



تأثیر مقیاس نقشه خاک بر نتایج مدل SWAT در شبیه‌سازی روند جریان روان آب ماهانه در حوضه آبخیز تویسرکان

مرضیه بصیری^۱، *عیسی اسفندیارپور بروجنی^۲، سمیرا اخوان^۳،
محسن حمیدپور^۲ و اردوان کمالی^۴

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، ^۲ دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، ^۳ استادیار گروه مهندسی آبیاری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ^۴ استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان
تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۱۳

چکیده

مدل‌های فرسایش خاک، ابزارهای مفیدی برای پیش‌بینی روان‌آب، رسوب و فرسایش خاک در حوضه‌های آبخیز به‌شمار می‌روند. اگرچه مدل SWAT برای ارزیابی دبی جریان و آثار بلندمدت عملیات مدیریتی بر آب، رسوب و آلاینده‌های شیمیایی به‌دست آمده از عملیات کشاورزی در حوضه‌های آبخیز بزرگ، مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ در این پژوهش توانایی این مدل در شبیه‌سازی روند جریان روان‌آب ماهانه حوضه آبخیز تویسرکان (با مساحتی حدود ۳۸۰۰ هکتار) و نیز تأثیر مقیاس نقشه خاک بر نتایج این شبیه‌سازی بررسی شد. به‌منظور بررسی اثر مقیاس نقشه، مدل SWAT با سه نقشه خاک با مقیاس‌های گوناگون (۱:۴۰۰۰۰، ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰) اجرا شد که در آن‌ها تمامی عوامل (مانند نقشه کاربری اراضی، نقشه ارتفاع راقومی، تعداد شبیه‌سازی‌ها و پارامترهای اولیه مؤثر در نتایج شبیه‌سازی)، به‌جز مقیاس نقشه خاک، مشابه بودند. واسنجی و تحلیل عدم قطعیت مدل SWAT برای هر سه مقیاس با دوره آماری ۱۹۹۸-۲۰۰۸ با استفاده از برنامه SUFI-2 انجام پذیرفت. نتایج نشان داد که مقادیر نهایی شاخص‌های آماری (ضریب تبیین، ضریب ناش-شاتکلیف، فاکتور p و فاکتور r) برای هر سه مقیاس خاک، تقریباً مشابه بودند. به‌نظر می‌رسد که فاکتور کلیدی در تعیین اثرگذاری مقیاس نقشه خاک بر نتایج مدل SWAT، عدد کمی مقیاس نقشه مطالعاتی نیست بلکه تنوع خاک‌های منطقه مطالعاتی، نقش مهمی را بر نتایج مدل ایفا می‌کند.

واژه‌های کلیدی: روان‌آب، فرسایش خاک، نقشه‌برداری خاک، مدل SWAT

* مسئول مکاتبه: iesfandiarpour@yahoo.com

مقدمه

مدل‌های فرسایش خاک، ابزار مفیدی برای پیش‌بینی روان‌آب، رسوب و فرسایش خاک به‌منظور اقدامات حفاظتی در حوضه‌های آبخیز به‌شمار می‌روند. پیش‌بینی و اندازه‌گیری فرسایش خاک، چالشی برای پژوهشگران از دهه ۱۹۳۰ محسوب می‌شود (لال، ۲۰۰۱) و به‌همین دلیل، مدل‌های متفاوتی در این ارتباط توسط پژوهشگران مختلف (از جمله: ویشمایر و اسمیت، ۱۹۶۵؛ مورگان، ۱۹۸۶؛ لی و همکاران، ۲۰۰۶) ارائه شده‌اند. نمونه‌ای از این مدل‌ها، مدل SWAT^۱ می‌باشد که یک مدل جامع برای ارزیابی دبی جریان و آثار بلندمدت عملیات مدیریتی بر آب، رسوب و آلاینده‌های شیمیایی به‌دست آمده از عملیات کشاورزی در حوضه‌های بزرگ محسوب می‌شود (نیتچ و همکاران، ۲۰۰۰). پژوهشگرانی چون آرنولد و آلن (۱۹۹۶)، روزنتال و هافمن (۱۹۹۹)، شفرد و همکاران (۱۹۹۹)، بافوت و همکاران (۲۰۰۵)، ژاله (۲۰۰۶)، رستمیان و همکاران (۲۰۰۹) و اخوان و همکاران (۲۰۱۰) به نتایج رضایت‌بخش این مدل در شبیه‌سازی روند جریان برای روان‌آب اشاره نموده‌اند. این در حالی است که برخی دیگر از پژوهشگران (مانند: کانان و همکاران، ۲۰۰۳؛ بوروائی و همکاران، ۲۰۰۵؛ کائو و همکاران، ۲۰۰۶) نتایج ضعیفی در این ارتباط به‌دست آورده‌اند و علت آن را ناکافی بودن ورودی بارش، به‌دلیل نبود باران‌سنج مناسب در حوضه یا زیرحوضه‌های مطالعاتی خود نسبت داده‌اند. مولتا و نیکلو (۲۰۰۵) عامل دیگر ضعف مدل مزبور در شبیه‌سازی روان‌آب را دوره به‌نسبت کوتاه واسنجی و اعتبارسنجی بیان نموده‌اند. رستمیان و همکاران (۲۰۰۹) از علت‌های ضعف مدل SWAT در شبیه‌سازی روان‌آب برای برخی از ماه‌های سال، به شبیه‌سازی ضعیف ذوب برف برای حوضه‌های کوهستانی، فرضیه‌های مدل برای انتقال جریان در لایه‌های یخ‌زده و اشباع و تعداد کم داده‌ها اشاره نموده‌اند. اخوان و همکاران (۲۰۱۰) نیز کمبود اطلاعات برداشت و مصارف آب از رودخانه‌های موجود در منطقه مطالعاتی خود را عاملی برای ضعف این مدل در شبیه‌سازی جریان پایه دانستند. ایشان همچنین ضعف مدل مزبور را در رابطه با تخمین حداکثر روان‌آب، استفاده از فرمول سازمان حفاظت خاک^۲ آمریکا در محاسبه روان‌آب بیان نمودند؛ زیرا این فرمول نمی‌تواند به‌خوبی روان‌آب به‌دست آمده از ذوب برف را شبیه‌سازی کند.

1- Soil and Water Assessment Tool

2- Soil Conservation Service (SCS)

دقت هر مدل، تا حد زیادی به کیفیت و چگونگی پارامترهای ورودی آن مدل برای توصیف ویژگی‌های حوزه بستگی دارد (چاپلوت، ۲۰۰۵). لایه‌های اطلاعاتی ورودی در مدل SWAT شامل داده‌های اقلیمی، نقشه خاک، نقشه کاربری اراضی و مدل ارتفاع رقومی^۱ می‌باشند. داده‌های خاک، یک ورودی مهم برای هر مدل شبیه‌ساز هیدرولوژیکی، به‌ویژه مدل SWAT محسوب می‌شوند. در واقع، اطلاعات مربوط به خصوصیات خاک و توزیع مکانی آن‌ها که از طریق نقشه‌های خاک قابل دریافت می‌باشند، می‌توانند نقش ضروری در برآورد دقیق‌تر میزان فرسایش و رسوب و پیش‌بینی میزان روان‌آب هر منطقه داشته باشند (بوسا و همکاران، ۲۰۱۲). چاپلوت (۲۰۰۵) و رومانوویچ و همکاران (۲۰۰۵) بیان نمودند که مدل SWAT حساسیت زیادی به کیفیت داده‌های خاک دارد، در حالی‌که گزا و مک‌کری (۲۰۰۸)، ماکاندان و همکاران (۲۰۱۰) و بوسا و همکاران (۲۰۱۲) اعتقاد دارند که استفاده از جزییات داده‌های مربوط به لایه‌های خاک، بر روی عملکرد این مدل اثر قابل‌توجهی ندارد.

در هر حال، مقیاس نقشه، موضوعی است که می‌تواند در این ارتباط مورد توجه قرار گیرد؛ چرا که مرزبندی‌های^۲ مربوط و ترکیب واحد نقشه، تابعی از مقیاس آن می‌باشند. خاک‌های دارای سطح وسیع در نقشه‌های خاک بزرگ‌مقیاس، احتمالاً به‌عنوان اجزای اصلی نقشه‌های کوچک‌مقیاس‌تر محسوب می‌شوند؛ در حالی‌که اگر مساحت این خاک‌ها در نقشه‌های بزرگ‌مقیاس، کم باشد این خاک‌ها در نقشه‌های کوچک‌مقیاس‌تر یا قابل‌نمایش نخواهند بود و یا با محدوده‌های دیگر ادغام می‌شوند و در نتیجه، ترکیب واحد نقشه را دست‌خوش تغییر قرار می‌دهند (زائو و همکاران، ۲۰۰۶). از سوی دیگر، چون تغییرات سیمای اراضی^۳ به مقیاس وابسته‌اند (مارسئو، ۱۹۹۹)؛ مطالعه تغییرات مکانی خاک‌ها (به‌عنوان جزیی از سیمای اراضی) از طریق توجه به تنها یک مقیاس خاص امکان‌پذیر نمی‌باشد (تومانیان و همکاران، ۲۰۰۶). در نتیجه، کمی‌سازی تغییرپذیری خاک در مقیاس‌های چندگانه^۴، برای مدل‌سازی و تخمین، مفید خواهد بود؛ چرا که این موضوع می‌تواند فراهم‌آورنده یک پایه علمی به‌منظور فهم مقیاس‌های مؤثر بر تغییرپذیری و نیز ایجادکننده یک چارچوب در راستای مقیاس‌بندی داده‌ها باشد (اسفندیارپور بروجنی و همکاران، ۲۰۰۹). صالحی و همکاران (۲۰۰۳) تغییرپذیری خاک

-
- 1- Digital Elevation Model (DEM)
 - 2- Delineations
 - 3- Landscape
 - 4- Multiple Scales

را در دو نقشه تفصیلی و اجمالی از یک منطقه یکسان در ایران مرکزی با همدیگر مقایسه نمودند و دریافتند که خلوص تاکسونومیکی در سطح سری خاک از $۱۸/۷۵-۳۳/۳$ درصد برای واحدهای نقشه تفصیلی خاک و از $۱/۳-۰$ درصد برای واحدهای نقشه اجمالی خاک تغییرپذیر بود. بارو (۱۹۸۳) نیز عنوان نموده است که مطالعه تغییرپذیری خاک در مقیاس‌های متعدد می‌تواند در راستای مدل‌سازی و پیشگویی رفتار خاک مفید واقع شود.

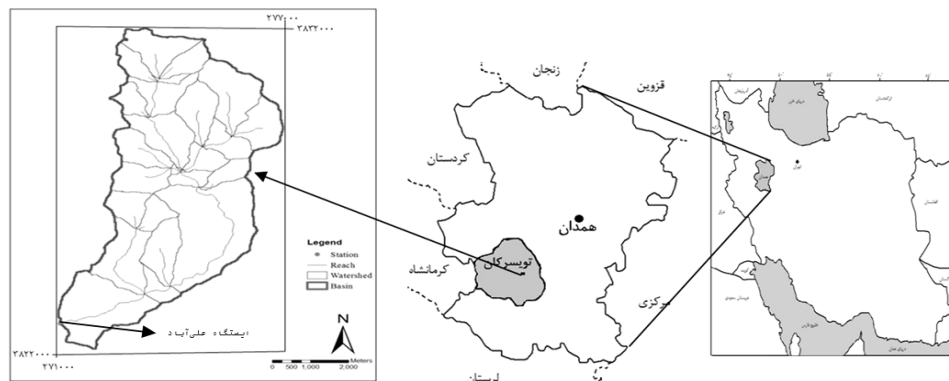
با توجه به موارد بالا، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر مقیاس نقشه‌برداری خاک بر نتایج مدل SWAT در تخمین میزان روان‌آب ماهانه حوضه آبخیز گزندر توپسرکان انجام شد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه: حوضه آبخیز توپسرکان، واقع در جنوب استان همدان، با مساحتی حدود ۳۸۰۰ هکتار برای این پژوهش انتخاب گردید. این منطقه به دلیل چرای بی‌رویه، از بین رفتن پوشش گیاهی و شیب زیاد (میانگین شیب، ۴۵ درصد) از مناطق حساس به فرسایش به‌شمار می‌آید، به‌گونه‌ای که فرسایش شدید خاک در این ناحیه باعث افزایش روان‌آب، تولید رسوب و گل‌آلودگی رودخانه گزندر (که رودخانه اصلی در آن می‌باشد) شده است (فرزام، ۲۰۱۲). این حوضه، در عرض‌های شمالی ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۳۶ دقیقه و طول‌های شرقی ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه قرار گرفته است (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه از شرایط آب و هوایی نیمه‌مرطوب-نیمه‌خشک برخوردار می‌باشد و میانگین بارندگی سالیانه آن، ۳۹۸/۲ میلی‌متر است. متوسط حداقل و حداکثر دمای سالیانه این منطقه، به‌ترتیب، $۱۰/۴-$ و ۳۸ درجه سلسیوس می‌باشند. براساس سامانه رده‌بندی خاک آمریکایی (۲۰۱۰)، رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک‌های توپسرکان، به‌ترتیب، زیرک^۱ و مزیک^۲ هستند. مواد مادری این حوضه مربوط به دوره کواترنر می‌باشند که به‌طور عمده جنس آن‌ها شامل سنگ‌های آذرین (مانند الیوین، گابرو، سینیت، گارنت و گرانیت) و دگرگونی (مانند شیست) می‌باشند (قماشسی و میرتوحیدی، ۲۰۰۳).

1- Xeric

2- Mesic



شکل ۱- موقعیت حوضه آبخیز مطالعاتی (سامانه مختصاتی، UTM می‌باشد).

لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده در مدل SWAT

اطلاعات اقلیمی مورد نیاز: داده‌های هواشناسی شامل بارندگی روزانه و حداقل و حداکثر دمای روزانه برای یک دوره آماری ۱۹ ساله (مربوط به سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۹۳) از اداره کل هواشناسی استان همدان و اطلاعات روان‌آب ماهانه ایستگاه علی‌آباد موجود در حوضه آبخیز مزبور (شکل ۱) از شرکت آب منطقه‌ای استان همدان تهیه شدند.

نقشه ارتفاع رقومی: نقشه ارتفاع رقومی با به‌کارگیری نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه مطالعاتی توسط نرم‌افزار آرک-جی‌آی‌اس^۱ (نسخه ۹/۳) تهیه شد. مدل SWAT از نقشه ارتفاع رقومی برای طراحی حوضه، مرز زیرحوضه‌ها و شبکه جریان زیرحوضه‌ها استفاده می‌کند (نیتج و همکاران، ۲۰۰۰).

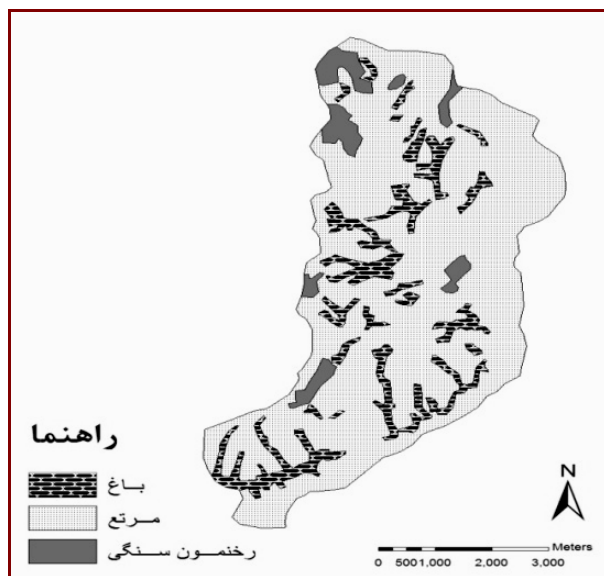
نقشه کاربری اراضی: یکی از ورودی‌های مهم برای اجرای مدل SWAT، نقشه کاربری اراضی فعلی (شکل ۲) می‌باشد. در این پژوهش از تصاویر ماهواره لندست^۲ سنجنده ETM⁺ مربوط به سال ۲۰۰۹ استفاده گردید. قبل از تحلیل داده‌ها و استخراج اطلاعات از تصاویر ماهواره‌ای، انجام یک‌سری عملیات پیش‌پردازش بر روی تصاویر ضروری می‌باشد. در واقع، در این مرحله سعی می‌شود که خطاهای سیستماتیک و غیرسیستماتیک موجود در تصاویر تصحیح گردند. با توجه به این‌که تصاویر ماهواره‌ای مزبور به صورت زمین مرجع شده^۳ بودند؛ بنابراین تنها با انتخاب نقاط کنترل زمینی، اقدام به

1- ArcGIS 9.3

2- LANDSAT

3- Georeferenced

بررسی صحت آن‌ها از طریق محاسبه شاخص صحت عمومی^۱ (روزیترا، ۲۰۰۰) در نرم‌افزار ایلویس^۲ (نسخه ۳/۷) شد (به دلیل افزایش حجم مقاله، داده‌ها نشان داده نشده‌اند).



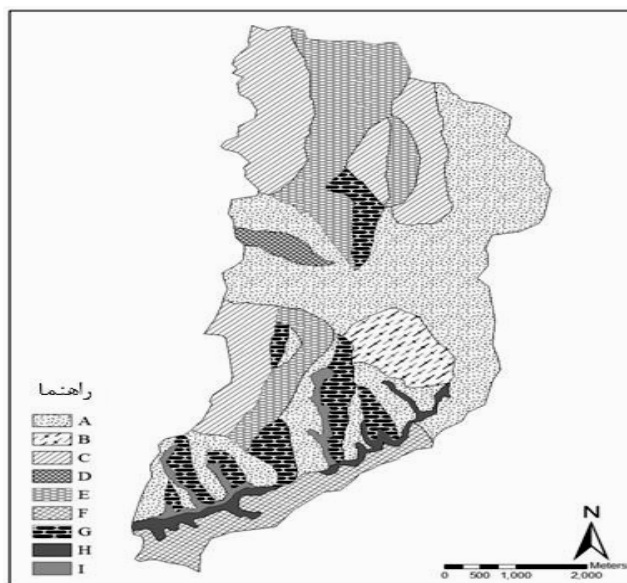
شکل ۲- نقشه کاربری اراضی منطقه مطالعاتی.

نقشه خاک: داده‌های خاک، یک ورودی مهم برای هر مدل شبیه‌ساز هیدرولوژیکی می‌باشند (بوسا و همکاران، ۲۰۱۲). پس از تدارک لوازم و اطلاعات مورد نیاز شامل عکس‌های هوایی منطقه با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰، نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، بر مبنای روش ژئوپدولوژی^۳ (زینک، ۱۹۸۹) و با توجه به مطالعات شناسایی خاک نیمه-تفصیلی^۴ (صالحی و خادمی، ۲۰۰۸)، نقشه خاک منطقه با مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ (شکل ۳) تهیه شد.

از آن‌جا که هدف اصلی این پژوهش، بررسی تأثیر مقیاس نقشه خاک بر نتایج مدل SWAT در ارتباط با برآورد روان‌آب ماهانه حوضه آبخیز تویسرکان بود، علاوه بر نقشه خاک ۱:۴۰۰۰۰ (که

- 1- Overall Accuracy
- 2- ILWIS 3.7
- 3- Geopedology Approach
- 4- Semi-Detailed Soil Survey

چگونگی تهیه آن توضیح داده شد)، از نقشه‌های خاک ۱:۲۵۰۰۰۰ (سمائی، ۲۰۰۳) و ۱:۱۰۰۰۰۰۰ (بنایی، ۱۹۹۸) منطقه مطالعاتی (که پیش از این تهیه شده بودند)، استفاده گردید.



فامیل خاک براساس کلید رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱۰)	علامت فامیل
Coarse-loamy, Mixed, Superactive, Mesic Lithic Xerorthents	A
Coarse-loamy, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerepts	B
Coarse-loamy, Mixed, Superactive, Mesic Typic Xerorthents	C
Coarse-silty, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerepts	D
Loamy-skeletal, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerepts	E
Fine-loamy, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerepts	F
Coarse-silty, Mixed, Superactive, Mesic Lithic Xerorthents	G
Fine-loamy, Mixed, Superactive, Mesic Calcic Haploxerafs	H
Fine-silty, Mixed, Superactive, Mesic Typic Haploxerafs	I

شکل ۳- نقشه خاک ۱:۴۰۰۰۰ منطقه مطالعاتی به همراه فامیل خاک‌های آن.

شاخص‌های آماری ارزیابی مدل: روش‌های زیر برای ارزیابی مدل SWAT به کار گرفته شدند: ضریب ناش - شاتکلیف^۱: این روش، ابزار دیگری است که اختلاف نسبی مقادیر مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده را نشان می‌دهد و به صورت زیر بیان می‌شود:

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{mi} - Q_{si})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{mi} - \bar{Q}_m)^2} \quad (1)$$

که در آن، Q_{si} ، Q_{mi} و \bar{Q}_m به ترتیب مقادیر روان آب شبیه‌سازی شده، روان آب اندازه‌گیری شده و میانگین مقادیر روان آب اندازه‌گیری شده می‌باشند. مقدار ضریب ناش - شاتکلیف بین یک تا منفی بی نهایت تغییر می‌کند. مقدار بهینه این شاخص، عدد یک است. اگر میزان آن از ۰/۵ بیش تر باشد، شبیه‌سازی مدل رضایت‌بخش خواهد بود (موریاسی و همکاران، ۲۰۰۷).

فاکتورهای p و r: برای انجام آنالیز عدم قطعیت از باندهای ۹۵ درصد و فاکتور p استفاده شد که بیانگر درصدی از نتایج مدل است که در فاصله بین دو باند بالا و پایین عدم قطعیت قرار می‌گیرد. مقادیر بزرگ‌تر p نشانگر نتایج مطلوب‌تری می‌باشند. همچنین، فاکتور r به عنوان معیاری برای برآورد نزدیکی فاصله بین باندهای بالا و پایین عدم قطعیت مورد محاسبه قرار گرفت.

به طور کلی، برای بررسی عدم قطعیت مدل، توصیه می‌شود که این دو معیار با هم در نظر گرفته شوند. برای فاکتور p، مقادیر بزرگ‌تر از ۰/۵ مطلوب هستند و اگر برای فاکتور r، مقادیر از یک کم‌تر باشند، مطلوب می‌باشند (عباسپور و همکاران، ۲۰۰۷). معادله فاکتور p به صورت زیر می‌باشد:

$$p - factor = \frac{N_{ob}}{N_T} \quad (2)$$

که در آن، N_{ob} : برابر داده مشاهده‌ای است که در محدوده ۹۵ درصد عدم قطعیت تخمین (۹۵ ppu)^۴ (حدود بالا و پایین ۹۵ ppu برای هر داده مشاهده‌ای) قرار گرفته است و N_T : تعداد کل داده‌های مشاهده‌ای است.

-
- 1- Nash-Sutcliffe Coefficient
 - 2- p-factor
 - 3- r-factor
 - 4- Percent Prediction Uncertainty (PPU)

معادله فاکتور r نیز به صورت زیر است:

$$r - factor = \frac{\frac{1}{k} \sum_{l=1}^k (X_U - X_L)_l}{\sigma_X} \quad (3)$$

که در آن، k : تعداد نقاط مشاهده‌ای، X_U و X_L به ترتیب، حد پایین و بالای 95 ppm و σ_X : انحراف معیار متغیر اندازه‌گیری شده X می‌باشند.

ضریب تبیین (R^2) : همخوانی بین مقادیر مشاهده‌ای و پیش‌بینی شده با استفاده از روش تجزیه رگرسیونی و با محاسبه ضریب تبیین (ناگلرک، ۱۹۹۱) بررسی شد.

نتایج و بحث

واسنجی و اعتبارسنجی مدل: در این پژوهش برای واسنجی و تحلیل عدم قطعیت مدل SWAT از نرم‌افزار SWAT-CUP^۲ و الگوریتم بهینه‌سازی SUFI-2^۳ (عباسپور و همکاران، ۲۰۰۷) استفاده شد؛ به این گونه که واسنجی برای هر سه مقیاس نقشه‌های خاک مورد بررسی، طی سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۹۸ (به صورت پیوسته) انجام گرفت. همچنین برای اعتبارسنجی مدل SWAT، مقادیر مشاهداتی از سال ۱۹۹۷-۱۹۹۳ (به صورت پیوسته) برای هر سه مقیاس مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل در جدول ۱ و شکل ۴ آمده است.

نتایج واسنجی مدل، مقدار ضریب تبیین (R^2) شبیه‌سازی روان‌آب ماهانه را در سه مقیاس ۱:۴۰۰۰۰، ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰ به ترتیب ۰/۸۱، ۰/۷۹ و ۰/۸۰ و مقدار ضریب ناش-شاتکلیف را به ترتیب ۰/۸۰، ۰/۷۹ و ۰/۸۰ نشان می‌دهند (جدول ۱). مقادیر بالای این دو ضریب (نزدیک به عدد یک)، نشان‌دهنده واسنجی خوب در تمامی حالات می‌باشند. گزا و مک‌کری (۲۰۰۸) با مطالعه حوضه آبخیز کریک^۴ ترکیه، مقدار ضریب تبیین (R^2) شبیه‌سازی روان‌آب روزانه با استفاده از مدل SWAT را برای مقیاس‌های ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۱۵۰۰۰، به ترتیب ۰/۶۱ و ۰/۷۴ و مقدار ضریب ناش-شاتکلیف را ۰/۶۱ و ۰/۷۰ برآورد کردند. ماکاندان و همکاران

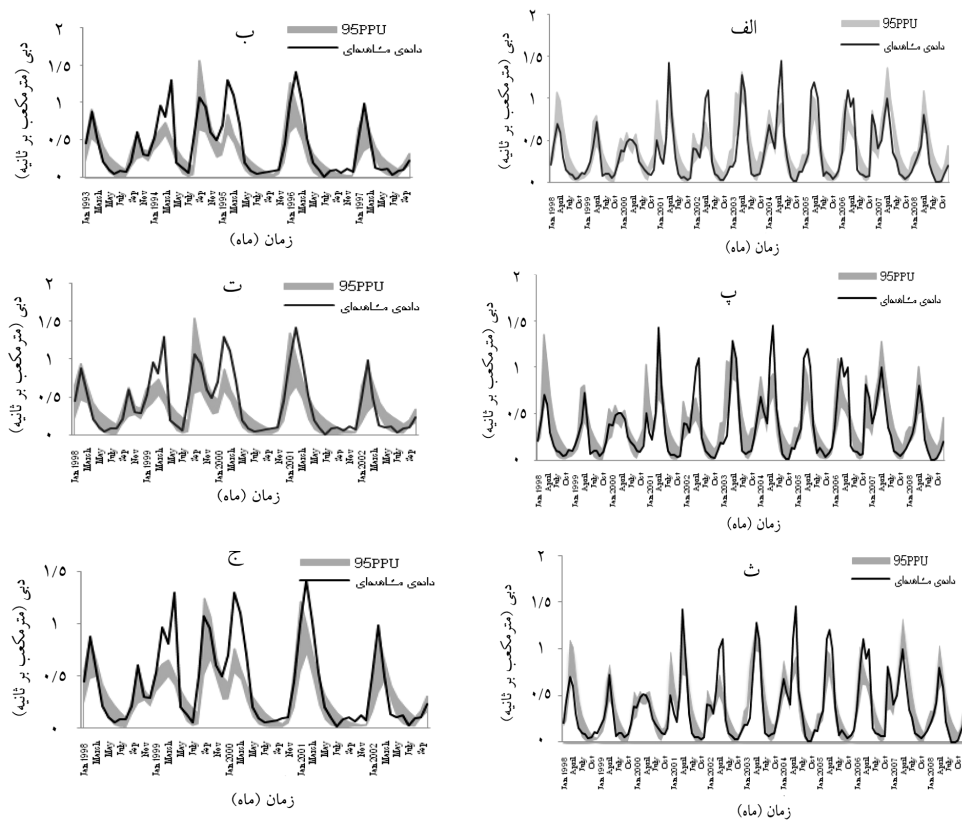
- 1- Coefficient of Determination
- 2- SWAT Calibration and Uncertainty Program
- 3- Sequential Uncertainty Fitting, Version 2
- 4- Creek

(۲۰۱۰) نیز مقدار ضرایب تبیین (R^2) را برای مقیاس‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۲۰۰۰، به ترتیب ۰/۴۲ و ۰/۵۰ و مقدار ضریب ناش- شاتکلیف را برای شبیه‌سازی روان‌آب روزانه در هر دو مقیاس، ۰/۲۴ به دست آوردند.

جدول ۱- مقادیر نهایی شاخص‌های واسنجی و اعتبارسنجی مدل در مقیاس‌های سه‌گانه مطالعاتی.

مقیاس	مرحله	ضریب ناش- شاتکلیف	ضریب تبیین	فاکتور p	فاکتور r
۱:۴۰۰۰۰	واسنجی (۱۹۹۸-۲۰۰۸)	۰/۸۰	۰/۸۱	۰/۷۷	۰/۶۴
	اعتبارسنجی (۱۹۹۳-۱۹۹۷)	۰/۷۲	۰/۷۶	۰/۷۲	۰/۵۵
۱:۲۵۰۰۰۰	واسنجی (۱۹۹۸-۲۰۰۸)	۰/۷۹	۰/۷۹	۰/۸۰	۰/۷۱
	اعتبارسنجی (۱۹۹۳-۱۹۹۷)	۰/۷۳	۰/۷۸	۰/۷۴	۰/۶۳
۱:۱۰۰۰۰۰۰	واسنجی (۱۹۹۸-۲۰۰۸)	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۷۳	۰/۵۹
	اعتبارسنجی (۱۹۹۳-۱۹۹۷)	۰/۷۱	۰/۷۵	۰/۶۲	۰/۴۸

مقادیر فاکتور r به دست آمده از واسنجی روان‌آب ماهانه بین ۰/۷۱-۰/۵۹ متغیر می‌باشند (جدول ۱). مقادیر به نسبت کوچک این فاکتور (کم‌تر از عدد یک)، بیانگر واسنجی خوب روان‌آب (عباسپور و همکاران، ۲۰۰۷) در این حوضه آبخیز می‌باشند. از طرفی، مقادیر فاکتور p بین ۰/۷۳-۰/۸۰ به دست آمدند (جدول ۱). همچنین، مقادیر به نسبت بالای این فاکتور (بزرگ‌تر از ۰/۵)، بیان‌کننده واسنجی خوب و عدم قطعیت کم روان‌آب شبیه‌سازی شده می‌باشند (عباسپور و همکاران، ۲۰۰۷). به‌طور کلی، شبیه‌سازی روان‌آب ماهانه (برای مقیاس‌های سه‌گانه مطالعاتی) با دقت قابل‌قبولی صورت گرفته است که از جمله برتری‌های قابل‌توجه این مدل می‌باشد.



شکل ۴- نتایج واسنجی و اعتبارسنجی مدل SWAT برای مقیاس‌های سه‌گانه مطالعاتی.

الف: واسنجی و ب: اعتبارسنجی ۱:۴۰۰۰۰، پ: واسنجی و ت: اعتبارسنجی ۱:۲۵۰۰۰۰، ث: واسنجی و ج: اعتبارسنجی ۱:۱۰۰۰۰۰۰

با توجه به شکل ۴، مدل SWAT، جریان پایه و زمان رسیدن به حداکثر روان‌آب را به خوبی شبیه‌سازی نموده است. با این وجود، این مدل در تخمین حداکثر روان‌آب برای برخی از ماه‌ها ضعیف عمل نموده است. شاید بتوان وجود چشمه‌های پرآب در منطقه مطالعاتی و نبود اطلاعات در مورد آن‌ها و نیز عدم اطلاعات مربوط به مصرف آب از رودخانه اصلی منطقه را به‌عنوان دلایلی بر این ضعف بیان نمود. برخی پژوهشگران نیز این موضوع را مورد تأکید قرار داده‌اند. به‌عنوان مثال، تولسون و شومیکر (۲۰۰۴) و پیترسون و هملت (۱۹۹۸) گزارش کردند که مدل SWAT برای شبیه‌سازی

تکرارخداها طراحی نشده است و معمولاً حداکثر وقایع را کم تر از مقدار اندازه گیری شده تخمین می زند. همچنین، چو و شیرمحمدی (۲۰۰۴) با استفاده از مدل SWAT در یک حوضه آبخیز در مریلند نشان دادند که این مدل قادر نیست شرایط هیدرولوژیک را برای دوران ترسالی شبیه سازی کند و ذوب سریع برف نیز در نمودار جریان شبیه سازی شده ناهماهنگی ایجاد می کند.

نتایج اعتبارسنجی مدل برای دوره آماری ۱۹۹۳-۱۹۹۷ میلادی، مقدار ضریب تبیین (R^2) شبیه سازی روان آب را در سه مقیاس ۱:۴۰۰۰۰، ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰ به ترتیب ۰/۷۸، ۰/۷۶ و ۰/۷۵ و مقدار ضریب ناش-شاتکلیف را به ترتیب ۰/۷۲، ۰/۷۳ و ۰/۷۱ نشان می دهند (جدول ۱). مقادیر فاکتور I به دست آمده از اعتبارسنجی روان آب ماهانه بین ۰/۶۳-۰/۴۸ می باشند و مقادیر فاکتور p بین ۰/۷۴-۰/۶۲ به دست آمدند (جدول ۱). این مقادیر به همراه شکل ۴، نشان می دهند که اعتبارسنجی مدل برای تمام حالات مطلوب می باشد.

اثر مقیاس نقشه خاک بر نتایج مدل SWAT: همان طور که در جدول ۱ مشاهده می شود، مقادیر نهایی شاخص های آماری محاسبه شده (ضریب تبیین، ضریب ناش-شاتکلیف، فاکتور I و فاکتور p) برای هر سه مقیاس خاک، تقریباً مشابه می باشند. با توجه به نتایج برخی پژوهش های پیشین (مانند چاپلوت (۲۰۰۵)) انتظار می رفت که مقیاس نقشه خاک ۱:۴۰۰۰۰ به دلیل دقت بالاتر و تشریح جزئی تر خاک های منطقه، اثر بیش تری نسبت به سایر مقیاس ها بر نتایج مدل SWAT داشته باشد؛ اما مشاهده می شود که تفاوت زیادی بین مقیاس های سه گانه مطالعاتی وجود ندارد. شاید بتوان این موضوع را به کوچک بودن سطح حوضه مطالعاتی و نبود اختلاف زیاد بین خاک های موجود در قسمت های مختلف منطقه نسبت داد (جدول ۲). به عبارت دیگر، در نقشه خاک ۱:۴۰۰۰۰، ۷۳/۴ درصد از سطح حوضه مطالعاتی را گروه بزرگ Xerorthents به خود اختصاص داده است. به عبارت بهتر، در این مقیاس، ۴۸/۵ درصد از مساحت منطقه مطالعاتی را زیرگروه Lithic Xerorthents و ۲۴/۹ درصد را زیرگروه Typic Xerorthents تشکیل می دهند (جدول ۲) که خاک هایی جوان و بدون تکامل پروفیلی محسوب می شوند. همچنین، در نقشه های خاک ۱:۲۵۰۰۰ (سمائی، ۲۰۰۳) و ۱:۱۰۰۰۰۰ (بنایی، ۱۹۹۸) به ترتیب ۶۸/۴ و ۱۰۰ درصد منطقه را زیرگروه Lithic Xerorthents در گرفته است (جدول ۲). دیگر زیرگروه غالب در نقشه خاک ۱:۴۰۰۰۰، Typic Haploxerepts است که ۲۲/۳ درصد مساحت حوضه را پوشانده است (جدول ۲) و این زیرگروه نیز از تکامل خاک رخی به نسبت کمی برخوردار است و تفاوت زیادی با انتی سول ها ندارد. خاک های تکامل یافته تر

نسبت به سایر خاک‌ها در این مقیاس، آلفی سول‌ها هستند که تنها ۴/۳ درصد مساحت حوضه را در بر گرفته‌اند (جدول ۲). به نظر می‌رسد که وجود فراوانی نسبی بیش‌تر برای زیرگروه Lithic Xerorthents در هر کدام از مقیاس‌های سه‌گانه مطالعاتی و به پیروی از آن، نبود تنوع خاکی زیاد در آن‌ها باعث شده است که خروجی‌های مدل SWAT در شبیه‌سازی روند جریان برای روان‌آب ماهانه برای هر سه مقیاس (هم از نظر روند جریان و زمان رسیدن به اوج و هم از نظر مقادیر معیارهای اندازه‌گیری)، تقریباً مشابه باشند (شکل ۵) و در نتیجه، دقت نقشه خاک، اثر خود را به‌خوبی نشان ندهد.

جدول ۲- رده‌بندی خاک‌های حوضه آبخیز تویسرکان در مقیاس‌های سه‌گانه مطالعاتی.

درصد فراوانی	زیرگروه خاک براساس کلید رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱۰)	مقیاس
۴۸/۵	Lithic Xerorthents	
۲۴/۹	Typic Xerorthents	
۲۲/۳	Typic Haploxerepts	۱:۴۰۰۰۰۰
۲/۵	Typic Haploxeralfs	
۱/۸	Calcic Haploxeralfs	
۶۸/۴	Lithic Xerorthents	
۲۶/۹	Typic Xerorthents	۱:۲۵۰۰۰۰
۴/۷	Calcic Haploxeralfs	
۱۰۰	Lithic Xerorthents	۱:۱۰۰۰۰۰۰

شکل ۵- مقایسه نتایج بهترین شبیه‌سازی انجام‌شده توسط مدل SWAT در سه مقیاس مطالعاتی.

گزا و مک کری (۲۰۰۸) در مطالعه خود در حوضه کوهستانی کریک ترکیه با مساحت ۱۲۶۰۰ هکتار نتیجه گرفتند که مقیاس نقشه خاک بر نتایج مدل SWAT اثرگذار نیست. ایشان دلیل این موضوع را وجود مواد مادری مقاوم و شیب زیاد در منطقه مطالعاتی خود بیان کردند که این دلایل، خود دلیلی بر نبود تکامل در خاک‌رخ‌های این منطقه می‌باشند. بنابراین، به‌دلیل این‌که تمام خاک‌های این منطقه در یک رده‌ی جوان (انٹی سول) قرار می‌گیرند، در نتیجه مقیاس نقشه خاک حتی در یک مساحت بزرگ نتوانسته اثر خود را نشان دهد. در حوضه آبخیز تویسرکان نیز به‌دلیل وجود شیب

به نسبت زیاد منطقه و مواد مادری به نسبت مقاوم، خاک‌ها از تنوع زیادی برخوردار نمی‌باشند. در نتیجه، به دلیل شباهت به نسبت زیاد نتایج این پژوهش با نتایج گزا و مک‌کری (۲۰۰۸) این موضوع می‌تواند احتمالاً دلیلی بر عدم تغییرات آشکار در مقیاس‌های سه‌گانه مطالعاتی باشد. همچنین، ماکاندان و همکاران (۲۰۱۰) با مطالعه حوضه آبخیز NFBR در منطقه گرجستان و با مساحت ۱۸۲۰۰ هکتار، نتیجه گرفتند که استفاده از دو مقیاس ۱:۱۲۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ تأثیری بر نتایج مدل SWAT نداشته است. ایشان وجود تنها یک خاک غالب در این منطقه را دلیلی بر این موضوع بیان نمودند. از آن‌جا که حدود ۷۳/۴ درصد از خاک‌های حوضه آبخیز توپوسرکان نیز در گروه بزرگ Xerorthents قرار می‌گیرند (جدول ۲) و این خاک در هر سه مقیاس مطالعاتی به‌عنوان خاک غالب تلقی می‌شود، بنابراین به نظر می‌رسد که وجود این خاک غالب و تکرار آن در مقیاس‌های مختلف باعث شده است که مقیاس نقشه خاک در مدل SWAT برای این حوضه اثرگذار نباشد. از طرف دیگر، چاپلوت (۲۰۰۵) با مطالعه حوضه لاور والنات^۱ با مساحت ۲۱۸۳ هکتار، نتیجه گرفت که اثر مقیاس نقشه خاک بر نتایج مدل SWAT چشم‌گیر است. هر چند مساحت منطقه مطالعاتی وی کوچک بوده است و با گفته برخی از پژوهشگران (مانند نیچ و همکاران، ۲۰۰۰) که بیان کرده‌اند مدل SWAT بیش‌تر برای مساحت‌های بزرگ طراحی شده است هم‌خوانی ندارد؛ اما وجود نتایج معنی‌دار در رابطه با تأثیر مقیاس نقشه خاک بر نتایج مدل SWAT را می‌توان در وجود تنوع زیاد خاک‌های منطقه مطالعاتی چاپلوت (۲۰۰۵) جست‌وجو نمود؛ زیرا وی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ چهار سری خاک را به‌عنوان خاک‌های غالب منطقه مطالعاتی خود گزارش نموده است؛ در حالی که در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، ۱۷ سری خاک را گزارش کرد که در بین آن‌ها می‌توان سری‌هایی را مشاهده نمود که هرگز در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ به‌عنوان خاک غالب تلقی نمی‌شدند. چاپلوت (۲۰۰۵) بیان کرد که احتمالاً تغییرات الگوی مکانی واحدهای واکنش هیدرولوژیک^۲ باعث تغییر در نتایج این مطالعه شدند. اما در پژوهش‌های گزا و مک‌کری (۲۰۰۸)، ماکاندان و همکاران (۲۰۱۰) و این پژوهش، تنوع و غالبیت خاک در مقیاس‌های مختلف از بین نرفته است. در نتیجه، به نظر می‌رسد که فاکتور کلیدی در تعیین اثرگذاری مقیاس نقشه‌ی خاک بر نتایج مدل SWAT، عدد کمی مقیاس و یا مساحت حوضه مطالعاتی نیست، بلکه وجود یا نبود تنوع در خاک‌های یک منطقه در این ارتباط بسیار مهم جلوه می‌نماید.

1- Lower Walnut

2- Hydrologic Response Unit (HRU)

نتیجه گیری

این مطالعه، تلاشی برای مقایسه اثر کاربرد نقشه‌های خاک با مقیاس‌های متفاوت بر شبیه‌سازی روند جریان برای روان‌آب ماهانه توسط مدل SWAT بود. نتایج نشان داد که مدل SWAT، جریان پایه و زمان رسیدن به حداکثر روان‌آب را به‌خوبی شبیه‌سازی نمود اما این مدل در تخمین حداکثر روان‌آب در برخی ماه‌ها (مانند ماه‌های فصل بهار) ضعیف‌تر عمل کرد. همچنین مدل مزبور، میانگین روان‌آب ماهانه را برای هر سه مقیاس مطالعاتی در مرحله واسنجی و اعتبارسنجی به‌صورت رضایت‌بخشی شبیه‌سازی کرد؛ ولی مقادیر نهایی شاخص‌های آماری محاسبه‌شده برای هر سه مقیاس، تقریباً مشابه بودند. در نتیجه، عدد کمی مقیاس نقشه خاک به تنهایی نمی‌تواند نتایج مدل SWAT را تحت‌تأثیر قرار دهد، بلکه این وجود یا نبود تنوع کافی در خاک‌های یک حوضه آبخیز است که در این راستا نقش اصلی را ایفا می‌کند. به‌عبارت دیگر، زمانی که خاک‌های موجود در یک حوضه آبخیز، از تنوع کافی برخوردار باشند، می‌توان شاهد تأثیر مقیاس نقشه خاک بر نتایج مدل SWAT بود؛ در غیر این صورت، تأثیر مقیاس نقشه خاک بر نتایج این مدل، معنی‌دار و قابل توجه نخواهد بود.

منابع

1. Abbaspour, 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. *Hydrology*. 333: 413-430.
2. Akhavan, S., Abedi-Koupaia, J., Mousavia, S.F., Afyunib, M., Eslamiana, S.S., and Abbaspour, K.C. 2010. Application of SWAT model to investigate nitrate leaching in Hamadan-Bahar Watershed, Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 139: 675-688.
3. Arnold, J.G., and Allen, P.M. 1996. Estimating hydrologic budgets for three Illinois watersheds. *Hydrology*. 176: 57-77.
4. Baffaut, C., Farrand, T.D., and Benson, V.W. 2005. Potential accuracy of water quality estimates based on noncalibrated SWAT simulations. 3rd International SWAT Conference, July 11-15, Zurich, Switzerland, Pp: 301-309.
5. Banaei, M.H. 1998. Soil moisture and temperature regimes map of Iran. Soil and Water Research Institute. Ministry of Agriculture, Tehran, Iran.
6. Bossa, A.Y., Diekkrüger, B., Igué, A.M., and Gaiser, T. 2012. Analyzing the effects of different soil databases on modeling of hydrological processes and sediment yield in Benin (West Africa). *Geoderma*. 174: 61-74.
7. Bouraoui, F., Benabdallah, S., Jrad, A., and Bidoglio, G. 2005. Application of the SWAT model on the Medjerda River basin (Tunisia). *Physics and Chemistry of the Earth*. 30: 497-507.

8. Burrough, P.A. 1983. Multiscale sources of spatial variation in soil: The application of fractal concepts to nested levels of soil variation. *Soil Science*. 34: 577-597.
9. Cao, W., Bowden, W.B., Davie, T., and Fenemor, A. 2006. Multi-variable and multi-site calibration and validation of SWAT in a large mountainous catchment with high spatial variability. *Hydrological Processes*. 20: 1057-1073.
10. Chaplot, V. 2005. Impact of DEM mesh size and soil map scale on SWAT runoff, sediment, and NO₃-N loads predictions. *Hydrology*. 1: 207-222.
11. Chu, T.W., and Shirmohammadi, A. 2004. Evaluation of the SWAT model's hydrology component in the piedmont physiographic region of Maryland. *Trans. ASAE*. 47: 1057-1073.
12. Conan, C., De Marsily, G., Bouraoui, F., and Bidoglio, G. 2003. A long-term hydrological modelling of the upper Guadiana river basin (Spain). *Physics and Chemistry of the Earth*. 28: 193-200.
13. Esfandiarpour Borujeni, I., Salehi, M.H., Toomanian, N., Mohammadi, J., and Poch, R.M. 2009. The effect of survey density on the results of geopedological approach in soil mapping: a case study in the Borujen region, Central Iran. *Catena*. 79: 18-26.
14. Farzam, B. 2012. Tuyserkan-Tourist. <http://www.Toyserkantour.blogfa.com>.
15. Geza, M., and McCray, J.E. 2008. Effects of soil data resolution on SWAT model stream flow and water quality predictions. *J. Environ. Manage.* 88: 393-406.
16. Ghomashi, A., and Mirtohidi, Y. 2003. Geological map (1:100,000) of Tuyserkan. Geological Survey and Mineral Exploration of Iran.
17. Lal, R. 2001. Soil degradation by erosion. *Land Degrad. Dev.* 12: 519-539.
18. Li, A.N., Wang, A.S., and Liang, S.L. 2006. Eco-environmental vulnerability evaluation in mountainous region using remote sensing and GIS: a case study in the upper reaches of Mingjiang River, China. *Ecological Model.* 192: 175-187.
19. Marceau, D.J. 1999. The scale issue in social and natural sciences. *Can. J. Rem. Sens.* 25: 347-356.
20. Morgan, R.P.C. 1986. Soil erosion and conservation. Longman group limited, UK.
21. Moriasi, D.N., Arnold, J.G., Van Liew, M.W., Binger, R.L., Harmel, R.D., and Veith, T.L. 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *ASABE*. 50: 3. 885-900.
22. Mukundan, R., Radcliffe, D.E., and Risse, L.M. 2010. Spatial resolution of soil data and channel erosion effects on SWAT model predictions of flow and sediment. *Soil and Water Conservation*. 65: 92-104.
23. Muleta, M.K., and Nicklow, J.W. 2005. Sensitivity and uncertainty analysis coupled with automatic calibration for a distributed watershed model. *J. Hydrol.* 306: 127-145.

24. Nagelkerke, N.J.D. 1991. A note on a general definition of the coefficient of determination. *Biometrika*. 78: 691-692.
25. Neitsch, S.L., Arnold, J., Kiniry, J.R., and Williams, J.R. 2000. Soil and water assessment tool user's manual, version 2000. 120p.
26. Peterson, J.R., and Hamlet, J.M. 1998. Hydrologic calibration of the SWAT model in a watershed containing fragipan soils. *American Water Resources Association*. 34: 531-544.
27. Romanowicz, A.A., Vancloster, M., Rounsevell, M., and Junesse, I.L. 2005. Sensitivity of the SWAT model to the soil and land use data parametrization: a case study in the Thyle catchment, Belgium. *Ecological Modeling*. 187: 27-39.
28. Rosenthal, W.D., and Hoffman, D.W. 1999. Hydrologic modeling/GIS as an aid in locating monitoring sites. *Trans. ASAE*. 42: 1591-1598.
29. Rostamian, R., Mousavi, S., Heidarpour, M., Afyuni, M., and Abaspour, K. 2009. Application of SWAT2000 model for estimating runoff and sediment in Beheshtabad watershed, a sub-basin of Northern Karun. *J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour.* 12: 517-531.
30. Rossiter, D.G. 2000. Methodology for Soil Resource Inventories, Lecture notes, 2nd Revised Version. Soil Science Division, International Institute for Aerospace Survey and Earth Science (ITC), Enschede, the Netherlands. 132p.
31. Salehi, M.H., Eghbal, M.K., and Khademi, H. 2003. Comparison of soil variability in a detailed and a reconnaissance soil map in central Iran. *Geoderma*. 111: 45-56.
32. Salehi, M.H., and Khademi, H. 2008. Fundamental of Soil Survey. Isfahan University of Technology Publication, 210p. (In Persian)
33. Samaei, H.R. 2003. Working plan of urban areas in Tuyserkhan. Office of Studying and Technical Services of Hamadan Province, 234p. (In Persian)
34. Shepherd, B., Harper, D., and Millington, A. 1999. Modelling catchment-scale nutrient transport to watercourses in the U.K. *Hydrobiologia*. 396: 227-237.
35. Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy. 11th edition, USDA-NRCS, Washington DC, 338p.
36. Tolson, B.A., and Shoemaker, C.A. 2004. Watershed modeling of the Cannonsville basin using SWAT2000: Model development, calibration and validation for the prediction of flow, sediment and phosphorus transport to the Cannonsville reservoir. Technical Report, School of Civil and Environmental Engineering, Cornell University, Ithaca, N.Y. 154p.
37. Toomanian, N., Jalalian, A., Khademi, H., Eghbal, M.K. and Papritz, A. 2006. Pedodiversity and pedogenesis in Zayandeh-rud Valley, central Iran. *Geomorphology*. 81: 376-393.
38. Wischmeier, W.H., and Smith, D.D. 1965. Predicting Rainfall Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains. Hand book no, 282, USDA, Washington, DC. 178p.

39. Zhale, A. 2006. Assesment of runoff and sediment prediction using SWAT2000 model in Vanak sub-basin of Northern Karun catchment. M.Sc. Thesis. Isfahan University of Technology, 187p.
40. Zhao, Y., Shi, X., Weindorf, D.C., Yu, D., Sun, W., and Wang, H. 2006. Map scale effects on soil organic carbon stock estimation in North China. Soil Sci. Soc. Amer. J. 70: 1377-1386.
41. Zinck, J.A. 1989. Physiography and soils. Lecture-notes for soil students. Soil Science Division. Soil survey courses subject matter: K6 ITC, Enschede, The Netherlands, 156p.



Effect of soil map scale on the results of SWAT model in monthly runoff simulation of Tuyserkan watershed

**M. Basiri¹, *I. Esfandiarpour Borujeni², S. Akhavan³,
M. Hamidpour² and A. Kamali⁴**

¹M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan,

²Associate Prof., Dept. of Soil Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan,

³Assistant Prof., Dept. of Irrigation Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamedan,

⁴Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan

Received: 11/14/2013; Accepted: 03/04/2014

Abstract

Soil erosion models are useful tools to predict runoff, sediment and soil erosion in watersheds. Although, the SWAT model is used for evaluating runoff discharge and the long-term effects of management operation on water, sediment and agricultural chemical yields in the large watersheds, in this research, its efficiency was investigated in monthly runoff simulation for Tuyserkan watershed (with an area of about 3800 ha) and also the effect of soil map scale on the simulation results was studied. In order to study the effect of soil map scale, SWAT model was run with three different map scales (1:40000, 1:250000 and 1:1000000), in which all input models (such as land use map, digital elevation map, number of simulations and effective primary parameters in simulation results) were same, except soil map scale. The SWAT model calibration and uncertainty analysis for each scale in a period of 1998 to 2008 were taken using SUFI-2 program. The values of statistical indices (R^2 , Nash-Sutcliffe coefficient, p-factor and r-factor) for each of the three map scales were virtually the same. It seems that the key factor in determining the impact of soil map scale on the SWAT results, is not scale number of the studied map, but soils diversity plays an important role on the results of the model.

Keywords: Runoff, Soil erosion, Soil mapping, SWAT model

* Corresponding Authors; Email: iesfandiarpour@yahoo.com

