بررسی تاثیر تغییرات کاربری اراضی در شیب های مختلف بر مولفه های جریان (مطالعه موردی: حوزه آبخیز طالقان)

مجید حسینی[1]، حامد حسینی[2] ، محمود عرب خدری[3]، آرش زارع گاریزی[4]

1- استادیار پژوهشی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری mjhossaini@gmail.com
2- دانشجوی کارشناسی مهندسی برق، دانشکده برق دانشگاه امیر کبیر hellihdhs@yahoo.com
3- استادیار پژوهشی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری arabkhedri.mahmood@yahoo.com
4- دانشجوی دکتری دانشگاه یزد arash.zare86@gmail.com

چکیده

امروزه آگاهی داشتن از کمیت و کیفیت مولفه های جریان به دلیل تغییرات کاربری اراضی چه در اثر دخالت بشر و چه بواسطه عوامل طبیعی همچون تغییر اقلیم بعنوان اولین قدم بر ای اتخاذ شیوه های صحیح و پایدار مدیریت منابع آب رودخانه ها به حساب می آیند. مدل SWAT یکی از مدل هایی است که در دهه اخیر در این زمینه توسعه فراوانی داشته و در سطح بین المللی مورد استفاده گسترده قرار گرفته است. این مدل دارای توان شبیه سازی پدیده های هیدرولوژیکی و بیولوژیکی شامل دبی رودخانه، رسوب ، بیلان آبی، کیفیت آب، تولید محصولات زراعی، برآورد تولید پوشش گیاهی مرتعی با اعمال مدیریت درحوضه های فاقد آمار است. این مطالعه در نظر دارد با استفاده از مدل SWAT2009 و نقشه های کاربری اراضی، خاک، DEM و اطلاعات هیدروکلیماتولوزی، نقش تغییرات کاربری اراضی در شیب های مختلف را بر مولفه های جریان را در حوزه آبخیز طالقان در قالب سناریو های احتمالی در مقایسه با سال پایه 2007 مورد ارزیابی قرار دهد. نتایج حاصل نشان می دهد که سیر تغییرات کاربری اراضی، تاثیر مهمی در تغییرات مولفه های جریان دارد به طوری که فقط تغییر کاربری از مرتع به کشاورزی در شیب های کمتر از 20 درصد باعث افزایش جریان سطحی به میزان 4/3 درصد و کاهش مجموع جریان زیرزمینی و زیر سطحی به میزان 23/9 در صد نسبت سال پایه را به همراه خواهد داشت. بنابر این با توجه به شرایط حاکم مناسبترین روش در پایداری منابع آب و خاک در حوضه، استفاده از عملیات مدیریتی در کاهش سرعت جریان و ایجاد فرصت مناسب در نفوذ آب در خاک و نگهداشت آب با عملیات آبخیزداری در سرشاخه ها می باشد.

واژه‌های کلیدی : مدل SWAT2009 ، حوزه آبخیز طالقان، مولفه های جریان

مقدمه

آب موهبتی است الهی که منبع حیات و عامل رشد و توسعه جوامع بشری است. همه صاحبنظران بر این باورند که کشورمان از این موهبت الهی کم بهره است و میانگین بارش سالانه کشور مان حدود یک سوم میانگین دنیاست و همین مقدار بارش نیز از طرفی از توزیع مکانی و زمانی مناسبی بر خوردار نیست و از طرف دیگر مدیریت مناسبی بر آن اعمال نمی شود.

طبق مطالعات جامع آب کشور، ریزشهای جوی کشور بالغ بر 413 میلیارد متر مکعب می‌باشد. از این مقدار 92 میلیارد متر مکعب به صورت جریان‌های سطحی جاری شده، 25 میلیارد متر مکعب مستقیماً به آبخوان‌های آبرفتی نفوذ کرده و مابقی به صورت تبخیر و تعرق از دسترس خارج می‌گردد. بنابراین با احتساب 5/5 میلیارد متر مکعب تبخیر و تعرق حاصل از برداشت آبخوان‌ها، می‌توان میزان تبخیر و تعرق واقعی را حدود 73 درصد میانگین بارش تخمین زد که برای مدیریت آن هم نیاز به برنامه‌ریزی می‌باشد. جلوگیری از اتلاف این منبع و ذخیره سازی بخشی از آن در لایه های خاک امری مهم می باشد که نیاز به برنامه‌ریزی اصولی و صحیح دارد.

در دهه های روند صعودی رشد جمعیت جهان، پیشرفت صنعت، آلودگی محیط زیست و ارتقای سطح بهداشت و همچنین تغییر اقلیم و استفاده غیر اصولی از منابع ملی، دست به دست هم داده و تخریب مراتع را به همراه داشته است. شناخت همه ی اجزای چرخه آب به دلیل تغییرات زمانی و مکانی عوامل موثر در حوضه های آبخیز از طریق تحلیلی یا تئوری، وقت گیر و اغلب غیر ممکن است. مدل های هیدرولوژی برای غلبه بر این مشکل در سطح حوضه های آبخیز دنیا فراخور با نیاز های منطقه ای طراحی و توسعه داده شده اند. هر کدام از این مدل ها قابلیت محاسبه تغییرات مولفه های جریان را در چرخه پیچیده هیدرولوژیکی اقلیم مربوطه را

دارا می باشند که لازم است قبل از بکار گیری این گونه مدل ها، سازگاری آنها در محیط های جدید مورد بررسی واقع شده و بومی سازی شوند که در این راستا ابتدا واسنجی و سپس اعتبار سنجی مدل مورد ارزیابی قرار می گیرد. تحقیق حاضر از یک مدل نیمه توزیعی در ارزیابی آب و خاک بنام SWAT2009 استفاده شده است که قابلیت اتصال به نرم افزار های GIS را دارا می باشد. این مدل محدودیتی از نظر ورود حجم اطلاعات گسترده ندارد و برای استفاده در حوضه های پیچیده و با وسعت زیاد قابل کاربرد است و کارآمدی مناسبی در شبیه سازی رفتارهای هیدرولوژیکی و مدیریت حوضه های آبخیز از خود نشان می دهد. در چندین سال گذشته محققان بسیاری از مدل SWAT در مطالعات خود استفاده نموده اند و کارایی این مدل را مورد بررسی قرار داده اند.

آرنولد و همکاران (1999) مدل SWAT را با نرم افزار GIS تلفیق کردند تا شدت جریان و جابه جایی رسوب را در ایالت تگزاس آمریکا (حوضه گولف) شبیه سازی نمایند متوسط شدت جریان های ماهانه پیش بینی شده توسط مدل در این تحقیق 5 درصد بیش از مقادیر اندازه گیری شده بود و همچنین در سال 2002 از مدل SWAT برای شبیه سازی هیدرولوژیکی در نواحی کوهستانی غیر کشاورزی با ذوب برف استفاده کردند.

عباسپور و همکاران (2006) با استفاده از مدل SWAT برای شبیه سازی تمام فرایندهای مؤثر بر کیفیت آب، رسوب و چرخه غذایی در حوضه تور کشور سوئیس نتایج بسیار خوبی برای شبیه سازی رواناب و نیترات و نتایج به نسبت خوبی برای شبیه سازی دو هفته یک بار رسوب و کل فسفر به دست آوردند.

رستمیان (1387) در حوضه بهشت آباد (واقع در کارون شمالی) با استفاده از مدل SWAT اقدام به برآورد مقادیر دبی و بار رسوب کرده و دریافت که مدل SWAT برآورد دبی رودخانه عملکرد مناسبی داشته، اما در شبیه سازی دبی های اوج رودخانه موفقیتی نداشته است. همچنین توانایی مدل در برآورد بار رسوب را در حد متوسط ارزیابی نمود.

حسین سعادتی و همکاران (1381) با استفاده از مدل SWAT اثر تغییر کاربری اراضی بر روی دبی روزانه در حوضه آبریز کسیلیان را مطالعه کرد. نتایج حاصل از اجرای مدل نشان می دهد که دبی روزانه شبیه سازی شده با ضریب تبیین ۶۹ درصد بوسیله مدل برآورد شده است که رضایت بخش بوده ولی در شبیه سازی رواناب های حداقل دارای دقت مناسبی نمی باشد.

بهنام آبابایی و تیمور سهرابی (1388) در پژوهشی عملکرد مدل SWAT در حوضه زاینده رود را مورد بررسی قرار دادند، نتایج واسنجی نشان داد که مدل SWAT می تواند تا حدودی ابزار مناسبی در رابطه با شبیه سازی شدت جریان رودخانه باشد.

در این تحقیق ابتدا کارایی مدل SWAT2009 در حوضه آبخیز رودخانه طالقان مورد ارزیابی قرار می گیرد و سپس تغییرات مولفه های جریان با تغییرات کاربری اراضی در شیب های مختلف مورد ارزیابی قرار می گیرد.

این رودخانه محاسبه گردید.

مواد و روشها

حوضه آبخیز طالقان تاخروجی ایستگاه گلینک دارای مساحتی معادل 800/26 کیلو متر مربع می‌باشد. حوضه مذکور بین طول شرقی ´36 °50 و ´10 °51 و عرض شمالی ´05 °0 °36 تا ´21 °36 واقع گردیده و از شمال به حوضه الموت و سرداب و از جنوب به کردان و زیاران واز شرق به حوضه کرج و چالوس و از غرب به حوضه زیاران و الموت محدود می‌شود. (شکل 1). دوره آماری تحقیق حاضر به مدت 18 سال از سال 1992 تا 2004 می باشدکه 3 سال بعنوان دوره گرم کردن مدل یا Setup، شش سال برای واسنجی یا کالیبراسیون و چهار سال پایانی برای اعتبار سنجی انتخاب شد. در تحقیق حاضر به منظور بررسی نقش تغییرات کاربری اراضی در شیب های مختلف بر مولفه های جریان از مدل SWAT2009 استفاده شد که تاریخچه آن به شرح زیر می باشد.

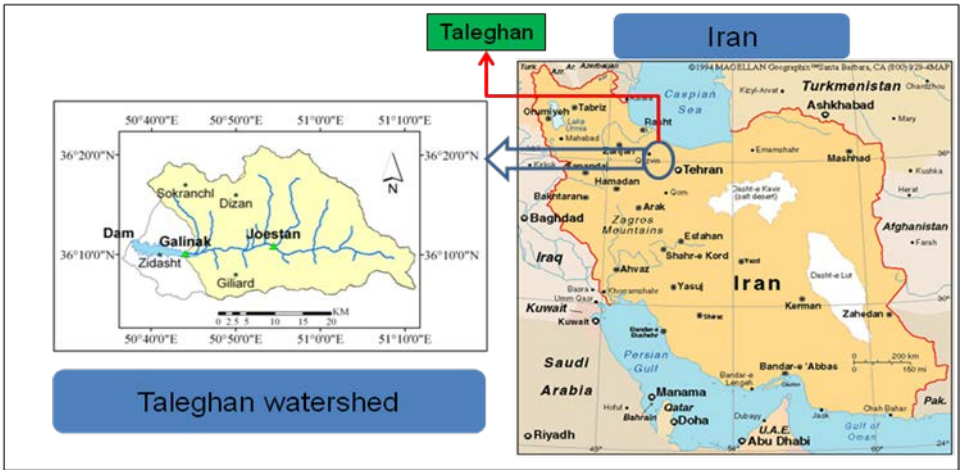
ابزار ارزیابی خاک و آب به نام مدلSWAT یک مدل شبیه‌سازی هیدرولوژیکی نیمه توزیعی قابل استفاده برای شبیه‌سازی پیوسته رواناب سطحی، نفوذ، تبخیر و تعرق، فرسایش، جابجایی مواد مغذی و آفت‌کش‌ها، رشد گیاه، جریان آب زیرزمینی، تلفات انتقال در کانال، ذخیره‌سازی در مخزن ، برآورد بیلان آبی و محاسبه مولفه های جریان در بازه‌های زمانی طولانی مدت است. این مدل قابلیت اتصال به نرم‌افزارهای GIS را دارد، لذا حجم وسیعی از داده‌ها به صورت لایه‌های اطلاعاتی مانند کاربری اراضی، خاک و DEM حوضه با استفاده از نرم‌افزار واسط GIS توسط مدل بکار می‌رود. از این مدل می‌توان در مدل‌سازی هیدرولوژیکی حوضه‌های وسیع و پیچیده استفاده نمود.

استفاده از این مدل می‌تواند به هر دو مشکل مذکور در مدل‌سازی هیدرولوژیکی (توسعه یک مدل جامع و انعطاف‌پذیر برای حوضه‌های مختلف و مدل‌سازی با داده‌های ورودی با کمیت و کیفیت ضعیف) تاحدود زیادی غلبه کند. SWAT در طی سال‌های

گذشته توسط محققین بسیاری در سراسر دنیا مورد استفاده قرار گرفته است و می‌تواند به عنوان مدل جامع برای استفاده در تمامی حوضه‌ها با مقیاس‌های متفاوت بکار رود. استفاده از این مدل در حوضه‌های مختلف منجر به توسعه هرچه بیشتر آن برای کاربرد در تمامی حوضه‌ها می‌شود. از طرف دیگر این مدل قابلیت شبیه‌سازی با مقادیر بسیار کم اطلاعات ورودی را داراست. از این‌رو می‌توان آن را در حوضه‌های مناطق خشک و نیمه خشک که معمولاً از فقر کمی و کیفی اطلاعاتی برخوردارند نیز بکار برد.

مدل SWAT ابتدا بوسیله آزمایشگاه تحقیقاتی آب و خاک تکزاس USDA-ARS در اراضی چمنی بر اساس فرمول تعادل آبی بکار گرفته و توسعه داده شد. مدل SWAT حاصل تلفیق و اصلاح دو مدل SWRRB و ROTO می باشد و کاربرد آن در حوزه های پیچده و بزرگ روستایی می باشد. این مدل از اطلاعات پایه زمینی USDA و چندین نوع اطلاعات دیگر که بر اساس مفاهیم تجربی استوار است برای ایالات متحده آمریکا طراحی و توسعه داده شده است. در این مدل برای محاسبه جریان سطحی و حجم رواناب از مفاهیم تجربی همچون شماره منحنی به روش SCS و برای برآورد رسوب از معادله جهانی MUSLE استفاده می شود.

مدل توزیعی ارزیابی آب و خاک (SWAT) قابلیت پذیرش متغیر های مکانی و عددی را به طور همزمان دارا می باشد. متغیر های مکانی مدل مشتمل بر لایه های اطلاعاتی مدل رقومی ارتفاع DEM ، لایه خاک همراه با اطلاعات توصیفی واحد های آن و لایه پوشش گیاهی حوزه در این تحقیق لایه خاک با مقیاس 1/50000 ، DEM رادار با پیکسل 85 در 85 متر و پوشش گیاهی با استفاده تصاویر ماهوارهای ETM مربوط به سال 1987 حاصل گردید.



شکل 1: موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز طالقان

متغیر های هیدروکلیماتولوژی و عددی این متغیر های مشتمل بر مقادیر روزانه بارش، درجه حرارت حداقل و حداکثر مربوط به ایستگاههای داخل و خارج حوزه و متوسط رواناب روزانه خروجی حوزه به همراه موقعیت های جغرافیایی آنها می باشد. کمبود مقادیراطلاعات هواشناسی از ایستگاه سینوپتیک قزوین و کرج استفاده و بازسازی شد.

پارامتر های متعددی در حجم و جریان حداکثر حوزه نقش دارند و بعضی از آنها بر یکدیگر اثر متقابل و خنثی کننده دارند. مجموعا 27 پارامتر در تولید رواناب به صورت کاهنده و یا افزاینده نقش ایفا می کند که در این تحقیق مهمترین انها به شرح جدول 1 مورد ارزیابی، حساسیت سنجی و بهینه سازی گردید.

عباسپور (2008) ارزیابی حساسیت مدل را قبل از انجام واسنجی توصیه می کند. بهینه سازی اتوماتیک پارامترهای مدل قابلیت جایگزینی با دانش و بینش فیزیکی از تاثیرات پارامتر های سیستم را دارا نمی باشد. لذا شناخت تجربی از خصوصیات خاک، فیزیوگرافی، هیدرولوژی، هیدرولیک و... نقش موثری در واسنجی مطمئن ایفا می نماید. حساسیت سنجی مدل با ثابت نگه داشتن کلیه پارامترها و تغییر پارامتر مورد نظر اجرا می شود.

برای ارزیابی آماری در روش ArcSWAT از میانگین اختلاف مقادیر مشاهده ای و محاسباتی استفاده می شود به طوری که مقادیر اختلاف میانگین بیشتر از حساسیت بالاتری برخوردارند.

به منظور ارزیابی نتایج واسنجی مدل از سه روش آماری ذیل استفاده شده است.

- خطای نسبی میانگین قدر مطلق (MARE)

در این روش از فرمول (1) استفاده می شود

$$MARE = \sum_{i=1}^{n} \left| X_i^{'} / X_i - 1 \right| / n \qquad (1)$$

که در آن X و X’ به ترتیب برابر مقادیر مشاهده ای و واسنجی می باشد.

- ضریب تبیین R^2

در این روش از معادله همبستگی بین مقادیر مشاهده ای و واسنجی استفاده می شود (فرمول 2)

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n} (Q_i - \overline{Q})(Q_i^{'} - \overline{Q'})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (Q_i - \overline{Q})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (Q_i^{'} - \overline{Q'})^2}} \right]^2 \qquad (2)$$

که در آن Q و Q’ به ترتیب مقادیر جریان مشاهداتی و محاسباتی می باشد و $\overline{Q}$ و $\overline{Q'}$ مقادیر میانگین آنهاست. این روش آماری بهترین برازش مقادیر مشاهداتی و محاسباتی را نشان می دهد.

- ضریب تاثیر Nash-Sutcliffe (E_{NS})

به منظور دستیابی به این ضریب از فرمول زیر استفاده می شود

$$E_{NS} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} (Q_i - Q_i^{'})^2}{\sum_{i=1}^{n} (Q_i - \overline{Q})^2} \qquad (3)$$

در این معادله هر چه میزان ضریب E_{NS} به عدد 1 نزدیکتر باشد نتایج حاصله از تاثیر بیشتری برخوردار است.

جدول 1: واسنجی، رتبه بندی و بهینه سازی پارامتر های مدل برای دوره ماهانه

پارامتر	توصیف پارامتر	حداقل	حداکثر	مقادیر پیش فرض	مقادیر بهینه شده	رتبه حساسیت
CN2 *	شماره منحنی SCS در شرایط رطوبتی نوع 2	-0.25	0.25	-	-0.05	12
ALPHA_BF **	فاکتور ضریب جریان پایه(روز)	0	0.1	0.048	0.035	1
CH_K2**	ضریب آبگذری در کانال اصلی	0	150	0	31.87	9
CH_N2**	ضریب مانینگ در کانال اصلی	0	1	0.15	0.056	8
GW_DELAY ***	زمان تاخیر جریان زیر زمینی(روز)	-30	30	31	-17.5	3
SFTMP **	درجه حرارت ریزش برف (درجه سانتیگراد)	-5	5	1.0	3.7	2
SMTMP **	درجه حرارت ذوب برف (درجه سانتیگراد)	0	5	0.50	3.2	4
SOL_K *	هدایت هیدرولیکی خاک در حالت اشباع(mm/h)	-0.25	0.25	-	0.21	10
SOL_AWC *	ظرفیت آب قابل دسترس در لایه خاک(mm)	-025	0.25	-	-0.20	6
SURLAG **	ضریب تاخیر جریان سطحی	0	10	4	8.7	11
TIMP **	فاکتور تاخیر درجه حرارت برف انباشته	0	1	1	0.77	7
ESCO *	فاکتور جبران تبخیر از خاک	0.7	1	0.95	0.79	5

* جایگزین مقادیرپارامتر ** اضافه کردن به مقادیرپارامتر *** ضرب در مقادیرپارامتر (در صد)

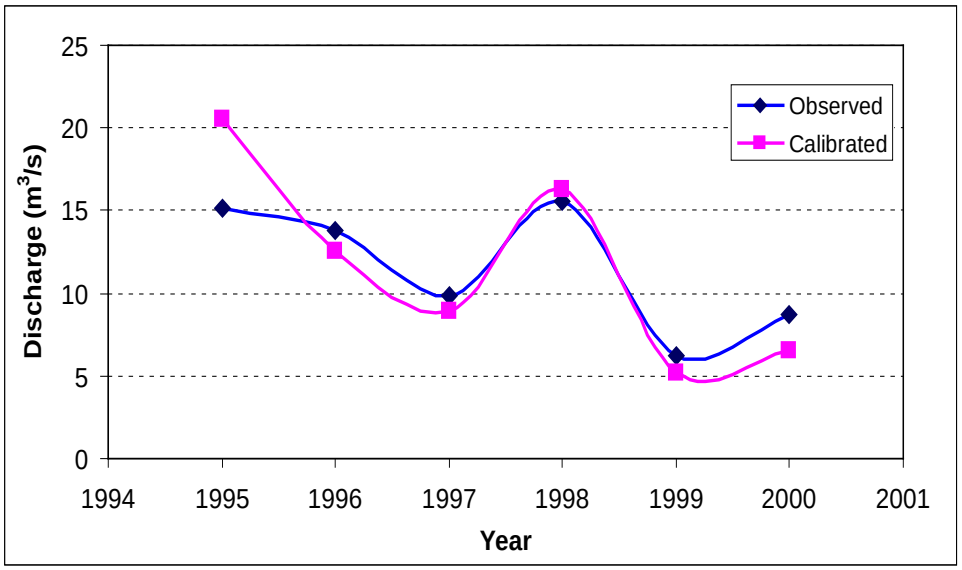
نتایج

نتایج حاصل از واسنجی و اعتبار سنجی ماهانه مدل از سال 1992تا سال 2004 با استفاده از معیار های ارزیابی حاکی از خطای نسبی قدرمطلق میانگین(MARE) کم در بازه زمانی سالانه در هر دو مقطع واسنجی و اعتبار سنجی می باشد. این خطا به مراتب در پریود زمانی کمتر همچون روزانه به مراتب افزایش می یابد. ضریب تبیین R^2 به ترتیب در دوره واسنجی و صحت سنجی معادل 0/84 و 0/90 می باشدکه حاکی از همبستگی مقادیر مشاهداتی و واسنجی شده در دوره های زمانی ماهانه می باشد. معیار ارزیابی ضریب تاثیر E_{NS} نیزحاکی از نتایج نسبتا مطلوب در پریود زمانی ماهانه می باشد (جدول 2).

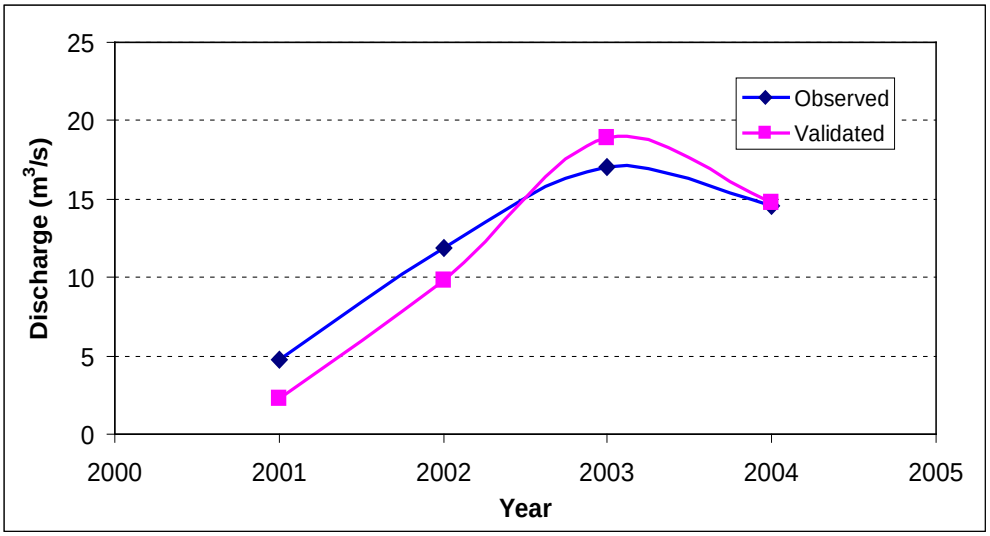
جدول 2: نتایج ارزیابی مدل در دوره های واسنجی و اعتبار سنجی ایستگاه گلینک

ایستگاه هیدرومتری	دوره	MARE	R^2	SE	E_{NS}
گلینک	واسنجی	0.33	0.84	5.2	0.84
	اعتبار سنجی	0.34	0.90	4.3	0.89

نتایج حاصل از جریان حداکثر در دوره زمانی سالانه حاکی از مطابقت نسبتا مناسب در روند جریان در دوره واسنجی(شکل2) و صحت سنجی(شکل 3) می باشد.



شکل 2: مقایسه مقادیر مشاهداتی و محاسباتی جریان سالانه در دوره واسنجی مدل



شکل 3: مقایسه مقادیر مشاهداتی و محاسباتی جریان سالانه در دوره صحت سنجی مدل

بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از همانند سازی و مقایسه بین هیدروگراف های مشاهداتی و محاسباتی نشان می دهد که مدل قادر به همانند سازی خصوصیات حوزه با رواناب می باشد. نتایج حاصل از تغییرات کاربری اراضی در مقایسه با سال 2007 در سناریو های مختلف نشان می دهد که با عدم مدیریت مناسب در بهره برداری اراضی مخصوصا در شیب های بیشتر میزان جریان سطحی و رسوب افزایش یافته و از میزان جریان های زیرسطحی و زیر زمینی کاسته می شود به طوریکه بیشترین تغییر، زمانی اتفاق می افتد که کلیه مراتع به اراضی بایر تبدیل شود که در این حالت 15 درصد افزایش جریان سطحی و 45 درصد کاهش جریان زیرزمینی را به همراه دارد(جدول 3). تبدیل مراتع به اراضی بایر در شیب کمتر از 40 درصد باعث افزایش 10 در صدی جریان سطحی و کاهش 30 درصدی جریان زیرزمینی می شود. تبدیل مراتع به شهر سازی در شیب کمتر از 20 درصد افزایش 8 درصدی جریان سطحی و کاهش 30 درصدی جریان زیرزمینی را به همراه دارد. تبدیل اراضی کشاورزی به شهر سازی به ترتیب در شیب های کمتر از 20 درصد و کمتر از 40 درصد باعث افزایش 13و 8/ 18 درصدی جریان سطحی و کاهش 25 و 31/6 درصدی جریان زیرزمینی می گردد. تغییر کاربری از مرتع به کشاورزی در شیب های کمتر از 20 درصد باعث افزایش جریان سطحی به میزان 4/3 درصد و کاهش مجموع جریان زیرزمینی و زیر سطحی به میزان 23//9 در صد نسبت سال پایه را به همراه خواهد داشت

جدول 3: نتایج حاصل از تغییرات کاربری اراضی در مقایسه با سال 2007

ردیف	Scenario	شیب	بارش	تبخیر واقعی	جریان سطحی	جریان جانبی	جریان زیر زمینی
		%	mm	mm	mm	mm	mm
1	کاربری موجود (2007)	-	701	340.5	249.4	10.43	105.3
2	مرتع به کشاورزی	0 -20	701	342.7	260.2	9.82	83.54
3	کشاورزی به شهر	0 -20	701	344.4	262.4	9.21	80.25
4	کشاورزی به شهر	0 -40	701	346	268.2	8.4	73.66
5	مرتع به شهر	0 -20	701	344.8	270.1	7.3	74.06
6	مرتع به اراضی بایر	0 -40	701	342.1	274.2	6.1	73.86
7	مرتع به اراضی بایر	all	701	346.7	286.9	4.7	57.96

همانگونه که نتایج نشان می دهد بیشترین سهم از بیلان آبی در منطقه طالقان متعلق به تبخیر و تعرق واقعی و کمترین سهم مربوط به جریانات زیر سطحی می باشد. تحقیق حاضر با استفاده از مدل مدیریتی حوضه SWAT حاکی از افزایش جریان های سطحی و کاهش جریان های زیر سطحی به دلیل تغییر کاربری اراضی مخصوصا در سطوح شیب دار می باشد. بنابر این اگر چه کنترل رواناب و بهره برداری مناسب از آن نقش مهمی در حفاظت منابع آب و خاک در حوزه های شهری ایفا می نماید لذا توصیه می شود در حوزه های آبخیز غیر شهری و مراتع با مدیریت بر مراتع و حفظ پوشش گیاهی و انجام طرحهای آبخیزداری اهتمام ورزیده شود. تغییرات کاربری اراضی در سطوح شیب دار نقش ویران کننده ای در تعادل آبی و اکوسیستم به همراه دارد و احیاء مجدد آن مستلزم سرمایه های مادی و فکری فراوانی خواهد بود.

منابع

1- آبابایی،ب.، و سهرابی،ت. (1388). ارزیابی عملکرد مدل SWAT در حوضه آبریز زاینده رود. *پژوهش های حفاظت آب و خاک*،جلد شانزدهم ،شماره سوم.

2- رستمیان، ر.1387.کاربرد مدل SWAT2000 در تخمین رواناب و رسوب حوضه بهشت آباد از زیر حوضه های کارون شمالی.مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی،سال 12، شماره 46

3- سعادتی،ح. (1381). *بررسی اثر کاربری اراضی روی شبیه سازی دبی روزانه با استفاده از مدل SWAT* (پایان نامه کارشناسی ارشد). دانشگاه تربیت مدرس.

4- Abbaspour, K.C., Yang, J., Maximov, I., Siber, R., Bogner, K., Mieleitner, J., Zobrist, J., & Srinivasan, R. (2006). *Modelling hydrology and water quality in the pre-alpine/alpine Thur watershed using SWAT*. J. Hydrol. 333:2-4.413-430.

5-Abbaspour, K. C., 2008. SWAT-CUP2: SWAT Calibration and Uncertainty Programs – A User Manual. Department of Systems Analysis, Integrated Assessment and Modeling (SIAM), Eawag, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Duebendorf, Switzerland, 95pp.

6- Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S., & Williams, J.R. (1998). *Large area hydrologic modeling and assessment*, part I: model development. J. Amer. Water Resour. Assoc. 34:1.73-89.