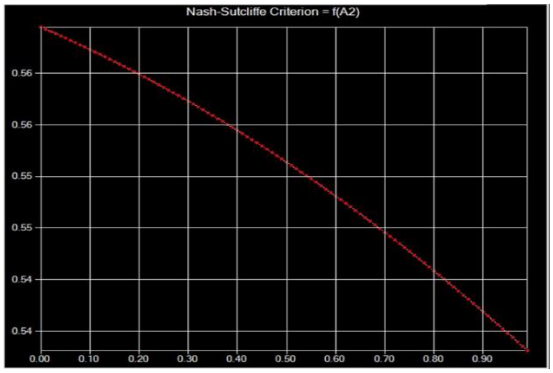
حساسیت‌سنجی پارامترهای مدل

نتایج حساسیت سنجی پارامتر های مدل مربوط به مدلسازی در تا **Error! Reference source not found.**

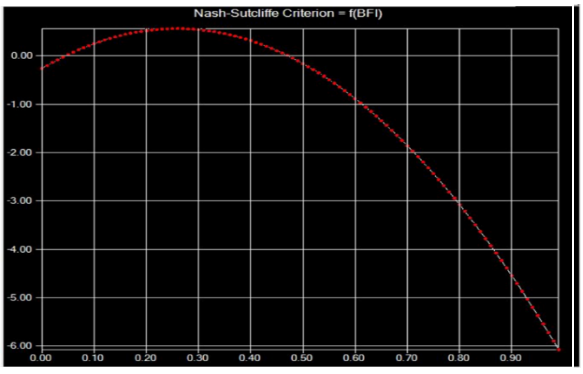
Error! Reference source not found. آمده است. همانطور که مشخص است حساسیت مدل به پارامترهای A1 و A2 بسیار زیاد بوده بطوریکه هرچه مقادیر این پارامتر به سمت کران پایین محدوده تغییرات ائلیه میل می کند مقادیر تابع هدف بهینه تر می شود . در خصوص پارامتر BFI در بالادست ایستگاه سنته حساسیت مدل هرچه مقدار این پارامتر به سمت مقادیر پایین در همسایگی ۰,۲ تا ۰,۳ میل کند مقادیر تابع هدف بهتری را نتیجه می‌دهد . با توجه به نتایج حساسیت سنجی مشخص می شود که با تغییر مقادیر پارامترهای C2 و C1 تابع هدف تغییر خاصی ندارد و عملا مدل به این دو پارامتر حساس نیست. اما در مورد پارامتر C3 باید گفت که نوسانات زیادی در نتایج مقادیر تابع هدف با تغییر این پارامتر مشاهده می‌شود بطوریکه بازه اپتیمم تغییر آن در همسایگی ۱۰۰۰ در مرحله واسنجی در نظر گرفته می‌شود . بازه بهینه تغییر پارامترهای KBase و KSurf نیز در نزدیکی مقدار ۱ می‌باشد بطوریکه در مرحله واسنجی بازه تغییرات این پارامتر محدوده های ۰,۸ تا ۱ در نظر گرفته خواهند شد.



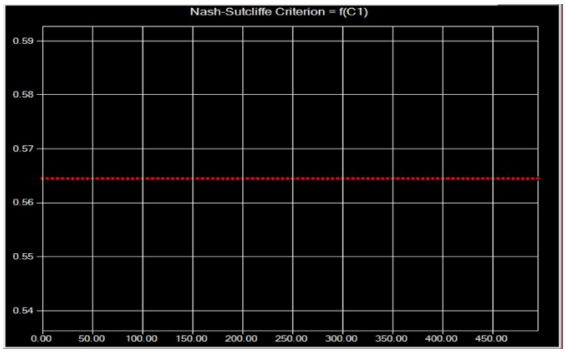
شکل ۵. حساسیت سنجی نتایج مدل به تغییرات پارامتر A1



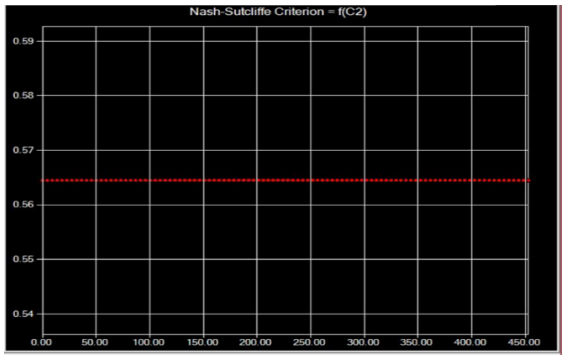
شکل ٦. حساسیت سنجی نتایج مدل به تغییرات پارامتر A2



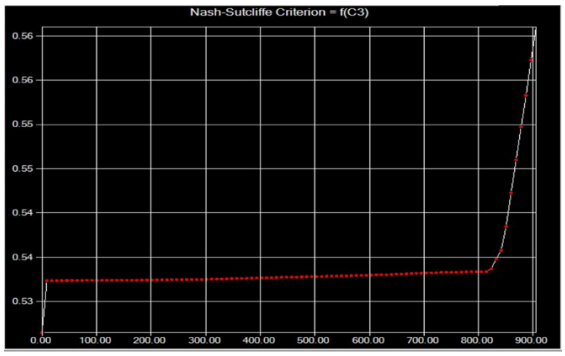
شکل ۷. حساسیت سنجی نتایج مدل به تغییرات پارامتر BFI



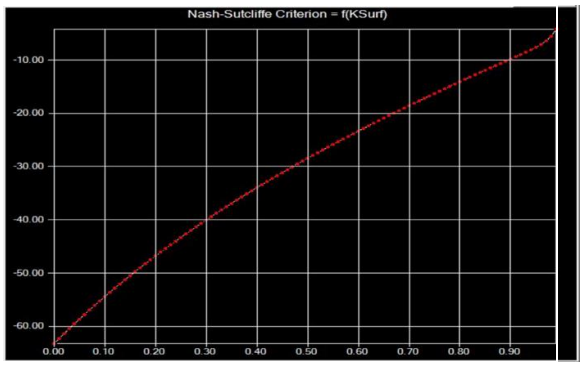
شکل ۸ . حساسیت سنجی نتایج مدل به تغییرات پارامتر C1



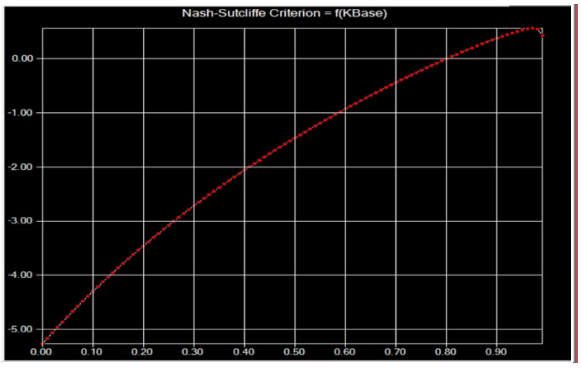
شکل ۹. حساسیت سنجی نتایج مدل به تغییرات پارامتر C2



شکل ۱۰. حساسیت سنجی نتایج مدل به تغییرات پارامتر C3



شکل ۱۱. حساسیت سنجی نتایج مدل به تغییرات پارامتر KSurf



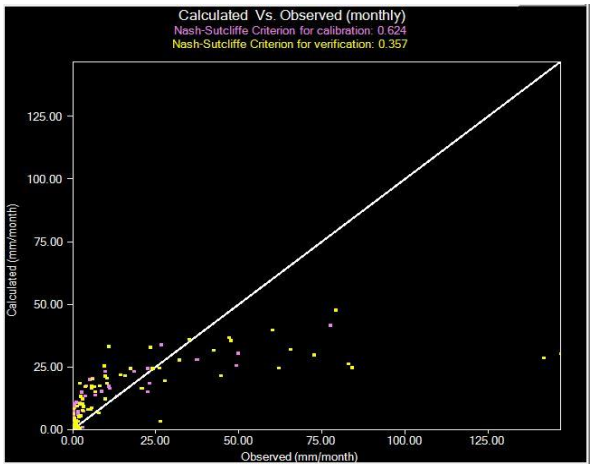
شکل۱۲.حساسیت سنجی نتایج مدل به تغییرات پارامتر KBase

پیش‌بینی دبی

پس از مرحله حساسیت سنجی، محدوده تغییرات بهینه پارامتر ها مشخص و پس از تنظیم این محدوده ها اقدام به واسنجی یا کالیبراسیون پارامتر های مدل بصورت بهینه سازی شاخص نش- ساتکلیف مقادیر ماهانه رواناب خروجی از ایستگاه ها با الگوریتم بهینه سازی زنتیک شد . نتایج مدلسازی حوضه بالادست ایستگاه سنته بصورت مقادیر بهینه شده پارامتر های مدل در **Error! Reference source not found.** و نتایج عملکرد مدل در دوره واسنجی و اعتبار سنجی در **Error! Reference source not found.** آمده است . عملکرد شبیه سازی فرآیند بارش- رواناب حوضه بالادست ایستگاه سنته با مدل AWBM برای دروه واسنجی با مقدار نش بالاتر از ۰.۶ خوب و قابل قبول اما برای دوره اعتبارسنجی عملکرد مدل رضایت بخش نبوده است.

جدول ٤-١- مقادیر نهایی پارامترهای کالیبره شده- ایستگاه سنته

سنته		
پارامتر	محدوده تغییرات اولیه	مقادیر نهایی
A1	۰-۱	۰,۰۰۱۹۶
A2	۰-۱	۰,۲۱۱۳۵
BFI	۰-۱	۰,۸۷۸۴۳
C1	۰-۱۰۰۰	۸,۶۰۴۰۴
C2	۰-۱۰۰۰۰	۳۳۳,۵۴۱۶۴
C3	۰-۵۰۰۰	۷۰۲,۹۴۷۹۷
Kbase	۰-۱	۱
Ksurf	۰-۱	۰,۸۷۴۵۱



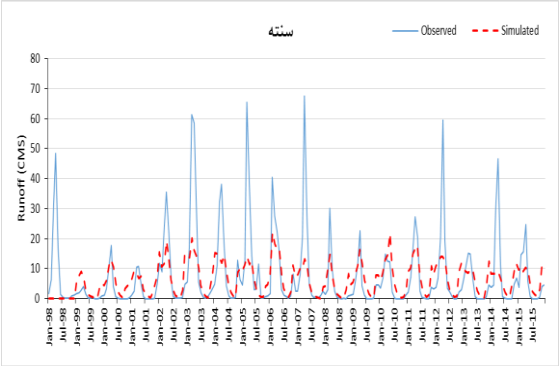
شکل ۱۳. Scatter Plot مقادیر دبی مشاهداتی و شبیه سازی شده به همراه مقادیر شاخص نش- ساتکلیف دوره های واسنجی و اعتبار سنجی

با توجه به شکل ۱۳ که مقادیر نش - ساتکلیف دوره های واسنجی و اعتبار سنجی و مقایسه با مقادیر تائید شده برای مدلسازی هیدرولوژیکی مشخص می‌گردد که در دوره واسنجی شبیه سازی هیدرولوژیکی حوضه بالادست ایستگاه عملکرد خوب و قابل قبولی داشته اما در دوره اعتبار سنجی عملکرد مدل رضایت بخش نبوده است.

• نتیجه‌گیری

تعیین رواناب حاصل از بارش یکی از موارد بسیار مهم در تحلیل مسائل هیدرولوژی و مدیریت منابع آب می باشد . استفاده از مدل های تجربی به منظور برآورد رواناب سالانه در حوضه هایی که فاقد ایستگاه های آبسنجی می باشد از دیرباز در مطالعات هیدرولوژی مورد توصیه قرار گرفته است . در این تحقیق با بکار بستن مدل AWBM در برآورد روان آب و مقایسه نتایج حاصل از این مدل ها با نتایج حاصل از تحلیل آمار ایستگاه های هیدرومتری حوزه آبخیز دریاچه ارومیه استان کردستان اقدام به انتخاب روش تجربی مناسب جهت برآورد رواناب شد .

سری زمانی دبی های مشاهداتی و شبیه سازی شده ایستگاه سنته در شکل ۱۴ آمده است.



شکل ١٤. سری زمانی مقادیر دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی شده

با نگاهی به نمودارها مشخص می‌شود که متاسفانه مدل توانایی شبیه سازی دبی های پیک را ندارد . چندین عامل را می‌توان دلیل این نقص دانست . ابتدای امر اینکه مقادیر بارش ثبت شده در ایستگاه ها معرف مناسبی برای بارش حوضه نیستند . هر چند که در مدل AWBM قابلیت تغییر مقادیر داده های ورودی با ابزار Data Scaling وجود دارد و از این ابزار با تعریف Scale مناسب نتایج ارائه شده بدست آمد اما باز این Scaling به دلیل محدودیت نتوانسته در ماه های با دبی پیک مقادیر بارش را به نحوی افزایش دهد که دبی شبیه سازی شده به دبی پیک نزدیک شود . از طرف دیگر به دلیل اینکه هر سه زیر حوضه مورد بررسی کوهستانی بوده و اختلاف ارتفاع زیادی در حوضه وجود دارد ، لذا بارش قابل ملاحظه تر در ارتفاعات امری بدیهی است و از آنجا که به جز ابزار Data Scaling ابزار دیگری برای نزدیک کردن مقادیر بارش ورودی به واقعیات منطقه وجود ندارد . در بعضی مدل های هیدرولوژیکی مانند SWAT ، برای شبیه سازی هیدرولوژیکی در مناطق کوهستانی امکان تعریف باند های ارتفاعی و نیز تعریف گرادیان ارتفاعی بارش وجود دارد و این امر سبب می شود که بارش مدل شده در ارتفاعات به مراتب از بارش ثبت شده در ایستگاه بیشتر در نظر گرفته شود .

در کل عملکرد مدل AWBM در شبیه سازی بارش – رواناب نـش – سـاتکلیف بیشـتر از ۰,۷ بسـیار خـوب ارزیـابی میگـردد. حوضه بالادست ایستگاه سنته در دوره واسنجی با مقدار شـاخص

منابع

- Nasseri, M., Zahraie, B., Poorsepahy-Samian, H., Khodadadi, M., Dolatabadi, N. (2021). Evaluation of Empirical Methods to Estimate Streamflow in Ungauged Basins (Case Study: the Sefidroud Watershed). Geography and Environmental Planning, 32(1), 1-24.
- Ismaili, A. and Samii, M. 2011. Evaluation of Experimental Methods for Estimating Runoff in the Strait of Khosavi Watershed in Fars Province, Proceedings of the 7th National Conference on Watershed Management Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology.
- Davoodi Rad, 2006. Calibration of Experimental Relationships of Runoff Height Estimation and Their Comparison with Mathematical Models of Runoff Height Estimation, Second Water Resources Management Conference.
- Fathzadeh, A., Fattahi, A., Hazarkhani, N and Shahbazi, M, 2010. The most appropriate method for estimating annual runoff in arid and semi-arid regions (Case study: Yazd province), Proceedings of the Sixth National Conference on Watershed Management Science and Engineering and the Fourth National Conference on Erosion and Sediment, Noor.Kalantari, n. and Bazrafkan, M, 2003. Investigation of experimental methods for estimating annual runoff in the Yellow River watershed, the seventh conference of the Iranian Geological Society.
- Golpayegani, F., Ghanbarpour M.R. and Malekian, A, 2007. Estimation of runoff height and discharge in different return periods for small basins using experimental methods, the 4th National Conference on Watershed Management Science and Engineering of Iran Watershed Management.
- Arnaud, M.; Emery, X. Estimation and Spatial Interpolation: Deterministic Methods and Geostatistics Methods; Hermès: Paris, France, 2000; p. 221.
- Behmanesh J., Jabari A., Montaseri M. and Rezaei H. (2014). Comparing AWBM and SimHyd models in rainfall-runoff modeling (Case study: Nazlou Chay catchment in west Azarbijan). Geogr. Environ. Plan., 52(4), 155–168 [In Persian].
- Arnold, J.G.; Srinivasan, R.; Muttiah, R.S.; Williams, J.R. Large-area hydrologic modeling and assessment: Part I. Model development. J. Am. Water Resour. Assoc. 1998, 34, 73–89.
- Beven, K.J. Rainfall-Run-off Modelling: The Primer; Wiley: Chichester, UK, 2001.
- Boughton, W. The Australian water balance model. Environ. Model. Softw. 2004, 19, 943–956.
- Carpenter, T.M. Discretization scale dependencies of the ensemble flow range versus catchment area relationship in distributed hydrologic modeling. J. Hydrol. 2006, 328, 242–257.
- Habibi, M.; Babaeian, I.; Schöner, W. Changing Causes of Drought in the Urmia Lake Basin—Increasing Influence of Evaporation and Disappearing Snow Cover. Water 2021, 13, 3273.
- Singh, V.P. Watershed Modeling. In Computer Models of Watershed Hydrology, 1st ed.; Water Resources Publications: Highlands Ranch, CO, USA, 1995.
- Singh, V.P.; Frevert, D.K. Mathematical Models of Small Watershed Hydrology and Applications; Water Resources Publications: Littleton, CO, USA, 2002.
- Viney, N.R.; Croke, B.F.W.; Breuer, L.; Bormann, H.; Bronstert, A.; Frede, H.; Gräff, T.; Hubrechts, L.; Huisman, J.A.; Jakeman, A.J.; et al. Ensemble modelling of the hydrological impacts of land use change. In Proceedings of the MODSIM05—International Congress on Modelling and Simulation: Advances and Applications for Management and Decision Making, Melbourne, Australia, 12–15 December 2005; Zerger, A., Argent, R.M., Eds.; ANU: Canberra, Australia, 2005; pp. 2967–2973.
- Xiong, L.; Guo, S. A two-parameter monthly water balance model and its application. J.Hydrol. 1999, 216, 111–123.

- Hewlett, J.D. and A.P. Hibbert. 1967. Factors affecting response of small watersheds to precipitation in humid areas. In Forest Hydrology, Edited by W.E. Sopper and H.W. Lull, 275-290, Pergammon, New York.
- Horton, R.E. 1933. The role of infiltration in the hydrologic cycle. Transactions of American Geophysical Union, 1(14): 446-460.
- Sharifi, F.A.S.; Safarpour, S.; Ayubzadeh, S.A. Evaluation of AWBM 2002 simulation model in 6 Iranian representative catchments. Pajouhesh-Va-Sazandegi. Nat. Resour. 2004, 17, 35–42.
- Boughton, W.; Chiew, F. Estimating run-off in ungauged catchments from rainfall, PET and the AWBM model. Environ. Model. Softw. 2007, 22, 476–487.
- Seibert, J. Multi-criteria calibration of a conceptual runoff model using a genetic algorithm. Hydrol. Earth Syst. Sci. 2000, 4, 215–224.

Investigation Using AWBM Model for Monthly Runoff Simulation of Urmia Lake Basin in Kurdistan Province, Sonnate station

Meysam Parvaz [1], Seyed Vahid Shahoui [2*]

1- M. Graduated from the Department of Civil Engineering (Engineering and Management of Water Resources), Institute of Higher Education; Knowledge Development, Sanandaj, Iran.

[*]2- Assistant Professor, Department of Civil Engineering (Engineering and Management of Water Resources), Institute of Higher Education; Knowledge Development, Sanandaj, Iran.

[*]Email Address: Parvazmaysam29@gmail.com

Abstract

Introduction

Changes in community conditions, population growth, inappropriate and unprincipled use of available water resources and climate change are known as the reasons for the decrease in available water resources in recent years. Hence the need for integrated management of existing water resources is quite obvious. One of the important parameters for sustainable planning and management of water resources is the estimation of river flow. In recent decades and with the increasing development of computer technologies, many rainfall-runoff models have been developed for different purposes, each of which has advantages and disadvantages. Simulation is to understand the relationships governing the process of runoff. Simulation is used when the goal is not to involve the main system or the main system is not available. Simulation itself has been a major issue in terms of runoff forecasting and management in hydrological research. One of the most basic topics in hydrological sciences is understanding and recognizing and understanding the processes of production and flow transfer from input to output of the field. It is necessary to generalize through them those votes that do not have a voice, which is not a sign that it's not a sign, and the ideas of the day that this method of influence came into being. The relationship between precipitation and runoff is of great importance in hydrological studies. Because precipitation data are widely used in flood and runoff forecasts, they can use the available information to fill statistical gaps in runoff data. To achieve this goal, identifying the relationship between runoff and water is of high importance and key. calibrated the evaluation of annual water waste estimation in the watersheds of Khuzestan plain with experimental relations and finally this study showed that the coefficients of Katain method are 2.06, Justin 0.63, Institute of Agricultural Sciences method India is 4.67. These coefficients showed that in three methods, respectively, 90% of the level of trust and in the method of the Institute of Crop Sciences of India, 95% of the level of trust was achieved. evaluated experimental methods for estimating runoff in Band-e-Mandar watershed of Fars province. In this study, 6 experimental methods of runoff calculation including Katain, Indian Agricultural Institute, Justin, World Meteorological Organization, Irrigation Department of India and Khozla were estimated.

Methodology

Lake Urmia catchment area with geographical coordinates of 44 degrees and 7 minutes to 47 degrees and 53 minutes east longitude and 35 degrees and 40 minutes to 38 degrees and 30 minutes north latitude is located in northwestern Iran. The area of this basin is 51876 square kilometers, which is 15 / Covers 3% of the total area of the country. The amount, about 5822 square kilometers is the area of the lake itself, which is related to the height of the lake water and changes with its increase or decrease. The present study will simulate the runoff upstream of the Safakhaneh hydrometric station in the southern part of the catchment area of Lake Urmia in Kurdistan Province. The location of the catchment and 3 hydrometric stations are shown in Figure 0.3. Annual precipitation values and evapotranspiration potential as mentioned in the previous sections, in order to simulate the runoff precipitation process with the AWBM model, precipitation, potential, evaporation, transpiration data for modeling and

runoff output from hydrometric stations are needed to calibrate and validate the model. For this purpose, precipitation data of Takab synoptic station were used to model the upstream basin of Safakhaneh station. Although data from the Ministry of Energy rain gauge stations upstream of these basins were also available, on the one hand, because the number of missing data from these stations is high and somehow modeled rainfall using these stations, there was no suitable representative for the desired basin, so we tried to use the data of the nearest synoptic station to this basin.Statistical criteria for model performance evaluation Nash-Sutcliffe Coefficient (NSE) The objective function is called a good fit measurement, and the optimal values of the parameters are values that represent the minimum value of the function. In each basin, the value of the objective function depends on the set values of the parameters. The point at which the objective function is minimized for the related parameters is called the optimal point of the parameters. The most common objective function used to calibrate hydrological models is the Nash-Sutcliffe efficiency coefficient. The NSE coefficient is a coefficient that shows the relative difference between the observed and simulated values. In this study, this coefficient has been used to evaluate the simulated results and observational data in the selected statistical period. Shown below.

NSE=1-(∑_i▒(Q_(m,i)-Q_s)_i^2)/(∑_i▒(Q_(m,i)-(Q_m)¯)^2)

Observational flow rate Q_s: Indicates computational flow Q_ (m, i): Observed flow rates during the simulation period And all three are in terms of m ^ 3⁄s. The performance range of the NSE evaluation index in the simulations performed by the model is given in Table (3-2). Rainfall-runoff simulation In order to study climatic parameters on runoff, it is necessary to use rainfall-runoff models. In this study, support vector machine regression (SVR), gene expression programming (GEP) and IHACRES (IHACRES) were used to generate monthly runoff. All AWBMs provided (3) are all computers whose functionality is similar to that of a valid computer..The AWBM model uses surface storage capacities (C3, C2, C1) with areas (A3, A2, A1) to simulate runoff levels, and the water function of each storage surface is independent of the others in daily time steps (or Hourly) is calculated. The water balance equation of each surface is such that precipitation is added to the surface reserve and evaporation and transpiration are reduced. The equation of water balance in case n is the number of reserves in the basin is as follows:

Store_(n+1)=Store_n+Rain-Evan (n=1,2,3)

Where, zero is considered when the storage moisture content is negative, but if the storage moisture is more than the reservoir capacity, the excess moisture is converted to runoff and the storage moisture remains equal to the reservoir capacity .In the model, it is assumed that the two main sources of surface runoff and base water are runoff. This model has three surface storage capacities (C_3, C_2, C_1) and 3 levels corresponding to surface storage capacities (A_3, A_2, A_1) and an average storage capacity (C_ave), the relationships between these components are:

A_1=0⁄133 A_2=0⁄433 A_3=0⁄433

C_1=0⁄01 C_ave/A_1 C_2=0⁄33 C_ave/A_2 C_3=0⁄66 C_ave/A_3

Calibrate this model with AWBM2002 subroutine. Initially, this subroutine is considered a C_ave and using BFI and K obtained from the NBFLOW subroutine and with the help of relations 2 and 3, the values of C3, C2, C1 with hypothetical levels A1 = 0⁄133, Gets A2 = 0⁄433, A3 = 0⁄433 and finally corrects these three tablets. C_ave is first calculated from the assumed values of 5, 50, 100, 150 and 300, which are considered by default in the model, in such a way that the runoff obtained and the actual runoff obtained from the following equation have a low The most differences are:

Act=e1A1+e2A2+e3A3

The amount of actual monthly runoff e_n: Monthly computational runoff from each of the stored weapons A_n: The level of each storage capacity.

Conclusion

In order to sensitize the model parameters, first define the range of changes for each and by adjusting the parameters of the optimization algorithm and defining the number of iterations, the process of optimizing the target answer, the Nash-Sutcliffe criterion for each iteration is calculated and based on The changes of each parameter and the corresponding answer are plotted, from which the sensitivity analysis of the objective function to the desired parameter can be performed. For the refinery station, the sensitivity results are as shown in Figure 0 1 to Figure 0 8. As it turns out, the objective function is sensitive to changes in the values of A1 in such a way that as it tends to the lower limit of the change range, the values of the objective function improve, resulting in a change in the parameter change range for the calibration step. Parameter A2 is the same as A1, except that the optimal range of variation is 0-0.3. The sensitivity of the objective function values to the values of the BFI parameter is completely opposite to parameters A1 and A2, so that the closer the value of this parameter is to one, the more optimal the objective function values are. The sensitivity of the model to the parameters C1, C2 and C3, however, is low in a wide range of their variation. Changing the KBase and KSurf parameters will also result in better values of the target function in the range of 0.8 to 1.

The time series of observational and simulated discharges of the hospital station is shown in Figure 0 26. Looking at the diagrams, it is clear that unfortunately the model does not have the ability to simulate peak discharges. Several factors can be attributed to this defect. First of all, the amount of rainfall recorded at the stations is not a good indicator of rainfall in the basin. Although in the AWBM model, it is possible to change the amount of input data with the Data Scaling tool, and from this tool, the results were obtained by defining the appropriate scale, but due to limitations, this scaling could not calculate the precipitation values in the months with peak flow. Increase in such a way that the simulated flow approaches the peak flow. On the other hand, because all three sub-basins are mountainous and there is a large difference in altitude in the basin, so considerable rainfall at higher altitudes is obvious, and since other than the Data Scaling tool, another tool to approximate rainfall values There is no entrance to the realities of the region. In some hydrological models such as SWAT, for hydrological simulation in mountainous areas, it is possible to define altitude bands and also to define the altitude gradient of precipitation, and this causes the precipitation modeled at altitudes far from the precipitation recorded in More stations to be considered. Overall, the performance of the AWBM model in precipitation-runoff simulation of the upstream basin station in the calibration period with a Nash-Sutcliffe index value greater than 0.7 is very good.

Keywords

Rainfall – runoff; water resources management; simulation; Urmia Lake catchment; Kurdistan; AWBM