

شبیه سازی جریان رودخانه با استفاده از مدل SWAT و GIS

نینا عمانی^۱، مسعود تجریشی^۲، احمد ابریشم چی^۳

چکیده

مدل SWAT یک مدل سری زمانی است که مبنای فیزیکی دارد. این مدل قابلیت اتصال به نرم افزار Arc View 3.2 را دارد، لذا حجم وسیعی از داده ها به صورت لایه های اطلاعاتی مانند کاربری اراضی، خاک و DEM با استفاده از نرم افزار واسطه ArcView 3.2 توسط مدل بکار می رود. از این مدل می توان در مدل سازی هیدرولوژیکی حوضه های وسیع و پیچیده استفاده نمود. سایر اطلاعات مورد نیاز عبارت اند از مدیریت اراضی (چرخه کاشت، عملیات درو، تاریخ کاشت و برداشت و آبیاری)، اطلاعات هواشناسی، نوع خاک، ابعاد رودخانه و سفره های آب زیرزمینی. در این مطالعه مراحل واسنجی (از سال ۱۹۹۱ الی ۱۹۹۶) و ارزیابی (از سال ۱۹۹۷ الی ۱۹۹۹) جریان رودخانه برای هر دو زیرحوضه با استفاده از اطلاعات مشاهده ای دو ایستگاه هیدرومتری واقع در خروجی زیر حوضه ها به صورت جداگانه انجام محاسبه شده است. در مجموع شبیه سازی جریان رودخانه در این دو زیرحوضه با استفاده از مدل SAWT رضایتبخش می باشد.

واژه های کلیدی: مدل سازی، حوضه آبریز، جریان، GIS، SWAT

مقدمه

با رشد جمعیت و گسترش روز افزون فعالیتهای کشاورزی شاهد تغییراتی در اکوسیستم های طبیعی و منابع آب موجود می باشیم. کاهش ذخایر آب زیرزمینی، از بین رفتن جنگلها، آلودگی آبها و فرسایش خاکها از جمله اثرات زیانبار ناشی از تغییرات کاربری اراضی و مدیریت نادرست منابع آب می باشد. لذا استفاده از روشهای دقیق و کم هزینه جهت برنامه ریزی و مدیریت صحیح منابع آب و زمین به منظور برآورد پیامدها، خسارات و ارائه راهکارهای مناسب جهت کاهش این خسارات امری ضروری است. اولین گام در این خصوص، شناخت دقیق وضعیت هیدرولوژیکی و فیزیکی منطقه است. مدل های متعددی جهت مدل سازی هیدرولوژیکی حوضه های آبریز وجود دارد که با توجه به قابلیت های این گونه مدل ها و شرایط توپوگرافی و آب و هوایی و وسعت منطقه مورد نظر، مدل مناسب انتخاب می شود. در این تحقیق از مدل SWAT جهت مدل سازی هیدرولوژیکی منطقه مورد مطالعه استفاده شده است. این مدل قابلیت اتصال به نرم افزارهای GIS را دارا بوده و محدودیتی از نظر ورود حجم وسیعی از اطلاعات در مورد حوضه های وسیع وجود ندارد. مدل SWAT به طور عمده در مدل سازی حوضه های زراعی و کم شیب بکار می رود. از این مدل در تخمین میزان فرسایش حوضه مکونگ، شامل قسمتهایی از چین، ویتنام و تایلند به مساحت ۷۹۵۰۰۰ کیلومتر مربع [۱] و پروژه کانوسویل واقع در ایالات متحده استفاده شده است [۲]. مدلسازی حوضه رودخانه می سی سی پی به مساحت ۴۹۲۰۰۰ کیلومتر مربع نیز به کمک مدل SWAT و GIS انجام شده است [۳]. در این تحقیق سعی شده است مقایسه ای بین شبیه سازی جریان رودخانه حوضه ماهیدشت و سنجابی که خود بخشی از حوضه رودخانه قره سو می باشند، به لحاظ تفاوت های فیزیکی دو حوضه مانند زمین شناسی و وضعیت سفره های آب زیرزمینی صورت گیرد. یکی از دلایل انتخاب مدل SWAT این است که منطقه مورد مطالعه به طور عمده شامل اراضی زراعی بوده و بخش وسیعی از آن را دشتهای و مناطق مسطح تشکیل می دهد.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه های هیدرولیکی دانشگاه صنعتی شریف ninaomani@yahoo.com

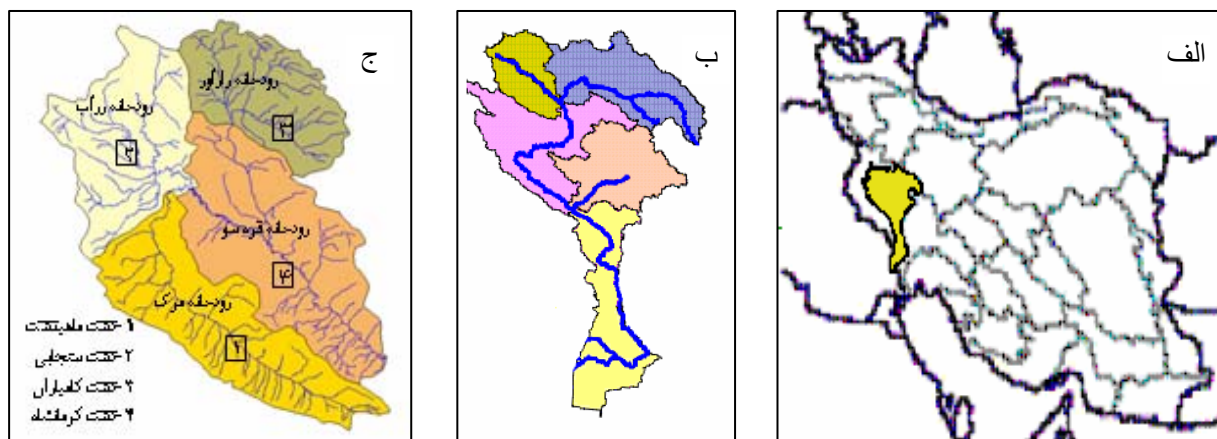
۲- دانشیار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف tajrishy@sharif.edu

۳- استاد دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف abrisham@sharif.edu

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

زیر حوضه قره سو به مساحت ۵۳۲۰ کیلومتر مربع در شمال غربی حوضه کرخه قرار دارد (شکل های ۱- الف و ۱- ب). سه رودخانه اصلی در این حوضه جریان دارند که عبارت اند از رودخانه مرک، رودخانه قره سو و رودخانه رازآور. همچنین شامل چهار دشت ماهیدشت، سنجایی، کرمانشاه و کامیاران می باشد. منطقه مورد مطالعه شامل حوضه های ماهیدشت و سنجایی می باشد. دشت ماهیدشت در جنوب و جنوب غربی حوضه رودخانه قره سو بین ۲۲' ۴۷° و ۵۶' ۴۶° طول شرقی و ۰۰' ۳۴° تا ۳۰' ۳۴° عرض شمالی قرار گرفته است. مساحت حوضه آبریز آن ۱۴۲۰ کیلومتر مربع و وسعت دشت آن ۴۶۶ کیلومتر مربع می باشد و بقیه را ارتفاعات تشکیل می دهند. رودخانه مرک از شعبات رودخانه قره سو بوده و از جنوب شرقی حوضه قره سو سرچشمه گرفته و سراسر طول دشت را پیموده و در منتهی الیه شمال غربی به طرف شمال منحرف و به رودخانه قره سو می ریزد (شکل ۱- ج). ارتفاع متوسط دشت ۱۳۶۳ متر و حداکثر ارتفاع آن ۱۴۵۰ متر و حداقل ارتفاع ۱۲۰۰ متر می باشد. دشت سنجایی در شمال غربی حوضه رودخانه قره سو قرار داشته و مختصات مرکز آن ۴۰' ۴۶° طول شرقی و ۳۴' ۳۴° عرض شمالی می باشد. حوضه آبریز سنجایی ۱۲۳۰ کیلومتر مربع وسعت داشته که ۴۵۷ کیلومتر مربع آن دشت و بقیه را ارتفاعات تشکیل می دهد. رودخانه های فرعی گراب، کوتاب و زراب از شمال غربی و غرب حوضه آبریز سنجایی سرچشمه گرفته و به رودخانه اصلی قره سو می پیوندند. ارتفاع متوسط این دشت ۱۳۴۰ متر از سطح دریا می باشد.



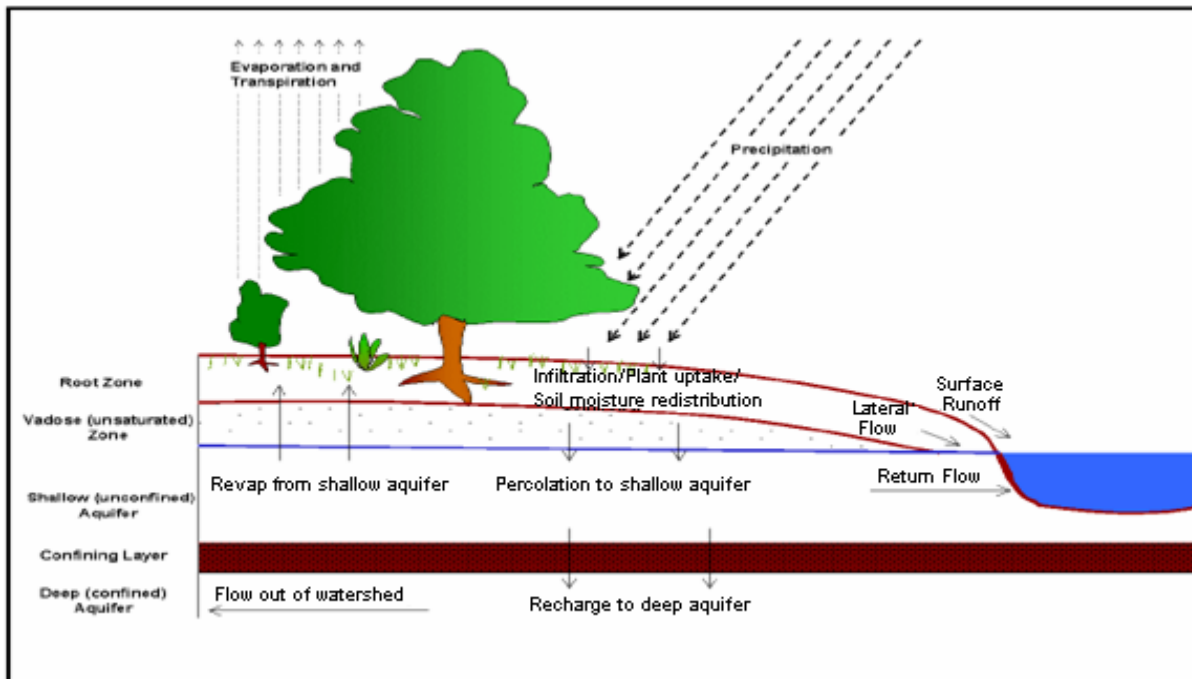
شکل (۱): الف- موقعیت حوضه کرخه ب- حوضه کرخه و موقعیت زیرحوضه قره سو در شمال غرب آن ج- حوضه قره سو و تقسیمات دشتهای

معرفی مدل SWAT

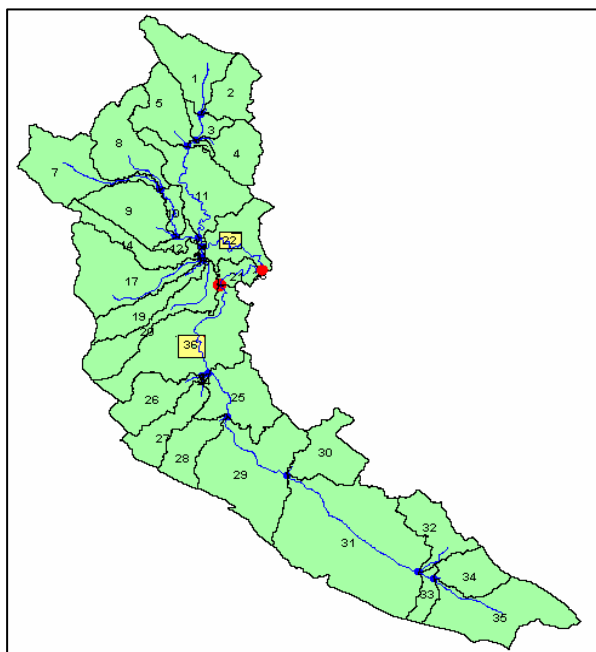
SWAT یک مدل هیدرولوژیکی است که توسط سازمان تحقیقات کشاورزی آمریکا توسعه داده شده است. فرآیندهای هیدرولوژیکی اصلی که توسط مدل شبیه سازی می شوند شامل تبخیر و تعرق، رواناب سطحی، ذوب برف، نفوذ سطحی، نفوذ عمقی و جریان آب زیرزمینی و جریانهای زیر سطحی می باشد. شکل (۲)، چرخه هیدرولوژیکی مدل SWAT را به طور شماتیک نشان می دهد. چهار سیستم فرعی جهت تشکیل فرآیندهای شبیه سازی در این مدل عبارت اند از: لایه های خاک (عمق صفر تا ۳/۵ متر)، منطقه میانی یا غیر اشباع در صورت وجود، سفره آب زیرزمینی کم عمق یا غیر محصور (عمق ۳/۵ تا ۲۵ متر)، سفره آب زیرزمینی عمیق یا محصور (عمق بیش از ۲۵ متر) و مسیلهها. در این مدل جریان رودخانه توسط سه منبع اصلی تأمین می گردد که عبارت اند از رواناب سطحی، جریان زیر سطحی و جریان پایه یا همان جریان آب زیرزمینی از سفره آب زیرزمینی غیر محصور. کل حوضه با استفاده از نرم افزار AVSWAT¹ به تعدادی زیرحوضه و واحدهای هیدرولوژیکی HRU² تقسیم می گردد. همچنین می توان شبکه آبراهه ها را توسط همین نرم افزار با توجه به نقشه DEM تولید، یا در صورت امکان از نقشه دیجیتالی اصلی شبکه

¹ - Arc View Soil and Water Assessment Tool

² - Hydrologic Response Unite



شکل (۲) نمایش چرخه هیدرولوژیکی در مدل SWAT



شکل (۳) تقسیمات زیرحوضه ها توسط AVSWAT

ونمایش محل ایستگاه های هیدرومتری

جدول (۱) اکثر پارامترهای موثر در شبیه سازی جریان رودخانه و ذخیره آب زیرزمینی بکار رفته در مدل SWAT را نشان می دهد.

آبراهه های حوضه استفاده کرد. در این تحقیق از نقشه شبکه آبراهه های حوضه در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ استفاده شده است. زیر حوضه ها بر اساس مساحت زهکشی رودخانه های فرعی تقسیم شده و هر واحد هیدرولوژیکی دارای خصوصیات مکانی یکسان از نظر کاربری اراضی و خاک می باشد. همان طور که در شکل (۳) نشان داده شده است، منطقه مورد نظر به ۳۶ زیرحوضه و ۲۵۴ واحد هیدرولوژیکی تقسیم گردیده است. زیر حوضه شماره ۳۶ محل خروج جریان از حوضه ماهیدشت بوده و زیر حوضه شماره ۲۲ محل خروج جریان از حوضه سنجابی می باشد. رواناب سطحی ناشی از بارش روزانه با استفاده از روش شماره منحنی اصلاح شده سازمان حفاظت خاک آمریکا^۱ و روند یابی جریان با استفاده از دو روش تغییر ذخیره مخزن و ماسینگهام شبیه سازی می گردد. مدل SWAT توانایی محاسبه میزان تبخیر و تعرق پتانسیل را به سه روش پنمن - مونتیث^۲، پریستلی - تیلور^۳ و هارگریوز^۴ دارد. تحقیقات نشان داده است که مدل SWAT در شبیه سازی طولانی مدت نتایج مطلوبتری نسبت به دوره های زمانی کوتاه مدت چند ساله ارائه می دهد[۲].

^۱- Mishra and Singh, 2003

^۲- Monteith, 1965

^۳- Pristley and Taylor, 1972

^۴- Hargreaves and Samani, 1985

جدول (۱) مقادیر اولیه پارامترهای بکار رفته در مدل SWAT و محدوده تغییرات این پارامترها

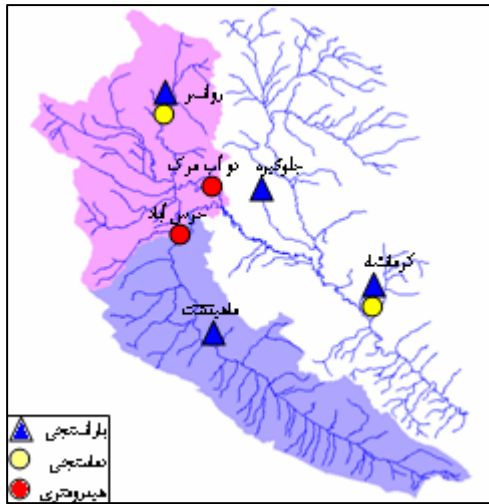
نام پارامتر	شرح پارامتر	محدوده تغییرات*	مقدار اولیه پارامتر
CN	شماره منحنی	± 8	بر اساس جدول تهیه شده توسط USDA
SOL-AWC	ظرفیت آب قابل دسترس خاک	± 0.05	با توجه به نوع بافت خاک تعیین می گردد
ESCO	ضریب تبخیر خاک	0.01-1	0.95
ALPHA-BF	ضریب α آب زیر زمینی	0-1	0.048
GW-REVAP	ضریب تعیین نفوذ به سفره آب زیر زمینی عمیق یا صعود موئینگی از سفره آب کم عمق	0.02-0.2	0.02
GW-DELAY	زمان تأخیر انتقال آب از آخرین پروفیل لایه خاک به سطح آب زیر زمینی (روز)	0-500	صفر
SFTMP	متوسط دمای هوا برای تبدیل باران به برف ($^{\circ}\text{C}$)	± 5	1
SMTMP	دمای ذوب توده برف ($^{\circ}\text{C}$)	± 5	0.5
SMFMX	نرخ ذوب برف در ۲۱ ژوفن ($\text{mmH}_2\text{O}/^{\circ}\text{C}\text{-day}$)	0-10	4.5
SMFMN	نرخ ذوب برف در ۲۱ دسامبر ($\text{mmH}_2\text{O}/^{\circ}\text{C}\text{-day}$)	0-10	4.5
SURLAG	ضریب تأخیر رواناب (روز)	1-40	4
OV-N	ضریب مانینگ برای جریان سطحی	0.01-30	با توجه به پوشش اراضی (Engman,1983)
CH-N2	ضریب مانینگ رودخانه اصلی	0.01-0.3	با توجه به جنس پوشش بستر رودخانه (Chow,1959)
CH-K2	هدایت هیدرولیکی موثر بستر رودخانه اصلی (mm/hr)	0.01-150	با توجه به جنس مواد تشکیل دهنده بستر (Lane,1983)
CH-WDR	نسبت عرض به عمق رودخانه در هر زیرحوضه	0-10000	توسط مدل تعیین می گردد
LAT-TTIME	زمان تأخیر رسیدن جریانهای زیر سطحی به رودخانه در هر HRU (روز)	0-180	با توجه به خصوصیات خاک و شیب توسط مدل تعیین می گردد
RCHRG-DP	درصد تغذیه سفره عمیق از سفره کم عمق یا غیر محصور	0-1	صفر
TLAPS	نرخ تغییرات دما با ارتفاع در هر زیرحوضه ($^{\circ}\text{C}/\text{km}$)	0-50	-6
SLOPE	شیب متوسط زمین در هر HRU (m/m)	0-0.6	توسط مدل با استفاده از DEM تعیین می گردد
SLSUBBSN	متوسط طول شیب در هر HRU (m)	10-150	توسط مدل با استفاده از DEM تعیین می گردد
GW-SPYLD	ضریب آبدهی ویژه سفره کم عمق	0-0.4	0.003
GWQMN	حداقل مقدار ذخیره آب در سفره که برای رخ دادن جریان پایه لازم است ($\text{mm H}_2\text{O}$)	0-5000	صفر
SHALLST	مقدار ذخیره سفره کم عمق در ابتدای شبیه سازی (mmH_2O)	0-1000	صفر
REVAPMN	حداقل مقدار ذخیره آب در سفره که برای شروع تبخیر آب زیرزمینی از طریق موئینگی لازم است ($\text{mm H}_2\text{O}$)	0-500	صفر
IRR-AMT	آب موردنیاز برای آبیاری ($\text{mm H}_2\text{O}/\text{day}$)	0-100	صفر
CANMX	آب نگهداشته شده توسط پوشش گیاهی یا همان برگاب ($\text{mm H}_2\text{O}$)	0-100	صفر

* دامنه تغییرات توسط مدل تعیین شده است.

جمع آوری اطلاعات

داده های مورد نیاز برای شبیه سازی توسط مدل SWAT عبارت اند از توپوگرافی، آب و هوا، پوشش گیاهی، خاک و داده های مدیریتی. اطلاعات توپوگرافی به صورت مدل ارتفاع رقومی (DEM)، نقشه کاربری اراضی و خاک به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ (اندازه پیکسلها

۵۰×۵۰ متر) از مؤسسه حفاظت خاک و آبخیزداری جهاد کشاورزی تهیه گردیده است. نقشه کاربری اراضی از تصاویر ماهواره ای Landsat سال ۱۹۹۳ میلادی استخراج گردیده است.



شکل (۴) نمایش محل ایستگاه های بارانسنجی و هیدرومتری

اطلاعات هواشناسی روزانه عبارت اند از بارش، دمای حداقل و حداکثر روزانه (از سال ۱۹۸۸ الی ۲۰۰۳ میلادی) که به صورت فایل اطلاعاتی (.dbf) به مدل داده شده است. سایر اطلاعات هواشناسی مورد نیاز عبارت اند از تابش، سرعت باد، رطوبت نسبی که در این تحقیق توسط مدل شبیه سازی شده اند. داده های بارندگی از آمار دو ایستگاه بارانسنجی ماهیدشت و جلوگیره و دو ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه و روانسر و دمای روزانه از آمار دو ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه و روانسر بدست آمده است. داده های مدیریتی اراضی کشاورزی عبارت اند از تاریخ کاشت و برداشت محصولات، تاریخ آبیاری و منبع مورد استفاده جهت آبیاری محصولات و عملیات شخم زدن. جدول (۲) مشخصات ایستگاههای بارانسنجی و سینوپتیک استفاده شده در مدل سازی را نشان می دهد. محل ایستگاه های بارانسنجی، سینوپتیک و ایستگاه های هیدرومتری خرس آباد و دوآب مرک در شکل (۴) نشان داده شده است.

جدول (۲) مشخصات ایستگاههای بارانسنجی و سینوپتیک استفاده شده در مدل سازی

ایستگاه	دوره آماری	طول شرقی	عرض شمالی	ارتفاع (متر)	بارش سالانه (mm)	میانگین بارش ماهانه (mm)	میانگین حداکثر دمای ماهانه (°C)	میانگین حداقل دمای ماهانه (°C)	میانگین دمای سالانه (°C)
کرمانشاه	1976-2000	34 21	47 9	1318.6	440	54	37.9	-3.7	14.2
روانسر	1988-2000	34 43	46 39	1379.7	530.2	44.2	36.6	-3.1	14.78
جلوگیره	1988-2000	34 35	46 51	1180	490	43.6	-	-	-
ماهیدشت	1973-2002	34 16	46 49	1415	404	33.2	-	-	-

زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

به دلیل نقش مهم سازندهای تشکیل دهنده ارتفاعات در تغذیه سفره ها، شناخت و بررسی مواد تشکیل دهنده و ساختار این سازندها ضروری می باشد. تمامی کوهها و ارتفاعات شمال شرقی دشت سنجابی از سازند آهکی معروف به آهکهای بیستون تشکیل شده است. فراوانی و گسترش زیاد این سازند آهکی و بخصوص حرکات تکنونیک که در آنها بوقوع پیوسته باعث ایجاد پدیده معروف و مهم کارست و همچنین پیشرفت و توسعه این پدیده مهم در این سری سازندهای آهکی گردیده است، بطوریکه این سازندها به خوبی نزولات جوی را دریافت و باعث تشکیل سفرههای معروف و مهم کارستی یا آهکی در این منطقه گردیده اند. چشمه های پرآبی از قبیل بیستون، طاق بستان و سرآب روانسر که همگی تقریباً در یک مسیر قرار گرفته اند از داخل آهکهای یاد شده خارج می گردند. بررسی سازندهای حوضه ماهیدشت نشان می دهد قسمت اعظم سازندهای این منطقه از لحاظ خواص هیدرودینامیکی فاقد ارزش آبی می باشند و در تغذیه سفره های آب زیر زمینی تأثیر چندانی ندارند. قسمت عمده سازندهای سخت حوضه ماهیدشت معروف به امیران با توجه به خصوصیات مواد متشکله آن (مارنی ورسی) غیر قابل نفوذ بوده و بهمین دلیل در تغذیه آب زیر زمینی سفره ماهیدشت بی تأثیر می باشد [۵].

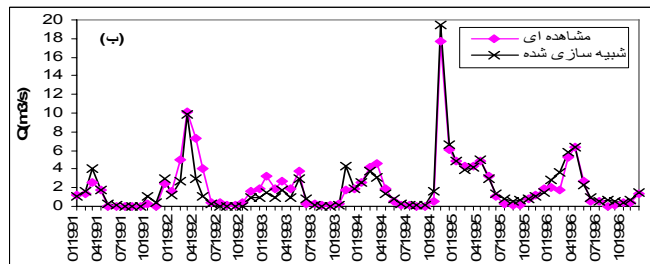
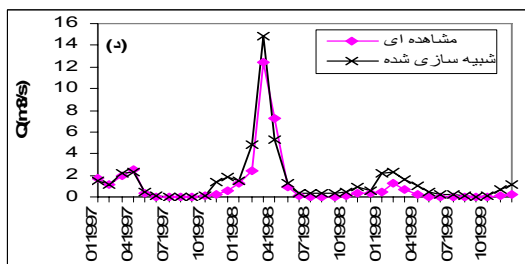
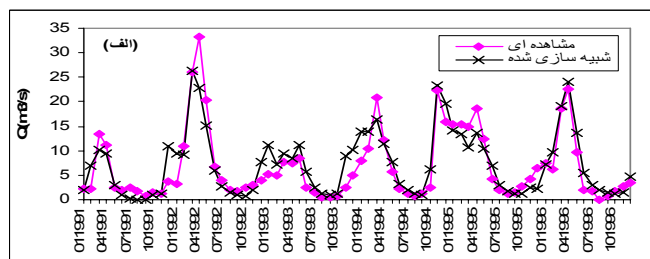
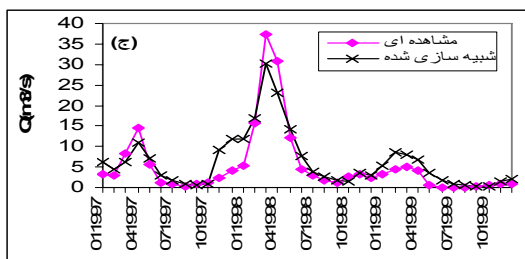
واسنجی و تایید اعتبار مدل

پارامترهای متعددی جهت واسنجی مدل انتخاب گردیده است. کلیه پارامترها با توجه به واسنجی جریان رودخانه با استفاده از آمار ایستگاههای هیدرومتری خرس آباد و دوآب مرک تنظیم گردیده اند. این پارامترها با توجه به تحقیقات قبلی در زمینه کالیبراسیون مدل SWAT انتخاب گردیده اند [۴]. جدول (۳) مقدار بدست آمده برای تعدادی از پارامترها در مرحله واسنجی و سایر پارامترهایی را که مقدار آنها با توجه به اطلاعات جمع آوری شده و مطالعه منطقه بدست آمده اند را نشان می دهد [۵]. واسنجی مدل از سال ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۶ میلادی مقدار ضریب ارتباط (R^2) شبیه سازی جریان ماهانه دو حوضه ماهیدشت و سنجابی را به ترتیب ۸۹٪ و ۸۱٪ و مجذور ضریب همبستگی (E_{NS}) را به ترتیب ۸۸٪ و ۸۰٪ نشان می دهد. اعتبارسنجی مدل از سال ۱۹۹۷ تا ۱۹۹۹ میلادی مقدار R^2 شبیه سازی جریان ماهانه دو حوضه ماهیدشت و سنجابی را به ترتیب ۹۰٪ و ۸۷٪ و E_{NS} را به ترتیب ۸۶٪ و ۸۴٪ نشان می دهد (جدول ۴). واسنجی و تایید اعتبار شبیه سازی تغییرات ماهانه ذخیره آب زیر زمینی بترتیب با استفاده از آمار تغییرات ارتفاع متوسط سطح آب زیر زمینی ماهیدشت در سالهای ۱۹۹۲ و ۱۹۹۳ انجام شده است. شکل های (۵) و (۶) نشان دهنده نتایج واسنجی و تایید اعتبار مدل می باشند.

جدول (۳) مقدار نهایی پارامترهای بکار رفته در مدل سازی

نام پارامتر	مقدار نهایی پارامتر (مقدار یادصد تغییرات)		نام پارامتر	مقدار نهایی پارامتر (مقدار یادصد تغییرات)	
	سنجابی	ماهیدشت		سنجابی	ماهیدشت
CN*	(-6)	(-6)	SURLAG	1	
SOL-AWC*	(0.05)	(0.05)	CH-K2*	30	50
ESCO*	0.4	0.4	RCHRG-DP	0.07	0.07
ALPHA-BF*	0.1	0.2	TLAPS	-5	-5
GW-REVAP*	0.03	0.04	GW-SPYLD	0.02	0.02
GW-DELAY	در هر زیرحوضه با توجه به عمق آب زیرزمینی و خصوصیات منطقه غیر اشباع تعیین گردیده است.		CH-WDR	در هر زیرحوضه با توجه به اطلاعات موجود تصحیح گردیده است.	
SFTMP	2		LAT-TIME	باتوجه به خصوصیات خاک و شیب تصحیح گردیده است.	
SMTMP	4		SLOPE	تغییر داده نشده است	
SMFMX*	2.5	2.5	SLSUBBSN	تغییر داده نشده است	
SMFMN*	2.5	2.5	GWQMN*	1200	1100
REVAPMN	300	300	SHALLST	1000	1000

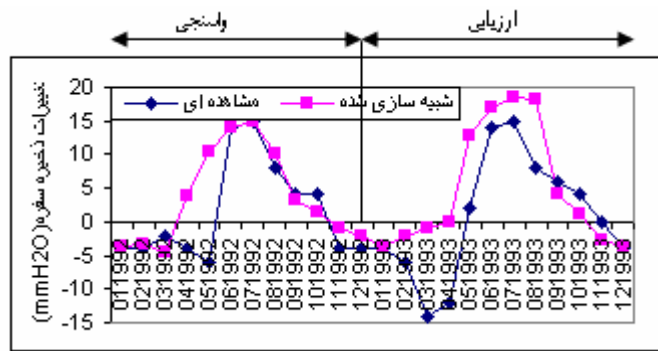
* این پارامترها در مرحله واسنجی مدل بدست آمده اند.



شکل (۵) مقادیر جریان رودخانه مشاهده ای و شبیه سازی شده (الف): واسنجی مدل در ایستگاه دوآب مرک حوضه سنجابی (ب): واسنجی مدل در ایستگاه خرس آباد حوضه ماهیدشت (ج): تایید اعتبار مدل در ایستگاه دوآب مرک حوضه سنجابی (د): تایید اعتبار مدل در ایستگاه خرس آباد حوضه ماهیدشت

جدول (۴) نتایج واسنجی و تایید اعتبار مدل

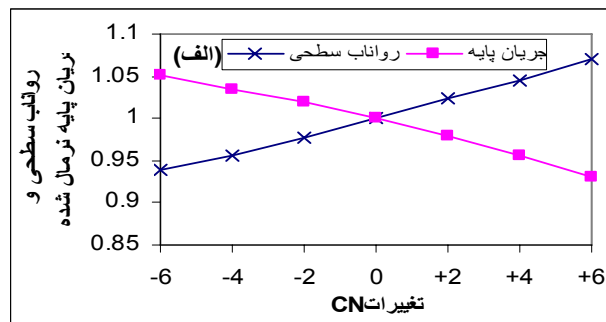
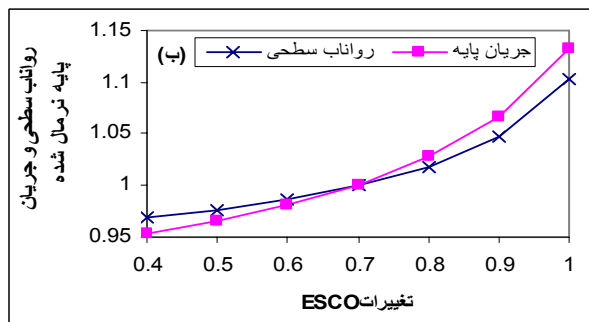
ماهیدشت		سنجایی		
E_{NS}	R^2	E_{NS}	R^2	
0.88	0.89	0.80	0.81	واسنجی جریان
0.86	0.9	0.84	0.87	ارزیابی جریان
0.36	0.42	-	-	واسنجی تغییرات ذخیره آب زیرزمینی
0.28	0.38	-	-	ارزیابی تغییرات ذخیره آب زیرزمینی



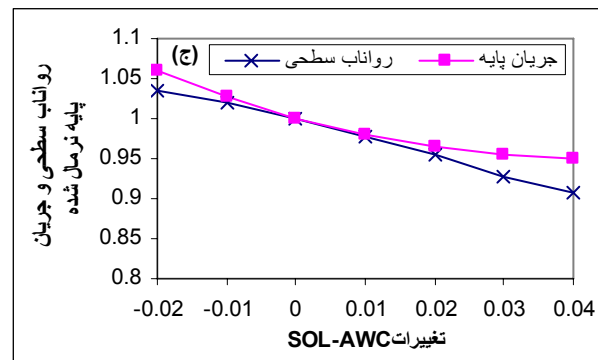
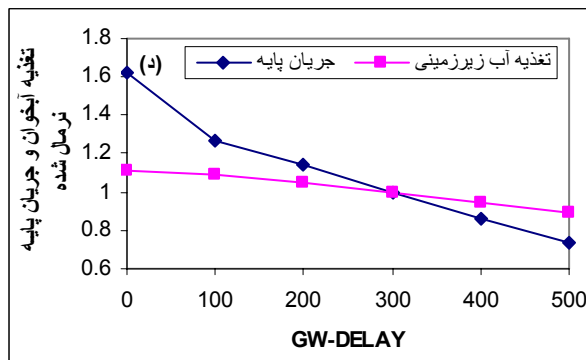
شکل (۶) متوسط تغییرات ذخیره سفره مشاهده ای و شبیه سازی شده حوضه ماهیدشت

آنالیز حساسیت

حساسیت هیدرولوژیکی حوضه های آبریز بر حسب شرایط و ویژگی هایشان، در برابر یک پارامتر خاص کاملاً متفاوت است. طبق مطالعات انجام شده در این زمینه [Y]، سه پارامتر شماره منحنی (CN)، ظرفیت آب قابل دسترس خاک (SOL-AWC) و ضریب تبخیر خاک (ESCO) تأثیر ویژه ای در نتایج بدست آمده دارند. پارامتر دیگری که در این تحقیق جهت انجام آنالیز حساسیت در نظر گرفته شده است زمان تأخیر انتقال آب از آخرین لایه پروفیل خاک به سطح آب زیر زمینی می باشد (GW-DELAY). با توجه به اینکه محدوده عمق آب زیر زمینی در نقاط مختلف حوضه های ماهیدشت و سنجایی در محدوده یک الی ۴۰ متر بوده و در بعضی نواحی به صفر نیز می رسد، لذا پارامتر GW-DELAY نقش مهمی در تغذیه سفره های آب زیر زمینی ایفا می کند. مقدار این پارامتر بستگی به شرایط و خصوصیات فیزیکی منطقه غیراشباع دارد که مابین آخرین لایه پروفیل خاک و سطح آب زیر زمینی قرار دارد. مقدار این پارامتر در دشتهای منطقه مورد مطالعه خصوصاً نواحی مرکزی که سطح آب زیر زمینی بالا می باشد و منطقه غیراشباع وجود ندارد، برابر صفر در نظر گرفته شده است. آنالیز حساسیت برای رواناب سطحی ماهیانه و جریان پایه که شامل آب زیر زمینی ورودی و جریانهای زیر سطحی می باشد بطور جداگانه انجام شده است. شکل شماره (۷) نتایج بدست آمده از آنالیز حساسیت را نشان می دهد. مطابق نمودار (الف-۷) با افزایش مقدار شماره منحنی جریان پایه کاهش یافته و رواناب سطحی افزایش می یابد، زیرا با افزایش شماره منحنی مقدار نفوذ کاهش یافته و باعث افزایش رواناب سطحی می گردد و بالعکس. نمودار (ب-۷) نشان می دهد که کاهش ضریب تبخیر خاک باعث افزایش رواناب سطحی و جریان پایه می شود، زیرا کاهش مقدار پارامتر ESCO باعث انتقال آب بیشتری از لایه های زیرین خاک به لایه های فوقانی شده و نتیجتاً میزان رواناب سطحی و جریان پایه افزایش می یابد. با کاهش مقدار پارامتر SOL-AWC رواناب سطحی و جریان پایه افزایش می یابد (نمودار ج-۷) زیرا فضاهای خالی برای نگهداری آب کاهش یافته و در نتیجه میزان رواناب و نفوذ عمقی افزایش می یابد که در پی آن جریان پایه نیز افزایش می یابد. نمودار (د-۷) نشان می دهد که افزایش پارامتر GW-DELAY باعث کاهش جریان پایه می گردد. محدوده مجاز تغییرات این پارامتر در مدل SWAT از صفر تا ۵۰۰ روز می باشد که در نتیجه آن جریان پایه به میزان ۲۳۳ درصد کاهش می یابد. محدوده تغییرات پارامترها با توجه به محدوده مجاز در نظر گرفته شده در مدل SWAT در نظر گرفته شده است.



شکل (۷) آنالیز حساسیت رواناب سطحی و جریان آب پایه برای (الف): شماره منحنی (ب): ضریب تبخیر خاک



ادامه شکل (۷) آنالیز حساسیت رواناب سطحی و جریان پایه برای (ج): ظرفیت آب قابل دسترس خاک (د): زمان تاخیر جریان آب زیرزمینی

نتیجه گیری

عوامل متعددی در دقت نتایج مدل سازی دخالت دارند. دسته ای از این عوامل در ارتباط با شرایط محیطی حوضه و اطلاعات جمع آوری شده بوده و دسته دیگر مربوط به ضعفهای مدل در شبیه سازی می باشد. تعدادی از عوامل محیطی تاثیر گذار عبارت اند از:

(۱) نتایج شبیه سازی جریان رودخانه برای حوضه ماهیدشت با توجه به جدول (۴) رضایتبخش تر از حوضه سنجابی می باشد. دلیل این امر می تواند وجود چشمه های پر آب و مهم در حوضه سنجابی باشد. احتمال تغذیه چشمه های جاری در حوضه سنجابی از سفره های حوضه های مجاور باعث کاهش دقت نتایج شبیه سازی می گردد.

(۲) مدل SWAT میزان تخلیه آب زیر زمینی را بمیزان قابل توجهی بیشتر از مقدار واقعی نشان می دهد و همین امر می تواند نشان دهنده ورود جریان های آب زیر زمینی از حوضه های مجاور به سفره های آب زیرزمینی حوضه ماهیدشت باشد.

(۳) نقشه کاربری اراضی در سال ۱۹۹۳ تهیه شده است. با گذر زمان ممکن است تغییراتی در کاربری اراضی حوضه داده شده باشد. عوامل خطا در ارتباط با مدل عبارت اند از:

(۱) نتایج شبیه سازی تغییرات ذخیره آب زیر زمینی بخوبی جریان رودخانه نمی باشد. دلیل این امر می تواند یکسان در نظر گرفتن ضریب تخلخل برای کل لایه های پروفیل خاک توسط مدل SWAT باشد که در نتیجه آن ضریب آبدهی ویژه تمامی لایه های خاک ثابت در نظر گرفته می شود، در صورتی که میزان آبدهی ویژه لایه های فوقانی نسبت به لایه های زیرین بسیار متفاوت است.

(۲) مدل SWAT شیب زمین را در هر HRU ثابت در نظر می گیرد، در صورتی که شیب اراضی زراعی و جنگلها یکسان نمی باشد. در نهایت مدل SWAT در شبیه سازی هیدرولوژیکی حوضه های آبریز وسیع بسیار خوب عمل می کند. جهت ادامه این تحقیق می توان اثرات تغییر آب و هوا، تغییر کاربری اراضی، احداث سد و مدیریت اراضی را بر روی مؤلفه های مختلف هیدرولوژیکی و تولید رسوب حوضه بررسی نمود.

منابع

- [1] Al-Soufi, R. and Richey, J., (2003) "Analyses of the Mekong Flow", Proc. 1st International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pacific, Kyoto, pp 769-774.
- [2] Jennifer Benaman, Christine A Shoemaker and Douglas A. Haith. (2004). "Calibration and validation of the soil and water assessment tool on the Connonville reservoir watershed", In press for ASCE Jn of Hydrologic Engineering.
- [3] Manoj, Jha, Philip, W. Gassman, Jeffrey, G. Arnold, Silvia, S., Secchi, Todd Campbell, Catherine, L. Kling., (2004). "Hydrologic modeling of the upper Mississippi river basin using SWAT", Paper number 042069, 2004 ASAE Annual Meeting.
- [4] Kati, L. White and Indrajeet Chaubey, (2005). "Sensitivity Analysis, Calibration, and Validations for a Multisite and Multivariable SWAT Model", Journal of the American Water Resources Association. (JAWRA) 41(5):1077-1089.

[۵] موسسه پژوهشهای برنامه ریزی و اقتصاد کشاورزی (۱۳۸۲)، "مطالعات مرحله اول ساماندهی دشت ها، دشت ماهیدشت-سنجابی".