

کلیدواژه‌ها: *ARC SWAT*، چهریق علیا، حوزه آبخیز،
ضریب تعیین، ضریب فشر سندکور، نرم آماری *SPSS*

مقدمه

در کشور ما، اکثر حوزه‌های آبخیز، به‌ویژه حوزه‌های آبخیز کوهستانی، فاقد ایستگاه‌های اندازه‌گیری به تعداد کافی هستند که هرگونه برنامه‌ریزی عمرانی و مدیریتی را با معضل و یا حتی شکست مواجه می‌کند [۱۳]. در خصوص مدل‌سازی هیدرولوژیکی حوزه‌های آبخیز با استفاده از مدل‌های مختلف در داخل و خارج مطالعات زیادی انجام شده است. آلانسی و همکاران [۵] با استفاده از مدل *SWAT* اقدام به مدل‌سازی رواناب و بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بالادست حوزه برنام در کشور مالزی نمود. پارک و همکاران [۱۷] مطالعه‌ای با هدف ارزیابی مدیریت چرای جایگزین بر کیفیت آب در مقیاس حوزه آبخیز و همچنین مقیاس مزرعه در حوضه کلیرکریک^۳ در قسمت‌های شمالی و مرکزی تگزاس با استفاده از نرم‌افزار *SWAT* انجام دادند. همچنین کوندو و همکاران [۱۵] در مطالعه‌ای باهدف ارزیابی اثرات تغییر کاربری اراضی بر بیلان آب بخشی از رودخانه نارمادا^۴ هند انجام داد. راجیندر سینگ و همکاران [۱۹] در مطالعه‌ای به مدل‌سازی هیدرولوژیکی حوزه آبخیز باریناله با استفاده از مدل *ARC SWAT* پرداختند. کمال کمار و همکاران [۱۴] در تحقیقی با استفاده از مدل هیدرولوژیکی *SWAT* مدیریت حوزه آبخیز رودخانه اترک را مورد بررسی قرار دادند. بوشلیکا و همکاران [۱۱] در تحقیقی با استفاده از مدل‌سازی هیدرولوژیکی *SWAT* براساس دو نوع داده حوزه آبخیز سد بنی هارون، الجزایر را مورد بررسی قرار دادند. عباسپور و همکاران [۱] با استفاده از مدل *SWAT* اقدام به شبیه‌سازی تمام پروسه‌های مؤثر بر کمیت آب، رسوب در شمال شرق کشور سوئیس نمودند. حسینی و همکاران [۱۰] در طی یک پژوهش مدل *SWAT* را از بین ۱۵ مدل هیدروکلیماتولوژی به‌عنوان مدل مناسب برای شبیه‌سازی رواناب ماهانه انتخاب کرد. حسینی و همکاران [۹] تحقیقی با عنوان واسنجی مدل *SWAT* در منطقه طالقان انجام دادند. احمدآبادی و همکاران [۳] به تحلیل اثرات عملیات آبخیزداری بر خصوصیات هیدروژئومورفولوژیکی حوزه آبخیز عنبران چای با استفاده از مدل *SWAT* پرداخته‌اند. عارفی اصل و همکاران [۲] در مطالعه‌ای کارایی

مدل‌سازی هیدرولوژیکی حوزه آبخیز زولاچای شهرستان سلماس (چهریق علیا) در محیط GIS با استفاده از مدل *SWAT*

ابوالفضل قنبری^۱ و وحید عیسی‌زاده^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۹

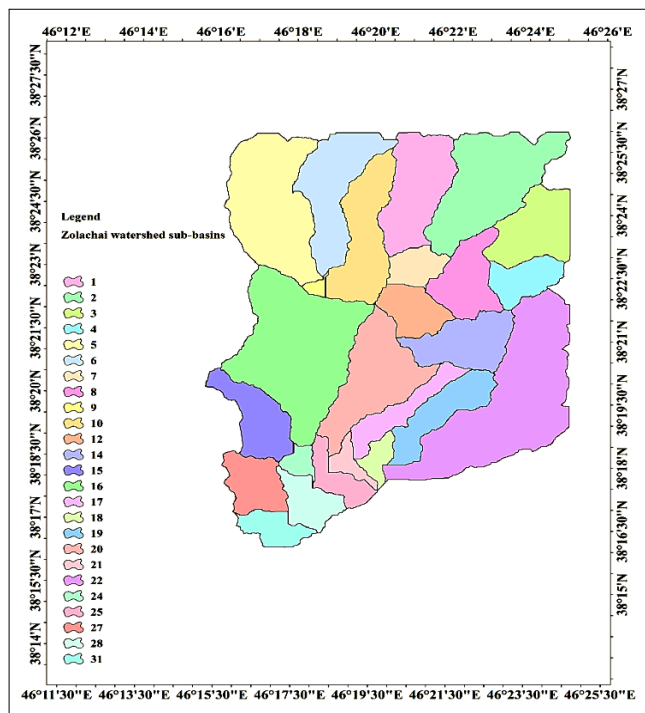
چکیده

در پژوهش حاضر از مدل *ARC SWAT* در نرم‌افزار *ARC GIS* برای مدل‌سازی حوزه آبخیز زولاچای شهرستان سلماس (چهریق علیا) استفاده شد. برای تحلیل حساسیت، واسنجی، از نرم‌افزار آماری *SPSS* استفاده شده است. در مدل به‌کار رفته از داده‌های بارش، درجه حرارت کمینه، درجه حرارت بیشینه و رطوبت نسبی روزانه از ایستگاه‌های باران‌سنجی و سینوپتیک حوزه مورد مطالعه به مدت ۳۵ سال (۱۳۶۳ تا ۱۳۹۸)، برای پنج دوره آماری هفت ساله، برای ماه‌های فروردین، مهر و آبان ماه استفاده شد. برای واسنجی مدل *ARC SWAT* در نرم‌افزار آماری *SPSS* از شاخص‌های عدم قطعیت، ضریب تعیین، انحراف استاندارد، سطح معناداری و ضریب فشر سندکور استفاده شده است. نتایج شاخص عدم قطعیت برای ماه‌های فروردین، مهر و آبان به ترتیب ۰/۸، ۰/۳۰ و ۰/۵ درصد بوده است و شاخص ضریب تعیین حوزه آبخیز برای این سه ماه به ترتیب ۰/۱۱۴، ۰/۵۵۷۸ و ۰/۱۵۵۱ درصد را نشان دارد و شاخص انحراف استاندارد برای ماه فروردین ۰/۹۷ و برای ماه مهر ۷/۰۷ و برای آبان ماه ۱/۰۹ درصد بوده است. شاخص سطح معنی‌داری برای این سه ماه عدد ۰/۸۷ درصد را نشان داد. ضریب فشر سندکور به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم اعتبارسنجی حوزه آبخیز برای هر سه ماه عدد ۰/۹۱ درصد را نشان داد.

۱- نویسنده مسئول و دانشیار گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، ایران. پست الکترونیک: a_ghanbari@tabrizu.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران.

3. Clear Creek
4. Narmada



شکل ۱- نقشه موقعیت حوزه آبخیز مورد مطالعه

Fig 1. Location map of the study area

روش تحقیق

در سال ۱۹۹۰ جف آرنولد، مدل ARC SWAT را برای اولین بار در تحقیقات کشاورزی آمریکا طراحی و پایه‌گذاری کرد. این مدل، مدلی فیزیکی و نیمه توزیعی است که برای مدل‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی تهیه شده است. نقشه مدل رقومی ارتفاعی برای تعیین ویژگی ارتفاع حوزه آبخیز و تعیین خروجی حوزه، ترسیم شبکه جریان رودخانه‌ای و تعیین مرز حوزه و زیر حوضه‌ها مورد استفاده در مدل واقع می‌شود. در این مدل زیر حوضه‌ها به حوضه‌های کوچک‌تری به نام پاسخ هیدرولوژیکی یکسان (HRU) تقسیم می‌شوند که این واحدهای اراضی یکپارچه دارای ترکیبات یکسانی از پوشش خاک و مدیریت هستند [۱۶] در مدل ARC SWAT برای محاسبه همه شاخص‌های مربوط به حوزه آبخیز در هر واحد هیدرولوژیکی از رابطه (۱) استفاده می‌شود.

$$SWt = SWO + \sum_{i=1} (Rday - Qsur - Ea - Weep - Qgw) \quad (1)$$

در این رابطه، SW_t مقدار نهایی آب موجود در خاک (میلی‌متر)، SWO مقدار اولیه آب موجود در خاک (میلی‌متر)، T زمان، برحسب روز، R_{day} مقدار بارش در روز (میلی‌متر)، Q_{sur} مقدار رواناب سطحی در روز (میلی‌متر)، Ea مقدار تبخیر و تعرق در روز (میلی‌متر)، W_{seep} مقدار آب نفوذی به لایه فوقانی خاک در روز (میلی‌متر)، Q_{gw} مقدار آب زیرزمینی برداشت شده در روز (میلی‌متر) است. اطلاعات مکانی

مدل SWAT را در برآورد غلظت رسوب و دبی متوسط روزانه در حوزه آبخیز چهل‌چای در شرق استان گلستان مورد ارزیابی قرار دادند. ابراهیمی و همکاران [۶] به مقایسه دو مدل بارش-رواناب SWAT و IHACRAS برای شبیه‌سازی جریان حوزه آبخیز رودخانه دویرج در استان ایلام پرداختند. در تحقیقی دیگر کارایی مدل SWAT در حوزه آبخیز تالار استان مازندران نیز توسط غلامی و همکاران [۸] مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مطالعه از نرم‌افزار ARC SWAT در محیط جی‌آی‌اس برای مدل‌سازی هیدرولوژیکی حوزه آبخیز زولاچای شهرستان سلماس (چهریق علیا) واقع در جنوب غربی شهرستان سلماس که یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب برای کشاورزی منطقه استان آذربایجان غربی می‌باشد، استفاده گردید. علت انتخاب این حوزه به‌عنوان منطقه مورد مطالعه، پر آب بودن حوزه و احداث سد‌های است که بر روی این حوزه پر آب بسته شده، که باعث می‌شود کشاورزان در این حوزه با مشکلات زیادی از جمله کمبود آب مواجه شوند. هدف از این مطالعه، مدل‌سازی هیدرولوژیکی حوزه آبخیز، شبیه‌سازی دبی هیدرولوژیکی حوزه آبخیز و شناسایی پارامترهای حساس هیدرولوژیکی مرتبط با آن و نتایج واسنجی مدل برای سه ماهه است. همچنین، در این پژوهش، میزان دبی حوزه آبخیز منطقه مورد مطالعه برای بازه‌های زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۸، برای پنج دوره آماری هفت ساله مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت. با توجه به تحقیقات انجام گرفته در اکثر نقاط دنیا در استفاده از مدل نیمه توزیعی ARC SWAT و کارایی آن در نشان دادن وضعیت زمانی و مکانی حوزه آبخیز از نظر تولید دبی، هدف از این تحقیق مدل‌سازی هیدرولوژیکی حوزه آبخیز زولاچای شهرستان سلماس (چهریق علیا) و شبیه‌سازی دبی سه ماهه به علت پر بودن حوزه بوده است و دلیل انتخاب مدل ARCSWAT در این حوزه، کمبود ایستگاه‌های هیدرومتری با توجه به وسعت منطقه و کوهستانی بودن حوزه بوده است. در این پژوهش تحلیل حساسیت و واسنجی با استفاده از نرم‌افزار SPSS و آمارهای مشاهده‌ای ایستگاه‌های هیدرومتری حوزه‌های آبخیز انجام گردید.

مواد و روش‌ها

موقعیت حوزه مورد مطالعه

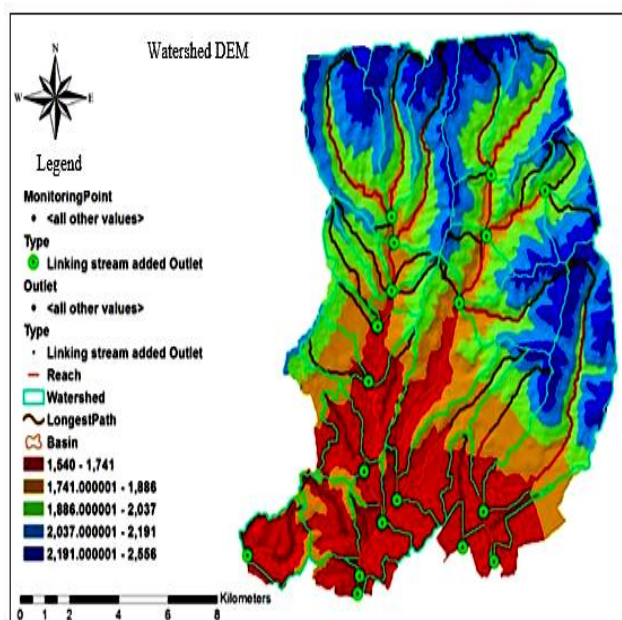
حوزه آبخیز زولاچای شهرستان سلماس (چهریق علیا) به‌عنوان بخشی از حوزه آبخیز دریاچه ارومیه، در جنوب غربی شهرستان سلماس در استان آذربایجان غربی در منطقه مرزی ایران و ترکیه واقع شده است. این حوزه با مساحت ۸۲۳ کیلومتر مربع در محدوده ۳۸ درجه تا ۱۱ دقیقه و ۵۱ ثانیه شمالی و ۴۴ درجه تا ۴۶ دقیقه و ۱۶ ثانیه شمال شرقی واقع شده (شکل ۱) است. مرتفع‌ترین نقاط حوضه در امتداد مرز بین ایران و ترکیه در دامنه کوه هراول داغ و کوه قرا داش به ارتفاع ۳۰۰۰ متر و کم ارتفاع‌ترین نقطه حوزه دارای ارتفاع ۱۴۵۰ متر از سطح دریا در محل خروجی زولاچای شهرستان سلماس (چهریق علیا) است.

۳۵ ساله از سال‌های ۱۳۶۳ تا ۱۳۹۸ بر اساس گام‌های زمانی ماهانه در حوزه آبخیز زولاچای شهرستان سلماس (چهریق علیا) صورت گرفت. برای صحت‌سنجی مدل ۴ سال از داده‌ها کنار گذاشته شده تا مدل با شرایط محیطی متعادل شود. بتوانیم و بخواهیم به‌طور مداوم مکرر پارامترها را تغییر دهیم. از آنجاکه این عمل بسیار وقت‌گیر و زمان‌بر است از مدل ARC SWAT استفاده شده است. این امر زمانی میسر شد. بنابراین واسنجی و کالیبراسیون مدل با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده برای سال‌های آماری ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۸ این سه ایستگاه هیدرومتری به نام‌های چهریق علیا، یالقوز آغاچ و تمر انجام شده است. بعد از واسنجی مدل عمل اعتبارسنجی بکارگرفته شد و پس از آن مدل موردنظر در حوزه مورد مطالعه مورد ارزیابی کلی قرار گرفت. نتایج حاصل از این مدل با استفاده از نرم‌افزار SPSS برای ماه‌های مهر، آبان و فروردین مورد تحلیل قرار گرفت.

شبیه‌سازی جریان حوزه آبخیز با استفاده از مدل ARC SWAT

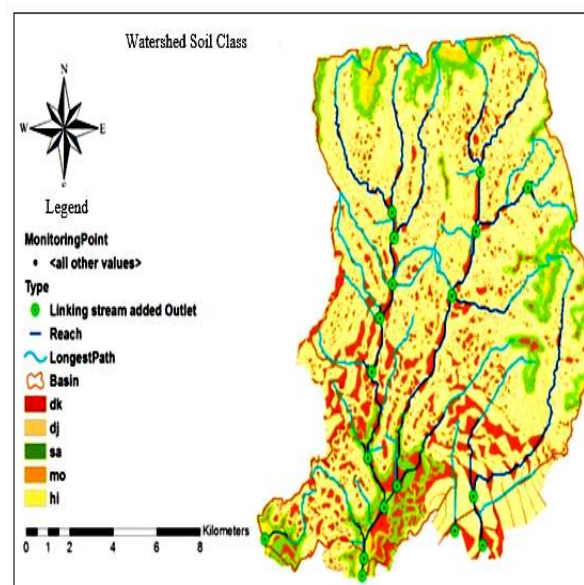
مدل ARC SWAT یک مدل جامع و کامل در مقیاس حوزه آبخیز می‌باشد که برای دوره‌های زمانی طولانی مدت تهیه و ارائه گردیده است [۱۸]. در این پژوهش از نسخه ARC SWAT 2017 فرمت رستری و با اندازه سلول ۳۰ در ۳۰ متر در مدل مورد استفاده قرار گرفت. شکل (۲-۳-۴). سه نقشه مذکور در محیط نرم‌افزار ARC GIS از طریق افزونه مدل ARC SWAT باهم ترکیب شدند. حاصل کار این مرحله تشکیل ۱۲۴ واحد هیدرولوژیکی و تشکیل ۳۱ زیر حوزه بود.

مورد نیاز برای مدل نیمه توزیعی ARC SWAT در این پژوهش شامل نقشه مدل رقومی ارتفاعی (DEM) نقشه کاربری اراضی و نقشه خاک می‌باشد. هر سه این نقشه‌ها با اندازه سلول ۳۰ متری تهیه شده و در قالب لایه‌های رستری به مدل معرفی شدند. مدل برای شناسایی خصوصیات ظاهری و تشخیص محل آبراهه‌ها و نیز زیر حوزه‌ها از نقشه مدل رقومی ارتفاعی استفاده گردید و از داده‌های هواشناسی شامل بارندگی، درجه حرارت کمینه، درجه حرارت بیشینه و رطوبت نسبی در مقیاس زمانی روزانه از ایستگاه باران‌سنجی و سینوپتیک حوزه آبخیز به مدت ۳۵ سال (۱۳۶۳ - ۱۳۹۸) برای پنج دوره آماری ۷ ساله تهیه شد. برای تنظیم پارامترهای مدل و تعیین وضعیت پایه، مدل ARC SWAT در نرم‌افزار ARC GIS 3/5 اجرا گردید و مرز حوزه بر اساس نقطه خروجی واقع در ایستگاه هیدرومتری بسته شد. از آنجاکه حوزه زولاچای شهرستان سلماس (چهریق علیا) در منطقه کوهستانی قرار دارد، برای در نظر گرفتن تأثیر کوه بر باران و دما، مدل رقومی ارتفاعی به ۵ طبقه تقسیم شد تا برای هر طبقه ارتفاعی، میزان انباشت و تصعید برف به‌صورت جداگانه در هر زیر حوزه تعیین گردد. اعتبار سنجی مشابه مرحله واسنجی است. با این تفاوت که در آن داده‌های شبیه‌سازی شده توسط مدل در یک دوره زمانی متفاوت از دوره واسنجی با واقعیت مقایسه می‌گردد. در نتیجه اعتبارسنجی اعتمادپذیر بودن مدل واسنجی شده را برای استفاده از داده‌های مستقل و بازه‌های زمانی آینده تعیین می‌کند. پس از آماده‌سازی و ورود داده‌ها، شبیه‌سازی و برای دوره آماری



شکل ۳- خروجی نقشه مدل رقومی ارتفاعی حوزه آبخیز زولاچای شهرستان سلماس (چهریق علیا) از مدل ARC SWAT

Fig 3. Output of digital elevation model map of Zola chai watershed of Salmas city (Chehric Alia) from ARC SWAT model



شکل ۲- خروجی نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز زولاچای شهرستان سلماس (چهریق علیا) از مدل ARC SWAT

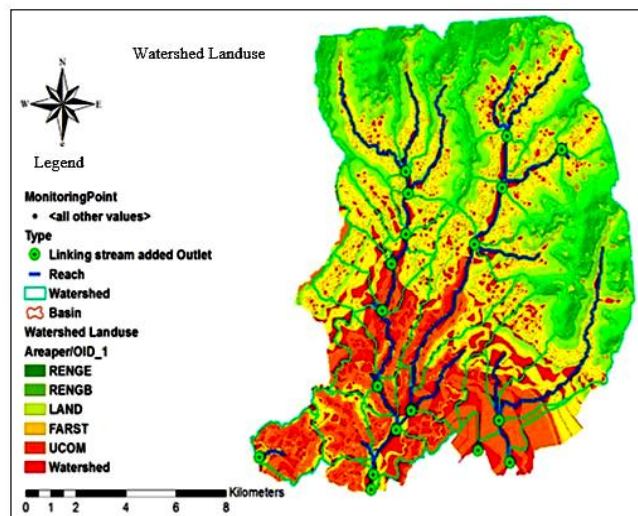
Fig 2. Output of land use map of Zolachai watershed in Salmas city (Chehric Alia) from ARC SWAT model

۵/۵۸۴ و ۵/۵۹۹ مترمکعب بر ثانیه است. توجه به شکل (۶) می‌توان گفت بیش‌ترین دبی شبیه‌سازی شده حوزه آبخیز برای ماه مهر در سال ششم مقدار ۶۴/۷۱ مترمکعب بر ثانیه بوده درحالی‌که برای این دوره مقدار دبی مشاهداتی (واقعی) عدد ۱۰۳/۴۲۶ مترمکعب بر ثانیه را نشان داد. نتایج اولیه دبی شبیه‌سازی شده با دبی واقعی (مشاهداتی) در ماه آبان متفاوت از ماه مهر است چراکه مقدار دبی شبیه‌سازی شده و واقعی برای آبان ماه در سال اول، دوم و سوم بسیار به هم نزدیک بوده و میزان دبی شبیه‌سازی شده به ترتیب برای بر ثانیه و ۷/۰۰۳ متر مکعب بر ثانیه را نشان داد. درحالی‌که میزان دبی مشاهداتی برای سال‌های اول، دوم و سوم به ترتیب ۵/۹۵۴، ۶/۴۰۴ و ۷/۲۴۵ متر مکعب بر ثانیه بوده است. این مقادیر برای دبی شبیه‌سازی شده و دبی مشاهداتی نشان‌دهنده‌ی این واقعیت است که میزان دبی برای سه سال متوالی روندی نسبتاً یکسانی داشته تا این که این روند در سال چهارم روند صعودی خود را طی کرده و در سال هفتم به بیشترین میزان دبی مشاهداتی یعنی ۱۰۵/۷۵۵ مترمکعب بر ثانیه رسیده است. درحالی‌که میزان دبی شبیه‌سازی شده برای حوزه آبخیز در همین سال عدد ۸۱.۴۹ مترمکعب بر ثانیه را نشان داد. نتایج خروجی دبی شبیه‌سازی شده است. در شکل (۷) نتایج اولیه دبی شبیه‌سازی شده حوزه مورد مطالعه نشان داده شده است. دبی واقعی در شکل (۸) گویای این واقعیت است که دبی فروردین ماه در دوره سه ساله بسیار نزدیک به دوره سه ساله آبان ماه است. و نهایتاً در سال هفتم روند نزولی به خود گرفته است. که میزان این روند نزولی برای دبی شبیه‌سازی شده ۳/۸۶۰ و برای دبی مشاهداتی (واقعی) ۱۰/۷۸۱ متر مکعب بر ثانیه را نشان داد.

جدول (۱)- پارامترهای حساس مدل و مقدار نهایی آن‌ها

Table 1. Sensitive parameters of the model and their final

value	
نام شاخص‌های مدل	توضیحات
Name of model indicators	Description
R2	ضریب تعیین
Sum of Squares	مجموع مربعات
Standard Deviation	انحراف استاندارد
Mean of squares	میانگین مربعات
Fisher Sandkor	تابع فیشر سندکور
P value	سطح معناداری
Uncertainty	عدم قطعیت



شکل ۴- خروجی نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز زولاچای

شهرستان سلماس (چهریق علیا) از مدل ARC SWAT

Fig 4. Output of land use map of Zolachai watershed in Salmas city (Chehric Alia) from ARC SWAT model

نتایج

مدل‌های هیدرولوژیکی و کیفیت آب به پارامترهای ورودی زیادی نیاز دارند که تعداد آن‌ها با قطعیت کامل معلوم نیست [۱۲]. به دلیل این عدم قطعیت، مدل‌ها قادر به توصیف دقیق فرایندهای هیدرولوژیکی و شیمیایی تحت شرایط طبیعی نمی‌باشند. پارامترهای حساس و نهایی در جدول (۱) ارائه شده‌اند و نتایج حاصل از این ۷ پارامتر برای تحلیل حساسیت مدل در جدول (۲) برای اندازه‌گیری مقادیر دبی در ایستگاه‌های هیدرومتری (چهریق علیا، یالقوز آغاج و تمر) حوزه آبخیز منطقه مورد مطالعه استفاده شد و به منظور تحلیل کیفیت نتایج واسنجی مدل‌سازی معکوس علاوه بر مقادیر ۱ شاخص انحراف استاندارد، ۲ شاخص ضریب تعیین و فیشر سندکور تابع استفاده شد. شاخص ضریب تعیین از طریق رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

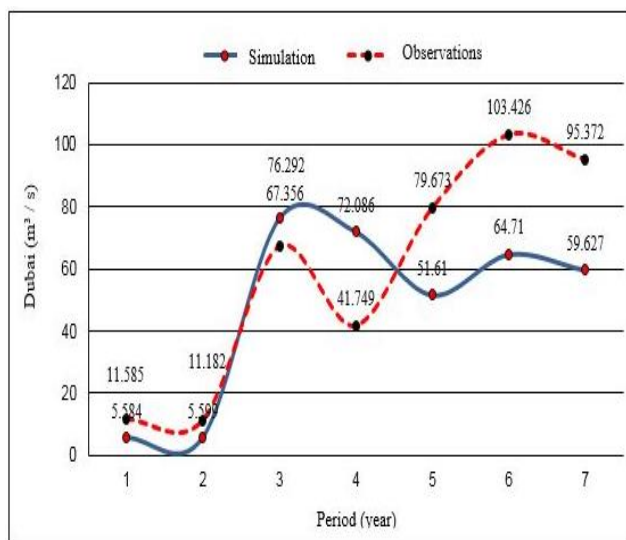
$$R^2 = \frac{[\sum(Q_{mj} - Q_m)(Q_{sj} - Q_s)]^2}{\sum_i(Q_{mj} - Q_m)^2 \sum_i(Q_{sj} - Q_s)^2} \quad (2)$$

در این رابطه Q_{mj} مقادیر دبی اندازه‌گیری شده، Q_{sj} مقادیر شبیه‌سازی شده توسط مدل Q_s و متوسط مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده می‌باشند [۴]. نتایج واسنجی مدل در بازه زمانی ۱۳۶۳ - ۱۳۹۸، برای ماه مهر، آبان و فروردین در شکل (۵)، (۶) و (۷) نشان داده شده است. میزان دبی شبیه‌سازی شده و مشاهداتی برای سال اول و دوم بسیار به هم نزدیک بوده و میزان این نزدیکی برای دبی شبیه‌سازی شده و دبی مشاهداتی حوزه آبخیز به ترتیب

جدول ۲- نتایج خلاصه مدل در مرحله واسنجی آنالیز حساسیت سه ماهه

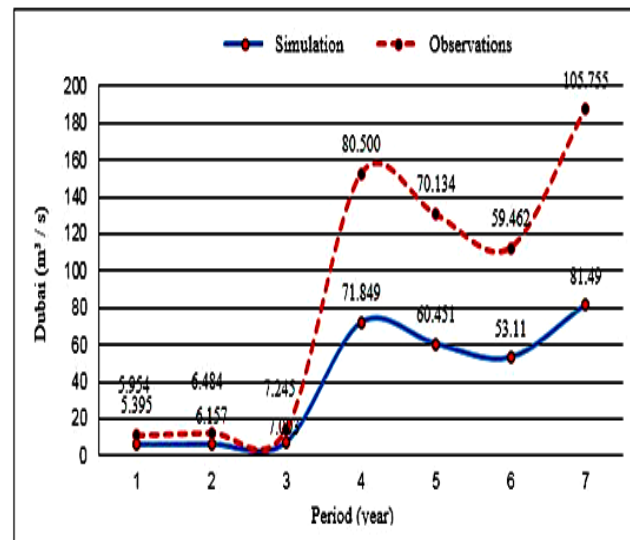
Table2. Results of the model summary in the calibration phase of quarterly sensitivity analysis

نام ایستگاه Station name	حوزه آبخیز زولاچای شهرستان سلماس (چهریق علیا) Zolachai watershed of Salmas city (Chehric Alia)
طول دوره آماری The length of the statistical period	7
ضریب تعیین (درصد) R2	0.5578, 0.551, 0.114
مجموع مربعات (درصد) Sum of Squares	8.93
انحراف استاندارد (درصد) میانگین مربعات (درصد) Mean of Squares	7.07, 1.09, 0.97
تابع فیشر سندکور (درصد) Fisher Sandkor	Standard Deviation 4.33
سطح معنی داری (درصد) P value	0.91
عدم قطعیت (درصد) Uncertainty	0.87
	0.3, 0.5, 0.8



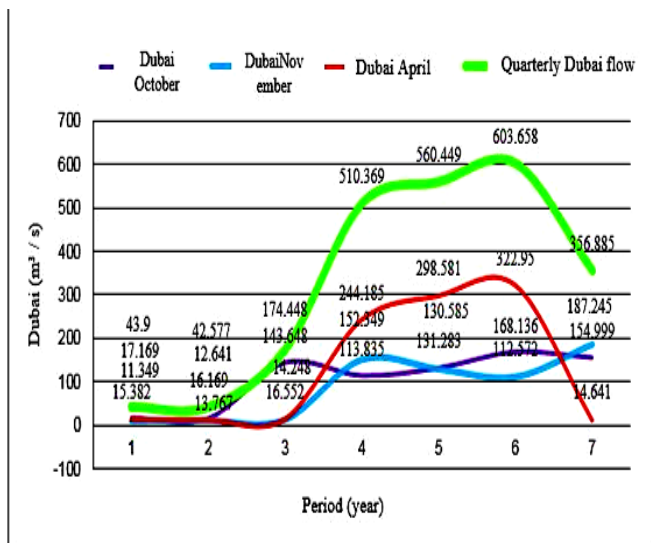
شکل ۶- نتایج اولیه شبیه سازی دبی در خروجی حوزه آبخیز زولاچای شهرستان سلماس (چهریق علیا) در ماه آبان

Fig 6. Preliminary results of Dubai simulation at the outlet of Zola chai Salmas watershed (Chehric Alia) in November



شکل ۵- نتایج اولیه شبیه سازی دبی در خروجی حوزه آبخیز زولاچای شهرستان سلماس (چهریق علیا) در ماه مهر

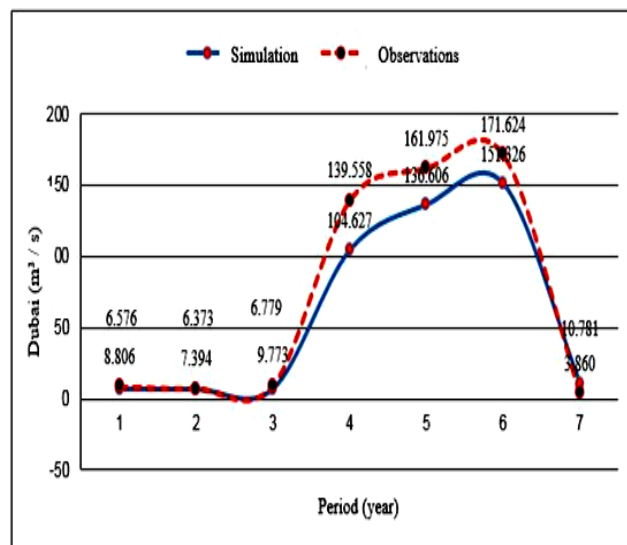
Fig 5. Preliminary results of Dubai simulation at the outlet of Zola chai watershed in Salmas city (Chehric Alia) in October



شکل ۸- نتایج واسنجی جریان دبی سه ماهه در حوزه آبخیز زولاچای شهرستان سلماس (چهریق علیا)

Fig 8. Calibration results of quarterly discharge in Zolachai watershed of Salmas city (Chehric Alia)

به ترتیب عدد ۰/۵۵۷۸، ۰/۵۵۱ درصد و ۰/۱۱۴ درصد را نشان داد. میزان انحراف استاندارد برای ماه مهر ۷/۰۷، ماه آبان ۱/۰۹ و ماه فروردین ۰/۹۷ درصد بوده است. نتایج شاخص عدم قطعیت برای ماه مهر، آبان و فروردین به ترتیب ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۸ درصد را نشان داد. در حالی که میزان شاخص سطح معنی داری برای حوزه آبخیز در مرحله سنجش آنالیز حساسیت ۰/۸۷ درصد و میزان ضریب فیشر سندکور (F) عدد ۰/۹۱ درصد را در خروجی مدل فوق برای سه ماه مهر، آبان و فروردین نشان داد. یکی از محدودیت‌های مدل ARC SWAT برای مدل‌سازی حوزه آبخیز تأمین داده و اطلاعات می‌باشد. چون این مدل به طور نسبی داده‌های زیادی را برای مدل‌سازی حوزه آبخیز طلب می‌کند. بنابراین مدل ARC SWAT می‌تواند به عنوان مدلی مناسب برای مدل‌سازی حوزه آبخیز مناطق مختلف مورد استفاده قرار گیرد. مقایسه نتایج به دست آمده با نتایج سایر تحقیقات مشابه صورت گرفته در سطح جهان [۷ و ۲۰]. نشان می‌دهد که با وجود چالش‌های مربوط به داده‌های ورودی برای حوزه آبخیز مورد مطالعه، دقت مدل‌سازی و شبیه‌سازی قابل قبول و تقریباً مشابه با نتایج سایر محققین به دست آمده است [۱۰]. این پژوهش اطلاعات مفیدی را در مورد جریان حوزه آبخیز و دبی شبیه‌سازی شده حوزه آبخیز زولاچای شهرستان سلماس (چهریق علیا) فراهم نموده و به برنامه‌ریزی دقیق‌تر پروژه‌های منابع آب کمک می‌کند. از نتایج این پژوهش می‌توان برای پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم و اقدامات مدیریتی قابل اجرا در منطقه که به صورت سناریوهایی به مدل ارائه می‌شود، استفاده کرد.



شکل ۷- نتایج اولیه شبیه سازی دبی در خروجی حوزه آبخیز زولاچای شهرستان سلماس (چهریق علیا) در فروردین ماه

Fig 7. Preliminary results of Dubai simulation at the outlet of Zolachai watershed in Salmas city (Chehric Alia) in April

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف مدل‌سازی هیدرولوژیکی حوزه آبخیز با استفاده از مدل نیمه توزیعی با توان مدل‌سازی هیدرولوژیکی حوزه آبخیز به انجام رسید. به دلیل اینکه سد زولا در بخش زولاچای شهرستان سلماس منطقه چهریق علیا به عنوان بخشی از منطقه مورد مطالعاتی تعیین گردید. بدین منظور مدل ARC SWAT در این پژوهش هم را برای سه سال متوالی طی کرده است و در سال پنجم و ششم به بیشترین میزان موجود رسیده و نهایتاً در سال هفتم روند نزولی به خود گرفته است. که میزان این روند نزولی این روند نزولی برای دبی شبیه سازی شده ۳/۸۶۰ و برای دبی مشاهداتی (واقعی) ۱۰/۷۸۱ متر مکعب بر ثانیه را نشان داد. مورد استفاده و ارزیابی قرار گرفت. در راستای اهداف این پژوهش نتایجی قابل ارائه می‌باشد. بنابراین نتایج نهایی در این پژوهش نشان داد که میزان دبی شبیه‌سازی شده و دبی مشاهداتی (واقعی) برای ماه مهر، آبان و فروردین در دوره‌های ۱ تا ۳ ساله شباهت بسیار نزدیکی به هم داشته و مهم‌ترین تفاوت این سه ماه در دوره هفتم بوده و ماه آبان در این دوره دارای بیشترین میزان دبی مشاهداتی و دبی شبیه‌سازی شده می‌باشد و این میزان برای دبی مشاهداتی ۱۰۵/۷۵۵ متر مکعب بر ثانیه بوده در حالی که میزان دبی شبیه‌سازی شده در این دوره برای ماه آبان عدد ۸۱/۴۹ متر مکعب بر ثانیه را نشان داد. قابلیت مدل ARC SWAT در مدل‌سازی هیدرولوژیکی حوزه آبخیز در مرحله واسنجی با استفاده از معیارهای R^2 ، STD ، P -Value، $Uncertainty$ ، F ضریب فیشر سندکور در خروجی حوزه برای ماه مهر، آبان و فروردین

9. Hosseini, M. and Ashraf, M.A. 2015. Application of the SWAT Model for Water Components Separation in Iran. Springer, 97-98. (In Persian).
10. Hosseini M., Ghafoori S.M., Sovm M.A., Ghazali A., Mohammad Sharif A. 2010. Calibration and Validation of SWAT Model in Taleghan Watershed, 6th national conference on watershed science and engineering and 4th national conference on erosion and sediment, Tarbiat Modarres University. (In Persian).
11. Hamid, B. Zakaria, K. Abdel Halim, B. Fadila B. 2019. Hydrological modeling using the SWAT model based on two types of data from the watershed of Beni Haroun dam, Algeria. <https://doi.org/10.2478/jwld-2019-0065>. (In Persian).
12. Haan, C. T. Jonson, H. P. and Brakensiek, D. L. 1982. Hydrologic modeling of small watersheds. American society of Agricultural Engineers, Vol 23(4): 532.
13. Khalighi Sigarudi, Sh. T. ZinatiShoae, A. Salajeghe, A. Kohandel and Gh. Mortezaei. 2009. Simulating runoff using semi-distributed method in watershed with limited data, case study: Latian watershed. Proceedings of 5th National Conference of Watershed Management Sciences and Engineering (Sustainable Management of Natural Hazard), Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Vol 18(12): 180-188. (In Persian).
14. Kamal Kumar P. Jasodani1 and Dr. Pradeep P. Lodha2. 2020. SWAT Hydrological Model for Watershed Management in Watrak River Basin, GEDRAG & ORGANISATIE REVIEW - ISSN: 0921-5077.
15. Kundu, S., Khare, D., Mondal, A. 2017. Past, present and future land use changes and their impact on water balance. Journal of Environmental Management, Vol.17 (16): 582-596.
16. Neitsch, S.L. Arnold, J.G. Kiniry, J.R. and Williams, J.R. 2002. Soil and Water Assessment Tool, Ser's anua Versi n 2000, 289p.
17. Park, J.Y. Ale, S. Teague, W.R. 2017. Simulated water quality effects of alternate grazing management practices at the ranch and watershed scales. Ecological Modelling, Vol 360(24): 1-13.
1. Abushpur, E.H. and Broder, M. 2011. Application of IHACRES rainfall-runoff model to the Wadi Dhuliel arid catchment, Jordan. J. Water Clim. Change, 15(8): 56-71. (In Persian).
2. Arefi ASL, A. Najafinejad, A. Kiani, F. and Salman Mahini, A. 2013. Runoff and sediment simulation using SWAT model in Chehel Chay watershed of Golestan province. Journal of Rangeland and Watershed Management, 66 (3): 446-433. (In Persian).
3. Ahmadabadi, Ali et al. 2016. Analysis of the effects of watershed management operations on the hydro geomorphological characteristics of Anbaran Chay watershed using the SWAT semi-distributed model, Tarbiat Modares University Spatial Planning Quarterly, Vol 21(2): 35-55. (In Persian).
4. Abbas pour, K. C. Yang, J. Maximov, I. Siber, R. Bogner, K. Mieleitner, J. Zobrist, J. and Srinivasan, R. 2007. Modelling hydrology and water quality in the pre-alpine/ Alpine Thur watershed using SWAT Journal of Hydrology, Vol 33(2): 413-430. (In Persian).
5. Alansi, A.W. M.S.M. Amin, G. Abdul Halim, H.Z.M. Shafri and W. Aimrun. 2009. Validation of SWAT model for stream flow simulation and forecasting in Upper Bernam humid tropical river basin, Malaysia. Hydrology and Earth System Sciences, Vol 6(5): 7581-7609.
6. Ebrahimi. E. H. Introduction. H v. Karimi. 2014. Comparison of two rainfall-runoff models to simulate flow (Case study: Doviraj river basin in Ilam province), Iranian Journal of Natural Resources, Vol 69(3): 541-529. (In Persian).
7. Feyereisen, G.W., T.C. Strickland, D.D. Bosch and D.G. Sullivan. 2007. Evaluation of SWAT manual calibration and input parameter sensitivity in the little river watershed. American Society of Agricultural and Biological Engineers, Vol 50(9): 843-855.
8. Gholami, A. K. Witness. Habib Nejad Roshan.K. M vafahkah Soleimani. 2016. Evaluation of the efficiency of the SWAT semi-distributed model in river flow simulation (Case study of the Talar watershed of Mazandaran province), Iranian Journal of Soil and Water Research, Vol 48(3): 476-463. (In Persian).

20. Sadeghi, S.H.R. 2010. Study and measurement of water erosion. Center of Scientific Work, Tarbiat Modares, Vol 19(11): 430. (In Persian).

18. Romagnoli, M. Portapila, M., Rigalli, A. Maydana, G. Burgués, M. García. C. 2017. Assessment of the SWAT model to simulate a watershed with limited available data in the Pampas region, Argentina, Science of The Total Environment, Vol 59(7): 437–450.

19. Rajinder, S. Deepak, K. Rituraj, S. 2014. HYDROLOGICAL MODELLING OF BARINALLAH WATERSHED USING ARC-SWAT MODEL. International Journal of Geology, Earth & Environmental Sciences ISSN: 2277-2081 (Online) An Open Access, Online International Journal Available at <http://www.cibtech.org/jgee.htm>, Vol 4(1): 224-235.

Hydrological Modeling of Zolachai Watershed in Salmas Township (Chehric Alia) in GIS Environment by Using of ARC SWAT Model

A.Ghanbari¹ and V. Isazade²

Received: 09-11-2020 Accepted: 18-04-2021

Abstract

In the present study, the ARC SWAT model in ARC GIS software was used to model the Zolachai watershed in the city of Salmas (Chehric Alia). For sensitivity analysis, calibration, SPSS statistical software was used. In the model used from precipitation data, minimum temperature, maximum temperature and daily relative humidity of rain gauge and synoptic stations in the study area for 35 years (1984 to 2019), for five statistical periods of 7 years, for April, October and November used. To calibrate the ARC SWAT model in SPSS statistical software, indices of uncertainty, coefficient of determination, standard deviation, significance level and Fisher-in-law coefficient were used. The results of the uncertainty index for April, October and November were 0.8, 0.30 and 0.5 percent, respectively, and the watershed determination coefficient index for these three months was 0.0114, 0.5788 and 0.1551, respectively. Showed the percentage the standard deviation index was 0.97 percent for April, 07.07 percent for October and 1.09 percent for November. Significance level index for these three months showed 0.87 percent Fisher Sandkor coefficient as one of the important indicators of watershed validation for each quarter showed a number of 0.91 percent.

Keywords: *ARC SWAT, Chehric alia, Fisher sandpaper coefficient, SPSS statistical software, The coefficient of determination, Watershed*

1. Corresponding Author and Associate Professor, Department of Remote Sensing and Geographic Information System (GIS), Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Iran, Email: a_ghanbari@tabrizu.ac.ir

2 . Master student, Remote Sensing and Geographic Information System (GIS), Faculty of Geography, University of Tehran, Iran.