نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال هفتم، شماره سوم، بهار ۱۳۹۷

ISSN 2251-7480

بررسی تأثیر تغییرکاربری بر رواناب رودخانه ی مارون در ایستگاه ایدنک با استفاده ازداده‌های سنجش از دور و مدل SWAT

خسرو شفیعی مطلق[۱]، جهانگیر پر همت [۲]، حسین صدقی[۳*] و مجید حسینی[۴]

۱) دانشجوی دکتری مهندسی منابع آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران

۲) دانشیار؛ پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری؛ تهران؛ ایران

۳) استاد ؛گروه علوم و مهندسی آب؛ دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران ؛تهران؛ایران

***نویسنده مسئول مکاتبات:** sedghi@srbiau.ac.ir

٤) استادیار؛ پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری؛ تهران؛ ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۰۲

چکیده

مدیریت صحیح حوزه‌های آبخیز کشور یکی از مهمترین روش‌های استفاده از منابع آب و خاک می‌باشد. برای این مهم نیاز به اطلاعات جامعی از روش‌های متفاوت مدیریتی و اجرایی است. طی چند دهه اخیر برآورد درست و به موقع از وضعیت کمی و کیفی رواناب یکی از دغدغه‌های مدیریت‌های کلان کشور به حساب می‌آید. این پروژه شبیه‌سازی رواناب ماهانه ،تحلیل حساسیت، بهینه‌سازی پارامترهای حساس، بررسی تاثیر تغییر کاربری اراضی در طی چهار دهه اخیر برکمیت و کیفیت رودخانه مارون در ایستگاه خروجی حوزه‌ی آبخیز مارون (ایدنک) در استان کهگیلویه و بویراحمد با استفاده از مدل SWAT می‌باشد. برای این مقصود از مدل نیمه توزیعی SWAT و برنامه‌ی SUFI2 و در قالب بسته نرم‌افزاری SWAT CUP برای تحلیل حساسیت، واسنجی، صحت‌سنجی و آنالیز عدم قطعیت بهره گرفته شد. در این تحقیق ابتدا نقشه تغییر سطح کاربری‌های موجود و همچنین نقشه خاک و پوشش گیاهی در حوزه‌ی آبخیز مارون در طی چهار دوره ده ساله از سال ۱۹۷۰ تا سال ۲۰۱۰ با استفاده ازسنجنده‌های TM و ETM ماهواره‌ی لندست مشخص شد. آمار مشاهداتی ایستگاه هیدرومتری ایدنک بعنوان ایستگاه مبنا در طی سالهای ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۰ طی چهار دوره ده ساله مورد استفاده قرار گرفت.مقایسه اثر گزینه‌های مدیریتی کاربری اراضی بر مؤلفه‌های مختلف چرخه هیدرولوژیکی و همچنین مقادیر مختلف رواناب نشان می‌دهد در منطقه سناریوی بدبینانه اتفاق افتاده با ادامه روند تخریبی در کاربری اراضی به سمت حالت قهقرایی، مقادیر مختلف رواناب افزایش و نفوذپذیری و آب‌گذری به آبخوان‌های سطحی و عمیق، کاهش می‌یابد.

واژه های کلیدی :کاربری اراضی؛ مدل SWAT؛ SUFI2 ؛ حوزه‌ی مارون

مقدمه

مدیریت صحیح حوزه‌های آبخیز کشور یکی از مهمترین روش‌های استفاده از منابع آب و خاک می‌باشد. برای این کار نیاز به اطلاعات جامع از روش‌های متفاوت مدیریتی و اجرایی است. درکشور ما بیشتر حوزه‌های آبخیز، به ویژه حوزه‌های آبخیز کوهستانی، فاقد ایستگاه‌های اندازه‌گیری به تعداد کافی می‌باشد که این امر هر گونه برنامه‌ریزی عمرانی و مدیریتی را مشکل و حتی با شکست روبرو می‌سازد.برای مقابله با این مساله، دست اندرکاران و محققان آب و آبیاری راه‌حل‌های مختلف نظیر فرمول‌های تجربی و مدل‌های ریاضی و کامپیوتری عرضه کرده‌اند که تاکنون هیچکدام نتوانسته راه‌حل

Archive of SID

www.SID.ir

مطلوبی ارائه دهند اما معتقدند که شبیه سازی پدیده‌های هیدرولوژیکی در حوزه آبخیز می‌تواند راه حل بهینه‌ای برای آنها باشد (Rostamian *et al.*, 2010). به طور کلی درک و پیش بینی فرایندهای تولید و انتقال جریان به خروجی حوزه یکی از اساسی‌ترین مباحث در علم هیدرولوژی محسوب می‌شود (سلمانی، ۱۳۹۰). در سال‌های اخیر نیاز به منابع آبی به سرعت در حال رشد است. افزایش تقاضای منابع آبی نیاز به مدیریت یکپارچه و پایدار آب حوزه و درک درست از بیلان آبی دارد (انوار، ۲۰۱۰) . این مدل‌ها کاربردهای فراوانی به خصوص در علوم طبیعی و نظام مهندسی دارند (میرآب زاده و قبادی نیا،۱۳۸٤). مدل‌های هیدرولوژیکی برای شبیه سازی حوزه‌های آبخیز به وجود آمده‌اند و در سطح حوزه‌های آبخیز دنیا به کار گرفته شده‌اند، و با استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی تغییرات مؤلفه‌های زیادی از چرخه پیچیده آب بررسی شده است (امین و غفوری روز بهانی، ۱۳۸۱).).از آن جایی که نتایج حاصل از بعضی از مدل¬ها با مقادیر واقعی تطبیق داشته از این رو استفاده از مدل¬ها در مطالعات حوزه آبخیز افزایش یافته است. شبیه سازی اثر تغییرات کاربری اراضی در حوزه آبخیز قزاقلی استان گلستان را بر میزان رواناب را با استفاده از مدل SWAT نشان می دهد که این مدل می¬تواند به عنوان ابزاری موثر در بررسی اجزا هیدرولوژیکی مورد استفاده قرار گیرد (سلمانی، ۱۳۹۰). تغییر کاربری اراضی در یک حوزه می¬تواند تاثیر قابل توجهی بر چرخه هیدرولوژیکی و در نتیجه منابع آب حوزه داشته باشد. از این رو شناخت آثار تغییر کاربری اراضی بر پاسخ¬های هیدرولوژی حوزه راهگشای تعیین استراتژی مناسب در توسعه پایدار منابع آب حوزه¬های آبخیز می‌باشد. بنابراین با توجه به اهمیت موضوع وبا هدف کمک به مدیریت منابع آب منطقه، در این پژوهش مدل هیدرولوژیکی حوزه آبخیز مارون به کمک مدل نیمه توزیعی SWAT تهیه خواهد شد. بر این اساس با استفاده از اطلاعات هواشناسی، مشخصات خاک، توپوگرافی، دبی مشاهده‌ای خروجی از حوزه، تغییرات کاربری اراضی و انواع پوشش گیاهی عوامل مؤثر بر تغییرات کمی و کیفی منابع آب در مقیاس حوزه مورد بررسی قرار می‌گیرد

مواد و روش‌ها

حوزه آبخیز رودخانه مارون از زیرحوزه‌های حوزه آبخیز خلیج فارس و در دامنه‌های جنوبی و جنوبغربی زاگرس میانی بین طول شرقی ´۰۵ – °۵۰ و ´۱۱– °۵۱ و عرض شمالی ´۳۹–°۳۰ الی ´۲۱ –°۳۱ قرار دارد. رودخانه مارون با طول ٤۲۲ کیلومتر یکی از رودخانه‌های مهم استان خوزستان است که از کوه‌های زاگرس سر چشمه می‌گیرد و پس از طی ۱۲۰ کیلومتر به دریاچه سد مارون در ۱۹ کیلومتری شمال شرق بهبهان می‌رسد. مساحت این محدوده ۳۸۰۱ کیلومتر مربع و حداکثر ارتفاع محدوده ٤/ ۳٤۰۳ متر و حداقل آن ۳۹۷ متر می‌باشد. اقلیم منطقه متاثر از عرض کم جغرافیایی، تغییرات ارتفاعی و مجاورت با خلیج فارس در بخش‌های جنوبی آن است. نوع نزولات در ارتفاعات پایین بیشتر به صورت باران و در ارتفاعات بالاتر به صورت برف بوده و میانگین بارندگی سالانه دراین حوزه۱۵۰ میلیمتر در دشت، و تا۹۰۰ میلیمتردر ارتفاعات شمالی تغییر می‌نماید (شرکت مدیریت منابع آب ایران ۱۳۸۸). شکل۱ موقعیت منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد.

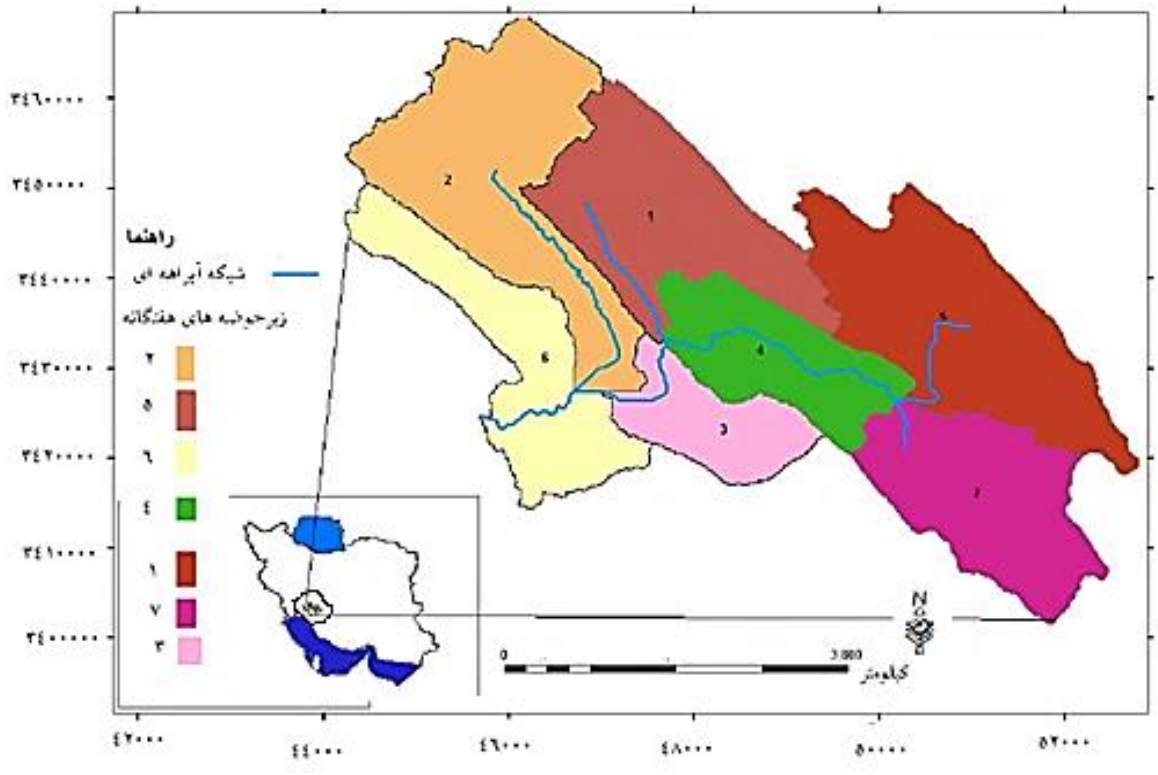
مدل SWAT از نظر زمانی یک مدل پیوسته و نیمه توزیعی- فیزیکی است که برای شبیه سازی فرایندهای هیدرولوژیکی در حوزه‌های آبخیز پیچیده و وسیع با توجه به تغییرات خاک، کاربری اراضی و شرایط آب و هوایی در دوره‌های طولانی مدت کاربرد دارد.

در شبیه سازی با مدل SWAT نیز نقشه کاربری اراضی یکی از موارد ضروری برای شبیه‌سازی و اجرا کردن مدل می‌باشد. کاربری اراضی یکی از مهم‌ترین فاکتورهایی است که مقادیر رواناب، تبخیر و تعرق و

Archive of SID

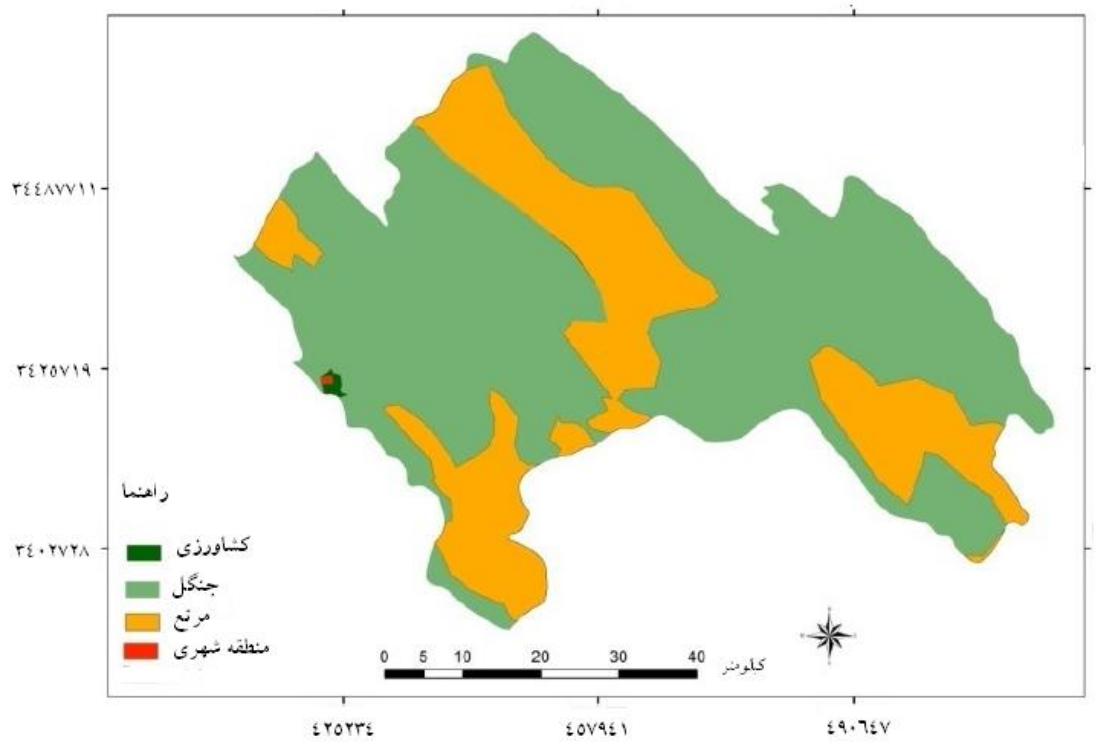
www.SID.ir

فرسایش سطحی حوزه را تحت تاثیر قرار می‌دهد. اطلاعات پوشش اراضی، برای بسیاری از فعالیت‌های برنامه ریزی و مدیریت سرزمینی از جمله آمایش سرزمین دارای اهمیت است . امروزه تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک-های سنجش از دور، کاربرد گسترده‌ای در تمامی بخش‌ها از جمله کشاورزی، منابع طبیعی و تهیه نقشه کاربری اراضی به‌عنوان نقشه‌های پایه در آمایش سرزمین دارند. در تحقیق حاضر نیز با هدف استخراج کاربری‌های اراضی حوزه آبخیز مارون، ابتدا تصاویر سالهای ۱۹۸۰ و۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ در اواخر فصل بهار همان سال از ماهواره‌ی لندست ۷ تهیه شد. پس از رقومی و موزائیک کردن نقشه توپوگرافی، نقشه‌های شیب، جهت شیب و ارتفاع منطقه به منظور شناخت وضعیت منطقه، با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ در محیط نرم افزار GIS تولید گردید. متعاقباً عملیات تصحیح و پردازش بر روی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از ۳۰ نقطه کنترل زمینی در محیط نرم‌افزار Geomatica انجام شد. سپس با استفاده از طبقه بندی نظارت شده نقشه طبقه‌بندی شده کاربری اراضی حوزه با ترکیب باندهای ۳، ٤، ۵ تولید شد، و پس از اعمال عملیاتfilter نقشه نهایی حاصل شد. نقشه کاربری حوزه‌ی آبخیز مورد مطالعه پس از طبقه‌بندی دوباره توسط مدلSWAT در شکل‌های ۲ تا ۵ نشان داده شده است

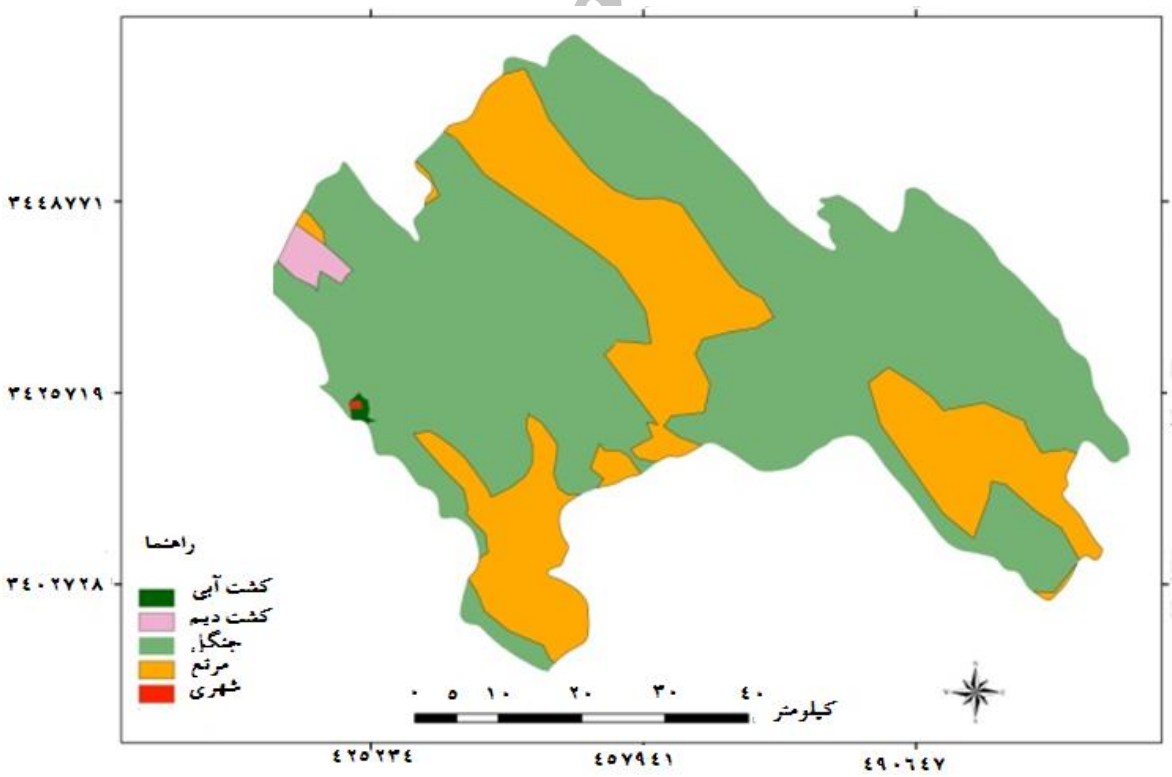


شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

www.SID.ir

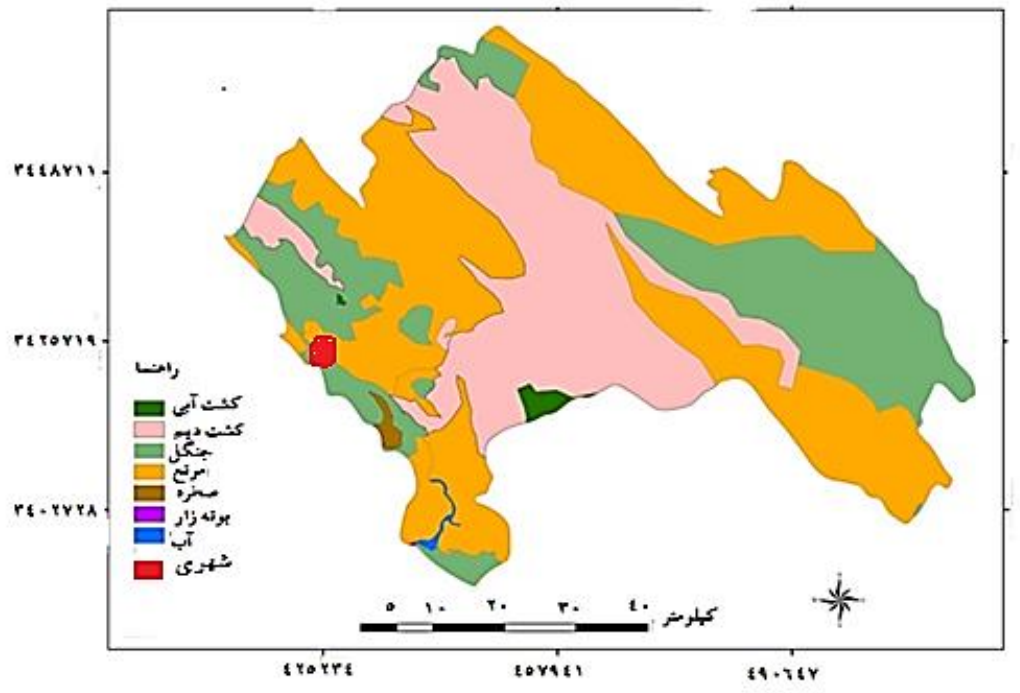


شکل ۲- نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۸۰

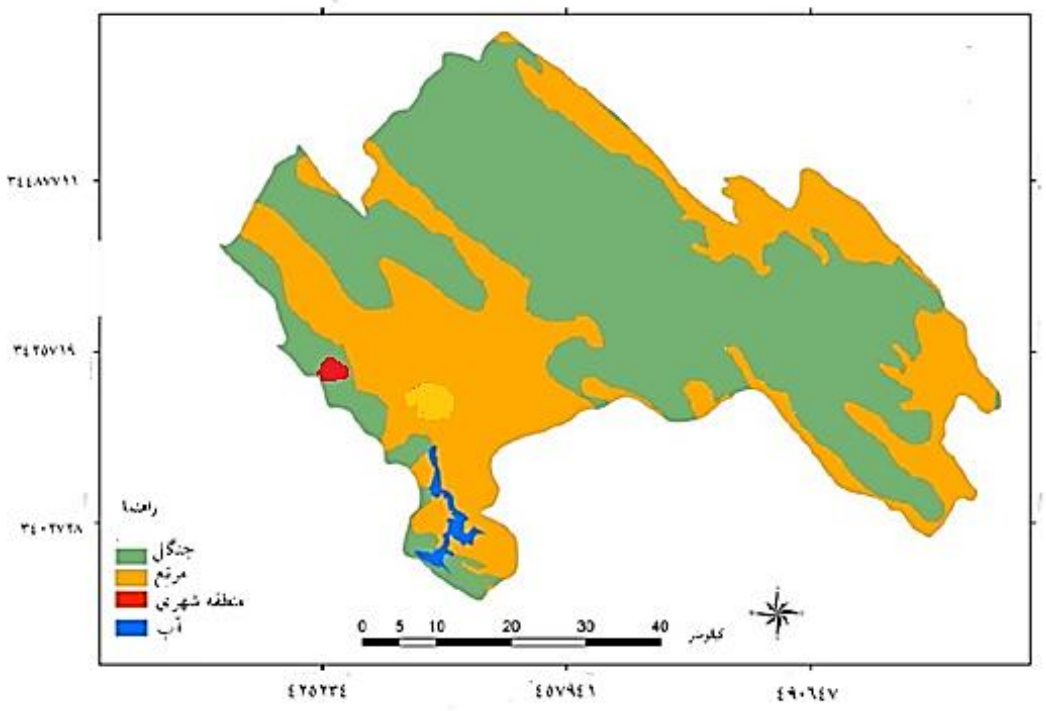


شکل ۳- نقشه کاربری اراضی سال۱۹۹۰

www.SID.ir



شکل ٤- نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۰

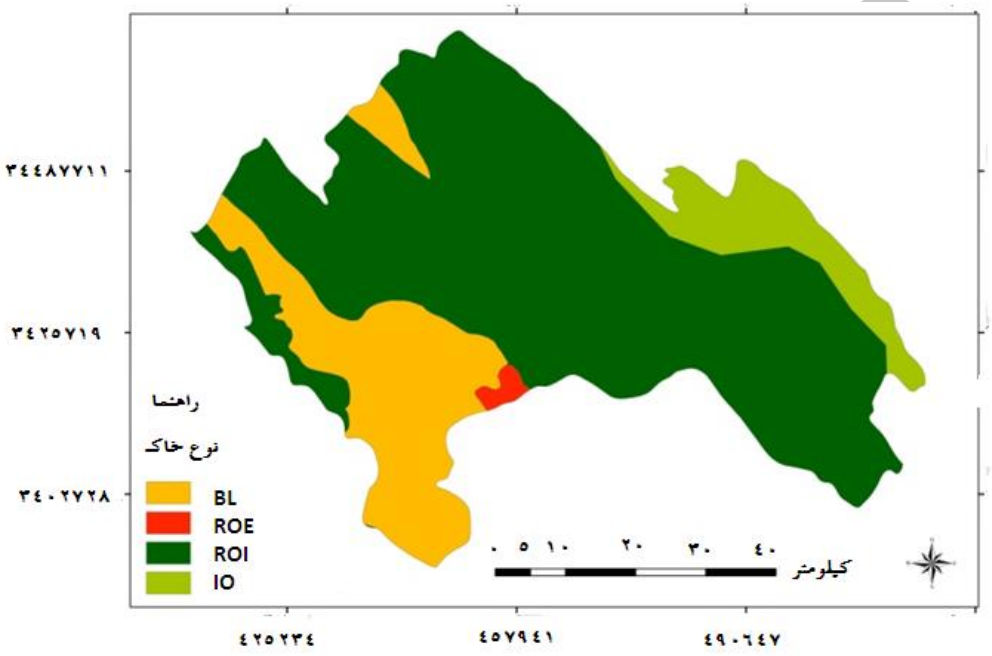


شکل ٥- نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۰

اطلاعات خاک‌شناسی از اساسی‌ترین اطلاعات مورد نیاز مدل می‌باشد. مدلSWAT برای شبیه‌سازی حوزه به خصوصیات مختلف فیزیکی- شیمیایی خاک از قبیل بافت خاک، درصد رطوبت در دسترس خاک، هدایت هیدرولیکی، چگالی حجمی، مقدار کربن آلی و... برای لایه‌های مختلف خاک نیازمند است. نقشه خاک حوزه

www.SID.ir

آبخیز مارون به تبع نقشه کاربری اراضی و نقشه پوشش گیاهی در چهار دهه از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۰ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای تهیه شد و در شکل ٦ و تیپ و خصوصیات واحد ارضی موجود در نقشه ٦ به تفصیل در جدول ۱ نشان داده شده است.مدلSWAT برای شبیه‌سازی حوزه به متغیرهای اقلیمی بارندگی، حداقل و حداکثر دما، تشعشع خورشید، رطوبت نسبی و سرعت باد در پایه زمانی روزانه نیازمند است. داده‌های هیدرولوژیکی برای آنالیز حساسیت، واسنجی، اعتبارسنجی و آنالیز عدم قطعیت مدل‌های هیدرولوژیکی مورد احتیاج می‌باشند. داده‌های هیدرولوژیکی مورد استفاده در این پژوهش شامل مقادیر دبی روزانه و ماهانه ایستگاه ایدنک واقع در خروجی حوزه می‌باشد. این داده‌ها از آب منطقه‌ای استان خوزستان تهیه شد. در واقع ایستگاه هیدرومتری ایدنک به‌عنوان ایستگاه مبنا برای مشاهده تغییرات رواناب حوزه می‌باشد.



شکل٦– نقشه خاک منطقه مورد مطالعه

جدول ۱– رده و تیپ واحد ارضی– نوع خاک در نقشه ٦ مربوط به منطقه مورد مطالعه

علامت اختصاری	تیپ خاک	خصوصیات خاک -واحد ارضی
BL	Bad Land	اراضی خشک و خاک غنی از رس و نرخ فرسایش بالا
ROI	Rocky Outcrops Inceptisols	درصد آهک فعال در بافت خاک ۱/٥ تا ٤ درصد و بافت خاک متوسط سیلتی کلی لوم تا کمی سنگین سیلتی کلی لوم، pH خاک ٥/۷ تا ٦/٦
ROE	Rock Outcrope Entisols	حاوی کوارتز و املاح محلول آهک و گچ و مواد آبرفتی، pH خاک ٦/٤ تا ۷/۲، درصد آهک فعال در خاک ۱/٥ تا ۳، درصد کربن آلی ۰/۳ تا ۱/۱، ساختمان خاک دانه ای ریز تا درشت تا مکعبی، بافت خاک متوسط سیلتی لوم تا کمی سنگین
IO	Inceptisols Omes	درصد آهک فعال در بافت خاک ۱/٥ تا ۰ درصد، بافت خاک سیلتی کلی لوم نسبتاً سنگین تا سیلتی کلی سنگین، pH خاک٥/۸تا ٦/۸، افزایش چشمگیر درصد رس در بافت خاک در عمق ٤٥ تا ۹۰ سانتیمتری

www.SID.ir

اجرای مدل SWAT 2012

در این مطالعه از مدل نیمه توزیعی *SWAT2012* که یک الحاقیه در محیط *GIS* است برای آنالیز و شبیه‌سازی استفاده گردید. اصولاً در مدل *SWAT* پایگاه داده‌ها برای شرایط ایالت متحده آمریکا طراحی شده است. بنابراین برای استفاده این مدل در مناطق دیگر بایستی تغییراتی در این اطلاعات از جمله داده‌های مربوط به خاک (*usersoil.dbf*) کاربری اراضی (landuse.dbf)، ایستگاه‌های مولد اقلیمی (userwgn.dbf) و همچنین اطلاعات مدیریتی داده شود. کلاس‌های مختلف شیب بر حسب ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه و هدف مربوطه از نقشه DEM حوزه بدست می‌آید. با توجه به طیف وسیع زیر حوزه‌ها در منطقه مورد مطالعه استفاده از چندین طبقه شیب نسبت به یک شیب یکسان برای تمامی زیر حوزه‌ها اولویت دارد. مقدار کلاس‌های شیب در هر منطقه بسته به خصوصیات توپوگرافی آن منطقه متفاوت می‌باشد. در مطالعات مختلف صورت گرفته در این زمینه طبقه بندی واحدی برای کلاس‌های شیب وجود ندارد.بنابراین کاربر کلاس‌های شیب را براساس توپوگرافی منطقه انتخاب می‌کند. به طورکلی در حوزه آبخیز مورد مطالعه ٤ کلاس شیب(۲-۰، ۱۰-۲، ۲۰-۱۰ و ۲۰<درصد) به مدل معرفی گردید. . حوزه آبخیز مارون از نظر شرایط هیدرولوژیکی حوزه‌ای بسیار پیچیده می‌باشد. همچنین آنالیز حساسیت با استفاده از شاخص‌های t-stat و p-value برنامه‌ی SUF12 در بسته نرم‌افزاری SWAT CUP انجام گرفت. لازم به ذکر است که در این مطالعه دامنه تغییرات پارامترها براساس مقادیر پیش فرض مدل برای حوزه آبخیز مارون تنظیم گردید.در این پژوهش از روش‌های واسنجی خودکار برای شناسایی مقادیر بهینه پارامترهای مدل استفاده گردید. فرایند واسنجی در دو پایه زمانی ماهانه و روزانه و بر روی دبی حوزه آبخیز مارون صورت گرفت. در ابتدا مدل برای یک دوره مطلوب شبیه سازی شد (دوره *warming-up*) سپس براساس مقادیر اولیه بدست آمده مدل برای یک دوره معین به اجرا درآمد. در کل ۲۷ پارامتر براساس مطالعات مختلف صورت گرفته در این زمینه انتخاب گردید که بعد از تحلیل حساسیت و شناسایی مؤثرترین پارامترها تعداد این پارامترها به ۱۳ پارامتر تقلیل پیدا نمود. کاهش تعداد پارامترها طی تحلیل حساسیت باعث کاهش زمان اجرای مدل و افزایش دقت به واسطه کاهش عدم قطعیت می‌گردد. بدین گونه بعد از شناخت حساس‌ترین پارامترها (CN2 ,*ESCO* ,*SOL-*, SMFMX , SMFMN, CH-K2 و *K* , *SLSUBBSN* ALPHA-BF) (جدول ۲)، مدل با استفاده از پارامترهای حساس موثر بر دبی رودخانه به اجرا درآمد. زمانی که واسنجی پایان گرفت برای بررسی دقت مدل کالیبره شده به منظور استفاده در تخمین‌ها و فعالیت مدیریتی بعدی، مدل با استفاده از داده‌های مشاهداتی مستقل (سال‌های ۱۹۷۰ و و ۱۹۷۱ در دهه اول و ۱۹۸۰ و۱۹۸۱ برای دهه دوم و ۱۹۹۰ و ۱۹۹۱ برای دهه سوم و ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ برای دهه چهارم) بدون تغییر پارامترهای حاصل از واسنجی اجرا گردید.

تحلیل حساسیت

بعد از اجرای اولیه مدل تحلیل حساسیت پارامترهای مدل در خروجی حوزه مورد مطالعه صورت گرفت. در انجام تحلیل حساسیت، تاثیر پارامترهای مختلف بر خروجی مدل بر اساس تابع هدف شناخته می‌شود که در این تحقیق ضریب ناش- ساتکلیف به عنوان تابع هدف در نظر گرفته شده است . بنابراین برای تحلیل حساسیت و تعیین اهمیت نسبی هر پارامتر از مدلSWATو روشLH-OATو همچنین بسته نرم‌افزاریSWAT CUP و برنامه‌یSUF12در طی دوره واسنجی استفاده گردید. برای انجام آنالیز حساسیت روش"یک پارامتر در هربار " One Factor At a Time (OAT)"مورد استفاده قرارگرفت که متعارف‌ترین روش برای این کار می‌باشد و محققین مختلفی ازجمله White و همکاران (۲۰۰۵)، Jah و همکاران (۲۰۰۷)، Feyereisen و همکاران (۲۰۰۷)از

Archive of SID

www.SID.ir

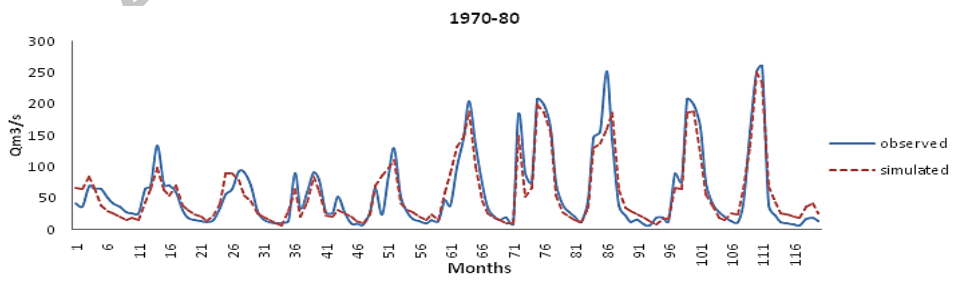
این روش استفاده کرده‌اند. نتایج تحلیل حساسیت انجام گرفته با استفاده از روشLH-OAT بر روی ۲۷پارامتر اولیه نشان داد که حساس‌ترین پارامترهای موثر بر دبی حوزه آبخیز مارون بر پایه زمانی ماهانه با استفاده از نرم‌افزار SWAT CUP پارامترهای CN2 و *CH-K2* و *ESCO* ,*SMFMN* , *SMFMX*, *SOL-K* , *SLSUBBSN* و ALPHA-BF جز حساس‌ترین پارامترهای موثر بر دبی حوزه آبخیز مارون می‌باشند.

واسنجی مدل

در این مرحله به واقعی کردن پارامترهای مختلف پرداخته شد و در نهایت مقادیر بهینه پارامترها جهت شبیه‌سازی رواناب ماهانه حوزه آبخیز مورد مطالعه تعیین شد. واسنجی روزانه مدل SWAT به داده‌های روزانه فوق العاده زیادی نیاز دارد که دردسترس نبودند و واسنجی سالانه از میزان دقت کمتری برخوردار می باشد لذا واسنجی ماهانه نتایج را بهتر نشان می‌دهد. در شکل‌های ۷ تا ۱٤ نتایج واسنجی بر پایه زمانی ماهانه با استفاده از برنامه‌ی SUF12 و همچنین ضریب همبستگی بین مقادیر مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده نشان داده شده است.

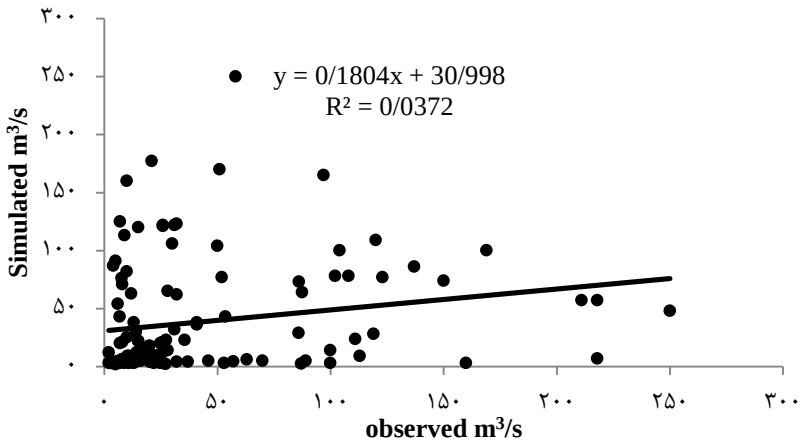
جدول۲- متوسط مقادیر بهینه شده پارامترها در مرحله واسنجی رواناب ماهانه (سلمانی ۱۳۹۰)

نام پارامتر	شرح پارامتر	مقدار پارامتر
CN2	شماره منحنی SCS اولیه برای شرایط رطوبتی متوسط (II)	۶۰-۷۰
SOL_K	هدایت هیدرولیکی اشباع لایه‌های خاک (mm/hr)	۱۵-۳۰
ALPHA _BF	ثابت تخلیه آب زیرزمینی days	۰,۰۱-۰,۱
SLSUBBSN	متوسط طول شیب زمین در هرHRU(متر)	۱۵۰ تا ۱۰
SMFMN	حداقل نرخ ذوب برف در طول سال ($mmH_2O/^0C$-day)	۱ تا ۰
SMFMX	حداکثر نرخ ذوب برف در طول سال ($mmH_2O/^0C$-day)	۰,۱-۰,۲۵
ESCO	فاکتور جبران کننده تبخیراز خاک	۰,۱-۰,۲
RCHRG_DP	درصد تغذیه سفره عمیق از سفره کم عمقی یا غیر محصور	۰,۲-۰,۴
SFTMP	بارش برف یا متوسط دمای هوا برای تبدیل باران به برف(^oC)	۲-۳
CANMX	حداکثر آب نگه داشته شده توسط پوشش گیاهی یا برگاب (mmH_2O)	۸۰-۹۵
SMTMP	دمای پایه ذوب توده برف(^oC)	۰ - ۰,۵
CH-K2	هدایت هیدرولیکی موثر بستر رودخانه اصلی (mm/hr)	۱۵۰ تا ۰

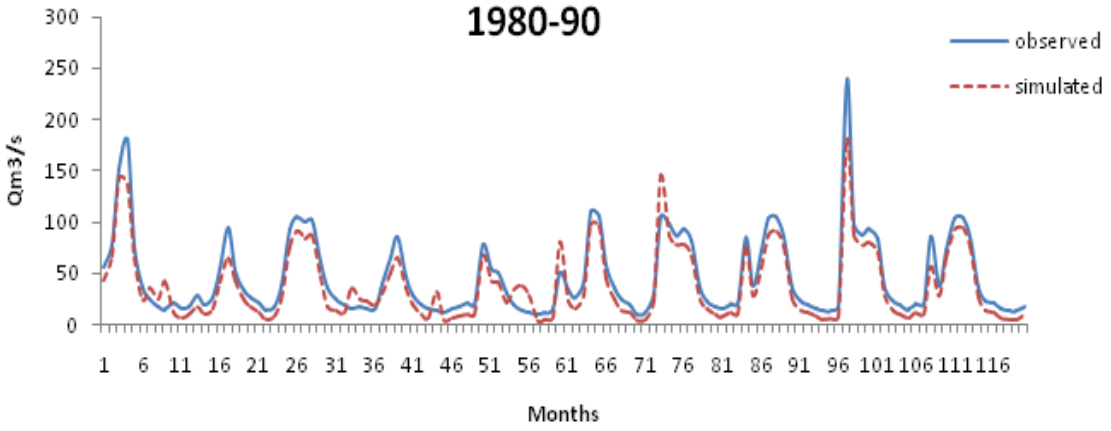


شکل۷- مقادیر رواناب مشاهده‌ای و شبیه سازی شده حوزه آبخیز مارون با استفاده از برنامه sufi2 درمرحله واسنجی مدل در پایه زمانی ماهانه– دهه اول بازه زمانی

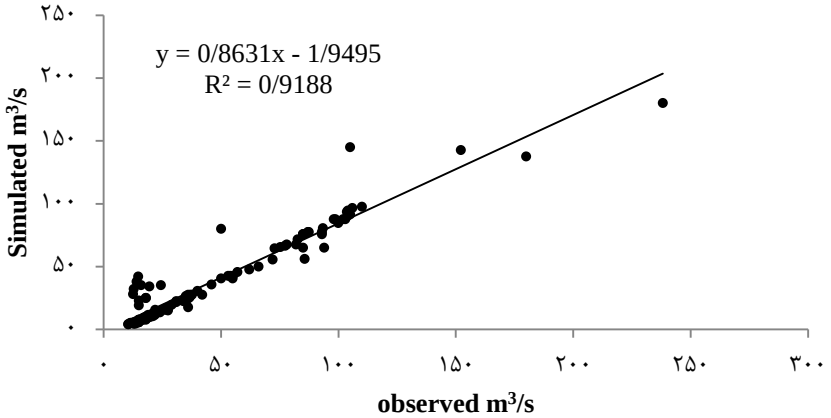
Archive of SID
www.SID.ir



شکل۸- همبستگی بین رواناب مشاهده‌ای و شبیه سازی شده با استفاده از برنامه **sufi2** درمرحله واسنجی مدل در پایه زمانی ماهانه– دهه اول بازه زمانی

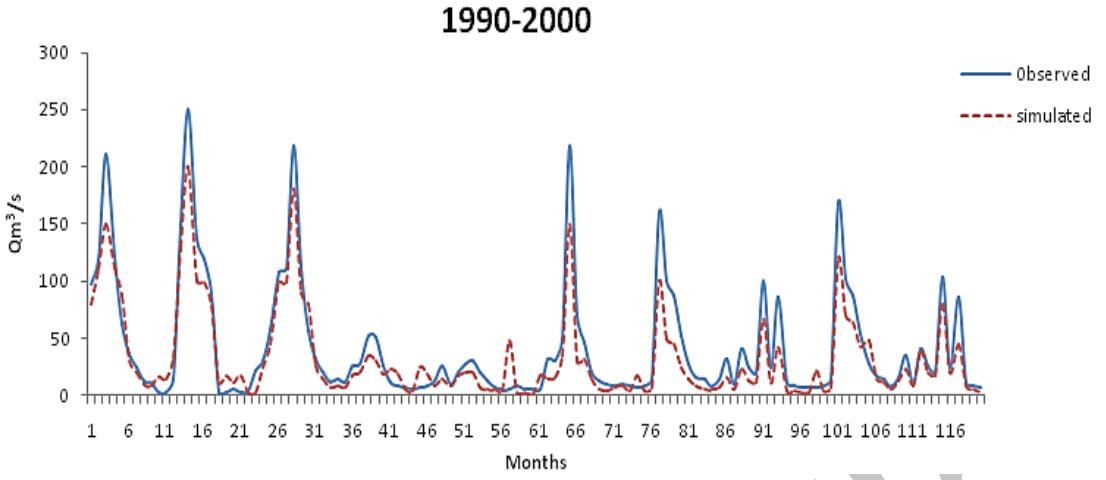


شکل۹- مقادیر رواناب مشاهده‌ای و شبیه سازی شده حوزه آبخیز مارون با استفاده از برنامه **sufi2** درمرحله واسنجی مدل در پایه زمانی ماهانه– دهه دوم بازه زمانی

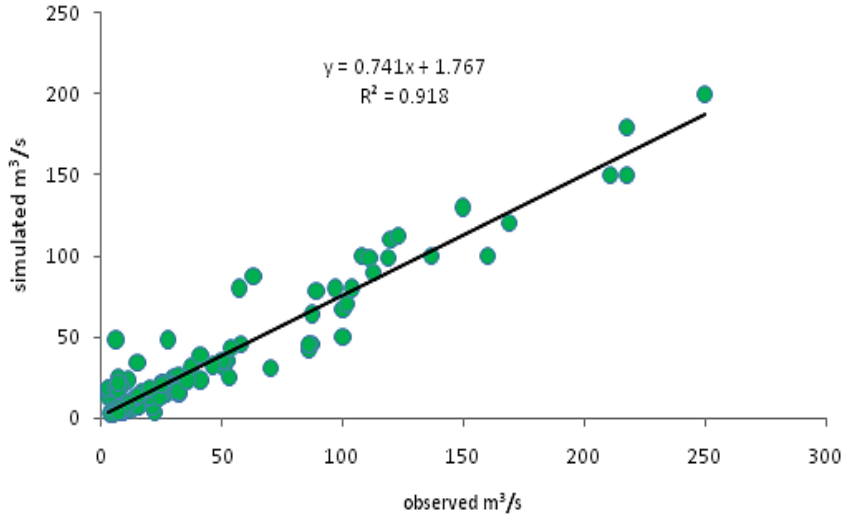


شکل۱۰- همبستگی بین رواناب مشاهده‌ای و شبیه سازی شده با استفاده از برنامه **sufi2** درمرحله واسنجی مدل در پایه زمانی ماهانه– دهه دوم بازه زمانی

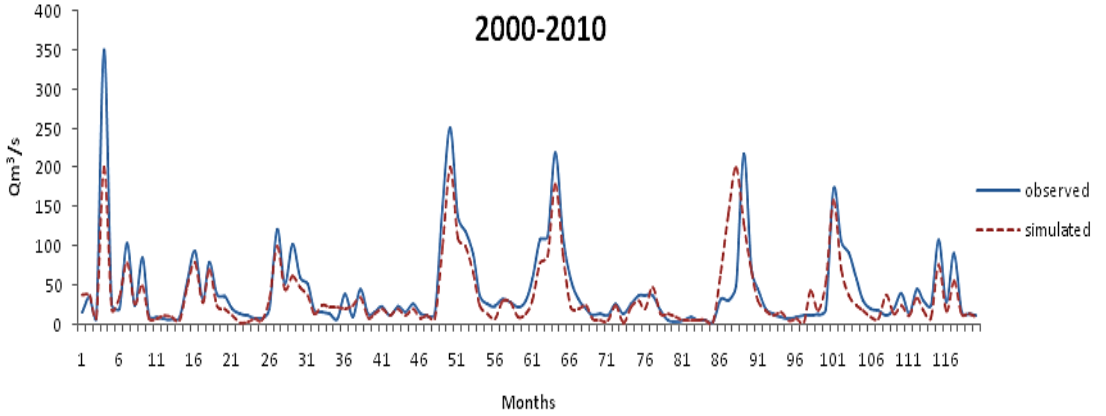
www.SID.ir



شکل۱۱- مقادیر رواناب مشاهده‌ای و شبیه سازی شده حوزه آبخیز مارون با استفاده از برنامه **sufi2** درمرحله واسنجی مدل در پایه زمانی ماهانه– دهه سوم بازه زمانی

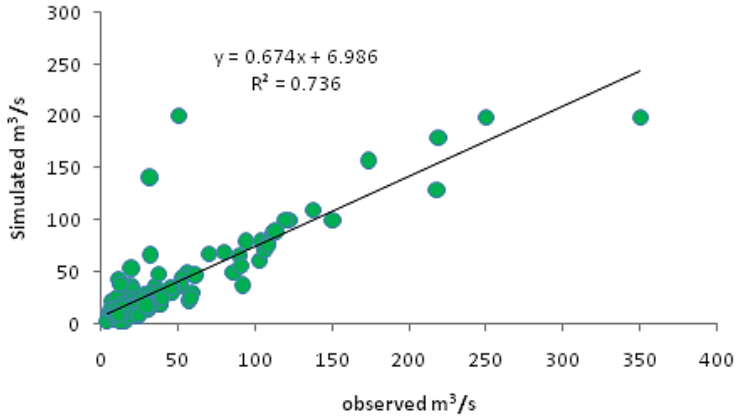


شکل۱۲- همبستگی بین رواناب مشاهده‌ای و شبیه سازی شده با استفاده از برنامه **sufi2**درمرحله واسنجی مدل در پایه زمانی ماهانه– دهه سوم بازه زمانی



شکل۱۳- مقادیر رواناب مشاهده‌ای و شبیه سازی شده حوزه آبخیز مارون مارون با استفاده از برنامه **sufi2** درمرحله واسنجی مدل در پایه زمانی ماهانه– دهه چهارم بازه زمانی

www.SID.ir



شکل۱٤- همبستگی بین رواناب مشاهده‌ای و شبیه سازی شده با استفاده از برنامه sufi2درمرحله واسنجی مدل در پایه زمانی ماهانه– دهه چهارم بازه

در مطالعه حاضر که در حوزه آبخیز مارون صورت گرفته است از داده‌های ایستگاه هیدرومتری ایدنک به عنوان کمک و مکمل برای پارامترهای محاسباتی مورد نیاز مدلSWAT طی دوره واسنجی و اعتبارسنجی استفاده گردید. به طوری که مطابق مطالعات Sangjun و همکاران (۲۰۰۷) و Zhang و همکاران (۲۰۰۸) و سلمانی(۱۳۹۰) دو سوم از داده‌های موجود (آمار دبی مشاهده‌ای) برای واسنجی و یک سوم برای اعتبارسنجی استفاده شد. نتایج آماری وگرافیکی شبیه‌سازی جریان آب در دوره زمانی واسنجی نشان دهنده مورد قبول بودن نتایج مدل در این مرحله می‌باشد. برای اعتبار سنجی مدل از پارامترهای بهینه شده در مرحله واسنجی و از بسته نرم افزاری SWATCUP و برنامه‌های SUF12 استفاده گردید. پژوهشگران مختلف استفاده از چندین روش بهینه‌سازی پارامترها و تحلیل عدم قطعیت را به جای یک روش خاص توصیه کرده‌اند (Abbaspour *et al.*, 2004, Abbaspour, 2008, SetegnSG *et al.*, 2010). به همین دلیل در این مطالعه از برنامه‌ی SUF12 و در قالب برنامه الحاقی به مدل SWAT در بسته نرم افزاری SWAT CUP استفاده گردید و کارایی مدل با استفاده از ضرایب p-factor، r-factor، R_2، E_{NS}، bR2، MSE و RMSE در خروجی حوزه مورد بررسی قرار گرفت. در جداول چهارگانه ۳ و ٤ و ٥ و ٦ ضرایب آماری ارزیابی دقت مدل در شبیه سازی رواناب ماهانه در دوره‌های واسنجی و اعتبار سنجی چهار دهه تحقیق نشان داده شده است.

جدول۳- ضرایب آماری ارزیابی دقت مدل در شبیه سازی رواناب ماهانه در واسنجی و اعتبار سنجی دهه اول

شاخص آماری	واسنجی	اعتبار سنجی
P_factor	۰،۷۸	۰،۸۵
R_factor	۱،۵۷	۲،۸٤
R^2	۰،۹۸	۰،۷۹
E_{NS}	۰،۹۲	۰،۷۵
bR^2	۰،۷۱٤	۰،۷۵۲
MSE	۸۵،۹۹	۸۳،٦۷۵
RMSE	۸،۸۷	۹،۸٤

Archive of SID

www.SID.ir

جدول٤- ضرایب آماری ارزیابی دقت مدل در شبیه سازی رواناب ماهانه در واسنجی و اعتبار سنجی دهه دوم

شاخص آماری	واسنجی	اعتبار سنجی
P_factor	۰،۷۲	۰،۷۵
R_factor	۱،۵۱	۲،۹۱
R^2	۰،۸۵	۰،۸۶
E_{NS}	۰،۸۶	۰،۸۲
bR^2	۰،۶۵۴	۰،۸۲۹
MSE	۵۸،۸۷۸	۸۲،۰۷۲
RMSE	۷،۶۷	۹،۰۵

جدول٥- ضرایب آماری ارزیابی دقت مدل در شبیه سازی رواناب ماهانه در واسنجی و اعتبار سنجی دهه سوم

شاخص آماری	واسنجی	اعتبار سنجی
P_factor	۰،۷۷	۰،۸۸
R_factor	۱،۵۶	۲،۸۷
R^2	۰،۹	۰،۸۲
E_{NS}	۰،۹۲	۰،۷۸
bR^2	۰،۷۰۴	۰،۷۸۹
MSE	۸۵،۵۶۳	۸۵،۵۸۳
RMSE	۹،۶۶	۹،۶۸

جدول٦- ضرایب آماری ارزیابی دقت مدل در شبیه سازی رواناب ماهانه در واسنجی و اعتبار سنجی دهه چهارم

شاخص آماری	واسنجی	اعتبار سنجی
P_factor	۰،۷۵	۰،۷۹
R_factor	۱،۵۴	۲،۷۸
R^2	۰،۸۸	۰،۸۳
E_{NS}	۰،۸۹	۰،۶۴
bR^2	۰،۶۸۴	۰،۶۹۹
MSE	۵۸،۱۲	۸۴،۵۴۳
RMSE	۸،۵	۸،۶۴

نتایج و بحث

یکی از کاربردهای ویژه مدل SWAT توانایی بررسی مؤلفه‌های مختلف چرخه هیدرولوژیکی در قالب سناریوهای مختلف می‌باشد. به طور کلی نتایج این پژوهش حاکی از آن است که در برنامه SUF12 و در پایه زمانی ماهانه شماره منحنی رواناب به عنوان حساس‌ترین پارامتر

Archive of SID

www.SID.ir

می‌باشد. از طرفی ارتباط مستقیمی بین این پارامتر و نوع کاربری اراضی وجود دارد. لذا در هر مطالعه‌ایی برای بررسی تاثیر تغییرات کاربری اراضی بر کمیت تغییرات هیدرولوژیکی حوزه درآینده چهار سناریو در جهت گرایش مثبت و منفی (افزایش جنگل مثبت و کاهش جنگل و مرتع منفی) در نظر گرفته و نقشه کاربری اراضی متناظر در محیط GIS اصلاح و وارد مدل می‌شود . مدل ابزار مدیریتی است که خروجی مدل بر مبنای گزینه‌های مختلف مدیریتی با توجه به اهداف تحقیق مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. از آنجا که هدف اصلی این تحقیق بررسی تأثیر تغییر کاربری بر رواناب رودخانه مارون در طی چهار دهه گذشته که بطور واقعی در حوزه‌ی آبخیز مارون اتفاق افتاده می‌باشد، لذا بر اساس آنالیز پارامترهایی که مدل بیشترین حساسیت را نسبت به آنها نشان داده، رواناب شبیه‌سازی شده در ایستگاه خروجی حوزه (ایستگاه ایدنک) در پایان هر دهه محاسبه و روند تغییرات آن را مقایسه می‌کنیم. در جدول ۷ تغییرات مساحت تغییرات کاربری در منطقه مطالعاتی مارون طی چهار دهه اخیر به هکتار ارائه شده است. همچنین جدول ۸ نشان دهنده مقادیر حداقل، حداکثر و متوسط رواناب ماهانه حوزه در گزینه‌های مدیریتی مختلف کاربری اراضی است.

پارامترCN2 (شماره منحنی SCS اولیه برای شرایط رطوبتی متوسط (II) و شیب ۵ درصد) تابعی از نفوذپذیری خاک، کاربری‌اراضی و شرایط رطوبت پیشین می‌باشد. مقدار این پارامتر برای انواع مختلف خاک و کاربری اراضی و برای هر زیر حوزه متفاوت است. به طور کلی افزایش مقدارCN2باعث افزایش حجم رواناب می‌شود که به نوبه خود باعث تلفات بیشتر آب و کاهش تغذیه منابع آب زیرزمینی و کاهش آب پایه رودخانه‌ها و تغییر در مقادیر فرسایش و رسوب می‌شود (Li *et al.*, 2007). در جدول۹ مقایسه تغییرات پارامترهای موثر بر میزان رواناب سطحی در حوزه آبخیز مارون طی باز مطالعاتی نشان داده شده است.

همان طوری که در جدول ۱۰ که مشاهده می‌شود با تغییر کاربری اراضی در هر یک از سناریوها مقادیر اوج رواناب نیز تغییر می‌یابد که این تغییر در گرایش مثبت به صورت کاهش دبی اوج و در گرایش منفی به صورت افزایش مقادیر اوج می‌باشد. که دلیل آن ناشی از تغییر نوع پوشش گیاهی و در نتیجه تغییر در شماره منحنی رواناب می‌باشد.همچنین در شکل ۱۵مقایسه تغییرات رواناب سطحی- جریان پایه- نسبت حساسیت CN در حوزه آبخیز مارون طی باز مطالعاتی نشان داده شده است.

جدول۷- تغییرات مساحت تغییرات کاربری در منطقه مطالعاتی مارون طی چهار دهه اخیر به هکتار

نوع کاربری	کاربری ۱۹۸۰	کاربری ۱۹۹۰	کاربری ۲۰۰۰	کاربری۲۰۱۰
کشاورزی	۵۳۵	۶۱۲	۹۱۶	۱۳۴۴
جنگل	۲۷۲۲۵۸	۲۶۴۴۵۸	۲۵۶۱۸۶	۲۲۴۴۵۸
مرتع	۱۰۸۳۷۵	۱۱۶۰۹۷	۱۲۳۴۱۵	۱۵۴۰۶۳
منطقه شهری	۱۲۶	۱۲۷	۷۵۲	۱۴۰۹
آب	۰	۰	۲۵	۲۰

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۸- مقایسه مقادیر حداقل، حداکثر و متوسط رواناب ماهانه حوزه و مقدار پارامتر CN2در سناریوهای مختلف کاربری اراضی طی چهار دهه بازه زمانی مطالعاتی

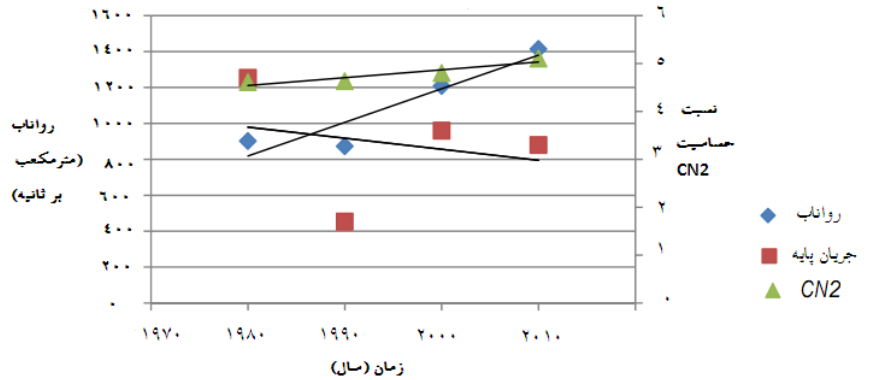
شاخص	رواناب سطحی شبیه سازی شده در هر گزینه مدیریتی (مترمکعب بر ثانیه)			
	دهه اول ۱۹۸۰	دهه دوم ۱۹۹۰	دهه سوم ۲۰۰۰	دهه چهارم ۲۰۱۰
حداکثر ماهانه m3/s	۹۰۲	۸۷۵	۱۲۰۸	۱۴۱۴
حداقل ماهانه m3/s	۴,۷	۱,۷	۳,۴۳	۳,۶۳
متوسط ماهانه m3/s	۵۱,۱۶	۴۳,۳۳	۴۸,۳۸	۵۴,۵۸
CN2	۴,۶۱	۴,۶۳	۴,۸	۵,۱

جدول۹- مقایسه تغییرات پارامترهای موثر بر میزان رواناب سطحی در حوزه آبخیز مارون طی باز مطالعاتی

پارامتر	نسبت حساسیت Sr ۱۹۸۰	نسبت حساسیت Sr ۱۹۹۰	نسبت حساسیت Sr۲۰۰۰	نسبت حساسیت Sr ۲۰۱۰
CN2	۴,۶۱	۴,۶۳	۴,۸	۵,۱
CH-K2	۲,۲۵	۲,۲۵	۲,۲۵	۲,۲۵
SMFMN	۰,۵۸	۰,۵۸	۰,۵۸	۰,۵۸
SOL_K	۰,۳۲	۰,۳۴	۰,۳۲	۰,۳۳
ALPHA _BF	۰,۳	۰,۳۳	۰,۳	۰,۳
SLSUBBSN	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲
SMFMX	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱
ESCO	۰,۰۷	۰,۰۷	۰,۰۷	۰,۰۸

جدول۱۰- تغییرات رواناب سطحی و جریان پایه در مقایسه با تغییرات نسبت حساسیت CN2

	دهه اول	دهه دوم	دهه سوم	دهه چهارم
رواناب سطحی	۹۰۲	۸۷۳	۱۲۰۸	۱۴۱۴
جریان پایه	۴,۷	۱,۷	۳,۶	۳,۳
CN2	۴,۶۱	۴,۶۳	۴,۸	۵,۱



شکل۱۵- مقایسه تغییرات رواناب سطحی- جریان پایه- نسبت حساسیت CN در حوزه آبخیز مارون طی باز مطالعاتی

Archive of SID
www.SID.ir

در این صورت با کاهش نفوذپذیری مقادیر بیشتر بارندگی در روی سطح زمین جاری می‌شود و از دسترس خارج می‌گردد. همچنین با تغییرکاربری اراضی در جهت گرایش مثبت مقدار کمینه جریان متوسط ماهانه نیز افزایش پیدا می‌نماید. همان طوری که در جداول و اشکال مربوطه مشخص می‌باشد پاسخ هیدرولوژیکی حوزه در حالت قهقرایی و تخریب نسبت به حالت احیا کاربری شدیدتر است؛ لذا لزوم حفظ کاربری فعلی حوزه و بهبود و اصلاح کاربری اراضی یکی از راهکارهای اساسی در جهت مدیریت رواناب سطحی می‌باشد. حساسیت بالای CH-K2 (هدایت هیدرولیکی موثر بستر رودخانه اصلی) در منطقه نشان دهنده وجود انشعابات فرعی متناوب یا فصلی در منطقه می‌باشد که بر روی جریان رودخانه اصلی تاثیر گذار می‌باشد. این حوزه دارای خشکه‌رودها و رودخانه‌های فصلی متعدد به ویژه در مناطق نیمه خشک خود می‌باشد که در مواقع بارندگی و آبگیری تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر دبی خروجی حوزه در ایستگاه هیدرومتری ایدنک دارد.SOL-K(هدایت هیدرولیکی اشباع لایه‌های خاک) مقیاسی برای سهولت حرکت آب در لایه‌های خاک است که نشان دهنده تعادل بین جریان آبی و شیب هیدرولیکی می‌باشد. از پارامترهای مهم دیگر پارامترهایی در سطح HRU می‌باشند از جمله این پارامترها SLSUBBSN (متوسط طول شیب زمین در هر HRU) است که ممکن برای هر HRU مقدار یکسانی داشته باشد یا برای هر نوع کاربری و خاک یک SLSUBBSN در نظر گرفته شود و همچنین پارامتر ESCO(فاکتور جبران کننده تبخیر از خاک) پارامتری مهم در چرخه هیدرولوژیکی و تاثیرگذار بر روی رواناب سطحی است. به طور کلی کاهش این پارامتر باعث افزایش رواناب سطحی و جریان پایه می‌شود و بالعکس. زیرا با کاهش ESCO باعث انتقال آب بیشتری از لایه‌های زیرین خاک به لایه‌های فوقانی شده و نتیجتاً مقدار رواناب سطحی و جریان پایه افزایش می‌یابد.

پارامترهای مختلف مربوط به آب‌زیرزمینی از تأثیرگذارترین پارامترها بر رواناب سطحی در حوزه مورد مطالعه است. این پارامترها نشان می‌دهند که اصولاً جریان رودخانه‌ای به وسیله جریان آب زیرزمینی کنترل می‌گردد. ALPHA_BF (ثابت تخلیه آب‌زیرزمینی) تولید کننده جریان پایه است. ALPHA-BMK (فاکتور آلفا جریان پایه برای ذخیره کناری) نشان دهنده ذخیره کناری است که بر روی جریان آبراهه اصلی یا بازه‌های درون زیر حوزه‌ها تاثیرگذار می‌باشد. پارامترهای نرخ ذوب برف SMFMX و SMFMN در مناطق گرمسیر و سردسیر، حساس و تاثیرگذار خواهند بود.اگر نرخ ذوب برف کم باشد، ماندگاری برف در سطح زمین بیشتر می‌شود و در نتیجه، تبخیر آب کمتر و مقدار نفوذ آب به لایه‌های عمیق‌تر خاک و سفره زیرزمینی افزایش می‌یابد و در مقابل سهم رواناب سطحی کمتر می‌شود.و اگر نرخ ذوب برف زیاد باشد فرصت نفوذ به لایه‌های پایین‌تر را نداشته و باعث افزایش جریان سطحی می‌شود.

نتیجه‌گیری

در حوزه آبریز مارون کاربری اراضی در مقدار رواناب خروجی از حوزه نقش بسزایی دارد و حساسیت بالای پارامتر CN اثبات کننده نقش تاثیرگذار تغییرات کاربری اراضی این حوزه است. از آنجا که غالب منطقه به صورت کوهستانی است، افزایش این پارامتر (CN) باعث افزایش مقدار رواناب از طریق کاهش مقدار نفوذپذیری می‌شود در این صورت مقدار بالاتری از آب از طریق رواناب از حوزه خارج می شود. مقایسه اثر گزینه‌های مدیریتی کاربری اراضی بر مؤلفه‌های مختلف چرخه هیدرولوژیکی و همچنین مقادیر مختلف رواناب نشان می‌دهد طی چهار دهه اخیر سناریوی بدبینانه اتفاق افتاده با ادامه روند تخریبی در کاربری اراضی به سمت حالت قهقرایی مقادیر مختلف رواناب افزایش و نفوذپذیری و آب‌گذری به آبخوان‌های سطحی و عمیق، جریان زیر

Archive of SID

www.SID.ir

قشری و تبخیر و تعرق واقعی کاهش می‌یابد. در واقع یکی از دلایل افزایش رواناب در گرایش منفی کاربری اراضی کاهش مقادیر مختلف نفوذپذیری، تبخیر و تعرق و آب گذری می‌باشد. در این حالت مقادیر بیشتر بارندگی از طریق رواناب سطحی از حوزه خارج می‌گردد.

منابع مورد استفاده

سلمانی، حسین.۱۳۹۰.بهینه سازی پارامترهای موثر در بارش – رواناب در مدل نیمه توزیعی SWAT درحوزه قزاقلی استان گلستان. کارشناسی ارشد، گروه احیا مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی ،دانشگاه تهران. ۱۸۵ صفحه

میراب زاد،م. و قبادی نیا،م .۱۳۸٤. ساختار مدل‌های ریاضی و کاربرد آن‌ها در سیستم‌های آب زیرزمینی. کارگاه آموزشی مدلسازی در آبیاری و زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی، ۱۳صفحه. ۲٤ آذر ماه ۱۳۸٤

امین، س. و غفوری روزبهانی،ع. ۱۳۸۱. شبیه سازی رواناب سطحی و تبخیر و تعرق حوزه آبخیز معرف رود زرد با مدل استانفورد ٤ ". مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ٦ (۱۲): ٥٤-٦٦.

گزارش بهنگام سازی تلفیق مطالعات منابع آب ۱۳۸۸ حوزه آبخیز مارون . تجزیه و تحلیل آمار و اطلاعات و بیلان آب بخش ۵ . شرکت مدیریت منابع آب ایران. شرکت سهامی سازمان آب و برق خوزستان. معاونت مطالعات پایه منابع آب . جلد سوم. ص ۱۷۷- ۱۸۹.

Abbaspour KC. Johnson CA. and Van Genuchten TM: Estimating Uncertain Flow and Transport Parameters Using a Sequential Uncertainty Fitting Procedure. Vadose Zone Journal. 2004: 1340–1352.

Abbaspour KC. Vejdani M. And Haghighat S: SWAT-CUP Calibration and Uncertainty Programs for SWAT. 2008: 1596-1602.

Anwar NS: Simulated Impact of land use dynamics on Hydrology during a 20-year-Preiod of deles basin in Ethiopia. TRITA-LWR Master Thesis. 2010: 1-33.

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 agriculture and bio logialengineering , 50 . 843-855.

Jha, M.K., P.W. Gassman and J.G. Arnold. 2007. Water quality modeling for the Raccon River watershed, using SWAT. American Society of Agricultural and Biological Engineers . 50(2): 479-493.

Li KY., Coe MT., Ramankutty N. and De Jong R: Modeling the hydrological impact of land-use change in West Africa. Journal of Hydrology. 2007: 337: 258– 268.

Rostamian R., Jaleha A., Afyunia M., Mousavian SF., Heidarpour M., Jalalian A. and Abbaspour KC: Application of a SWAT model for estimating runoff and sediment in two mountainous basins in central Iran. Hydrological Sciences Journal. 2010: 53(5): 977 – 988.

Sangjun I., Brannan KM., Saied Mostaghimi S. and Sang MK: Comparison of HSPF and SWAT models performance for runoff and sediment yield prediction. Journal of Environmental Science and Health. 2007: 11(42): 1561-1570

SetegnSG., Srinivasan R., Melesse AM. And Dargahi B: SWAT model application and prediction uncertainty analysis in the Lake Tana Basin, Ethiopia. Journal of Hydrological processes. 2010: 24: 357-367.

White k. and Chaubey I: Sensitivity analysis, calibration and validation for a multisite and multivariable SWAT model. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA). 2005: 41(5): 1077-1089.

Zhang X., Srinivasan R. and Van Liew M: Multi-site calibration of the SWAT model for Hydrologic modeling. Soil & Water Division of ASABE, American Society of Agricultural and Biological Engineers. 2008: 51(6): 2039-2049.

Archive of SID

www.SID.ir

ISSN 2251-7480

Investigation the effect of land use changes on the quantity of water resources using remote sensing data and SWAT model (Case study: Maroon basin-southwest of Iran)

Khosro Shafiei Motlagh[1], Jahangir Porhemmat[2], Hossain Sedghi [3]and Majid Hosseni[4]

1) PhD student, water science and engineering Department, college of Agriculture and natural resources, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2) Associate Professor, hydrology and water resources of Soil Conservation and Watershed Management Research institute (SCWMRI), Tehran, Iran
3) Professor water science and engineering Department of Water resource Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
4-Assistant Professor, in hydrology and water resources of Soil Conservation and Watershed Management Resear ch institute (SCWMRI), Tehran, Iran

Received: 11-01-2017 Accepted: 23-05-2017

Abstract

The Correct management watersheds is one of the most important methods is the optimal use of soil and water resources. To do this, it's need for comprehensive information of different methods administrative management. Recent decades, correct and timely assessment of quantitative and qualitative runoff is considered one of the concerns of the country's macro management. This project is modeling and evaluation and efficiency of the SWAT model to simulate the monthly runoff, sensitivity analysis, optimization of critical parameters, to evaluate the effect land use during the past four decades on Quantity of Maroon River watershed at the departure station (Idanak) in Kohgiloyeh and Boyerahmad. For this purpose, were used from semi-distributed SWAT model and SUFI2 program in the form of bundles SWAT CUP for sensitivity analysis, calibration, validation and uncertainty analysis.In this research first were prepared changes in land use map available as well as soil and vegetation in the watershed Maroon map within four ten-year period from 1980 to 2010 by using TM and ETM sensor of Landsat satellite .Observations Data of hydrometric Idenak station as base station was used during 1970 to 2010 in four ten-year period to observe changes in runoff during the calibration and validation. Compare the effect of land use management options on the different components of the hydrological cycle shows different amounts of runoff. Shows a the pessimistic scenario occurred in four decades. With continuing damage to the state in land use regression various amounts of runoff increases and decreases permeability and gullies on the surface and deep aquifers.

Key words: land use ،SWAT ،model ،SUFI 2 ، maroon basin

Archive of SID

www.SID.ir