

بهترین شیوه‌ی مدیریتی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، فرآیندهای هیدرولوژیکی

مقدمه

با توجه به این موضوع که شناخت و درک مفاهیم تغییرات پوشش و کاربری اراضی از ارکان اصلی توسعه و برنامه‌ریزی پایدار اراضی می‌باشد. پس می‌توان بیان نمود که از یک سو تبدیل پوشش و تغییرات کاربری اراضی بوسیله‌ی فعالیت‌های انسانی می‌تواند بر یکپارچگی سیستم منابع طبیعی و خروجی و خدمات اکوسیستم اثر بگذارد و از سوی دیگر با برنامه‌ریزی دقیق و توسعه الگوهای جدید کاربری و پوشش اراضی می‌توان رفاه بشر را افزایش داد [۳۴]. در دهه‌های اخیر رشد جمعیت، توسعه شهرسازی و فعالیت‌های شدید کشاورزی، کاهش مراتع و قطع درختان جنگلی با تغییرات الگوهای پوشش و کاربری اراضی باعث افزایش نگرانی در مدیریت منابع آب و اکوسیستم شده است [۲۶]. مطالعات مختلفی نشان می‌دهد که تغییر پوشش سطحی و کاربری اراضی از مهمترین فاکتورهای اثرگذار بر کمیت و کیفیت آب بوده که علاوه بر تغییر توازن آب در حوزه‌های آبخیز باعث افزایش فرسایش خاک شده که منجر به ورود مقادیر زیادی از رسوبات و مواد مغذی به رودخانه‌ها می‌شود و با توجه به متغیر بودن مقادیر آن در مکان‌های مختلف نیاز به بررسی در مقیاس محلی می‌باشد [۳۳ و ۳۷]. تغییرات پوشش و کاربری اراضی یک فاکتور کلیدی در کنترل رفتار هیدرولوژیکی حوزه آبخیز می‌باشد و روش‌های مختلفی نیز به منظور کمی‌سازی اثرات آن بر هیدرولوژی و بار معلق حوزه‌ی آبخیز وجود دارد که شامل حوزه‌های آبخیز زوجی^۱، آنالیز سری‌های زمانی^۲ و مدل‌سازی هیدرولوژیکی^۳ است. روش حوزه‌های زوجی اغلب به منظور آشکارسازی تفاوت‌های هیدرولوژیکی حوزه‌های مشابه با تغییر کاربری مختلف یا اثر تغییر اقلیم بر حوزه‌های کوچک استفاده می‌شود [۱۴ و ۱۵]. با این حال کاربرد این روش در حوزه‌های بزرگ دشوار است، زیرا یافتن دو حوزه متوسط یا بزرگ مشابه کار آسانی نیست [۲۵]. تجزیه و تحلیل سری زمانی روش آماری است و به داده‌های طولانی مدت نیاز دارد که اغلب در دسترس نیست و از طریق بررسی تغییرات تدریجی خصوصیات حوزه یا اثرات انسانی بر حوزه استفاده می‌شود [۳۶]. لذا به منظور بدست آوردن حداکثر اطلاعات از داده‌های محدود به ابزاری

مروری بر کاربرد مدل SWAT با تأکید بر ارزیابی اثر تغییرات کاربری اراضی و بهترین شیوه‌ی مدیریتی در مقیاس حوزه‌ی آبخیز

مازیار محمدی^۱، عطااله کاویان^۲ و لیلا غلامی^۳
 تاریخ دریافت: ۹۴/۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۴/۴/۲

چکیده

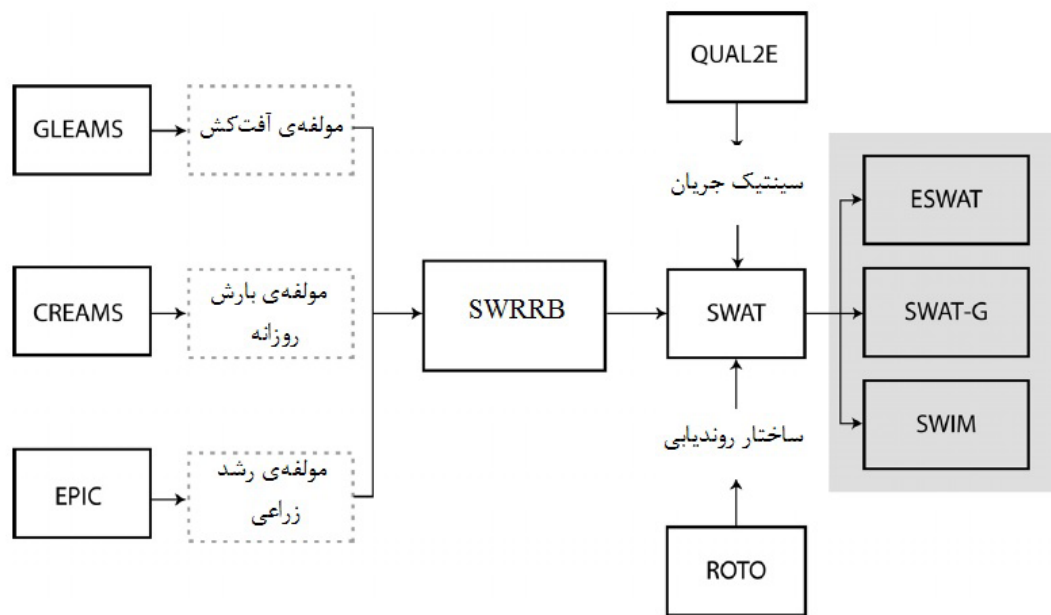
امروزه در سطح جهان کمی‌سازی و ارزیابی اثرات تغییرات پوشش سطحی و کاربری اراضی بر شرایط هیدرولوژیکی حوزه‌های آبخیز از نگرانی‌های اصلی به شمار می‌آید. فقدان برنامه‌ریزی مناسب کاربری اراضی منجر به فرسایش خاک، افزایش تولید رسوب و مشکلات زیست‌محیطی متعدد شده و تهدید جدی برای توسعه پایدار اقتصادی و اجتماعی می‌باشد. روش‌های مختلفی به منظور ارزیابی اثرات تغییرات پوشش و کاربری اراضی وجود دارد که در این میان استفاده از مدل‌های فیزیکی به شناخت بهتر اثر این تغییرات بر فرآیندهای هیدرولوژیکی حوزه آبخیز کمک می‌کند. با توجه به یکپارچگی مدل نیمه‌توزیعی SWAT با سیستم اطلاعات جغرافیایی به عنوان ابزاری قوی در ارزیابی فعلی شرایط حوزه، پیش‌بینی شرایط آینده و همچنین شبیه‌سازی اثر تصمیمات مدیریتی بر اکوسیستم می‌باشد. این مقاله پیرامون کاربرد رایج مدل SWAT در جهان، ارزیابی اثرات تغییرات پوشش، کاربری اراضی و بهترین شیوه‌ی مدیریتی در حوزه‌ی آبخیز بحث می‌کند. بکارگیری مدل SWAT و مدل‌های شبیه‌ساز در تغییرات پوشش و کاربری اراضی باعث افزایش صحت و کاهش هزینه در ارزیابی اثرات شده و امکان شبیه‌سازی طیف وسیعی از فعالیت‌های حفاظتی را در مقیاس حوزه آبخیز فراهم می‌آورد.

واژه‌های کلیدی: تغییر پوشش و کاربری اراضی، مدل SWAT،

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
- ۲- دانشیار گروه آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
- ۳- استادیار گروه آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

* نویسنده مسئول: a.kavian@sanru.ac.ir

- 4- Paired Catchments
- 5- Time Series Analysis
- 6- Hydrological Modeling



شکل ۱- توسعه تاریخی مدل SWAT [۸]

دانشمندان رشته‌های مختلف را برای همکاری دعوت کرد. حاصل تلاش این گروه مدل CREAMS^۳ بود که می‌توانست اثر مدیریت اراضی را بر تولید آب، رسوب و مواد مغذی شبیه‌سازی کند. در سال ۱۹۸۰ بر اساس مدل CREAMS مدل‌های جدیدتری توسعه پیدا کردند که مدل EPIC^۴ یکی از آنها بود. این مدل در اصل برای شبیه‌سازی اثر فرسایش خاک بر تولید محصولات زراعی توسعه و بعد از آن به یک مدل جامع در مقیاس مزرعه تکامل یافت. مدل دیگر به نام مدل GLEAMS^۵، تمرکز آن بر شبیه‌سازی ورود آفتکش‌ها و بار مغذی به آب‌های زیرزمینی بود. در گام بعدی توسعه مدل SWRRB^۶ با کاهش مولفه‌های مدل‌های CREAMS، EPIC و GLEAMS با هدف تقسیم حوزه آبخیز به چند زیر حوزه طراحی شد. این ابزار جدید در حوزه‌های آبخیز بدون آمار ایالت متحده آمریکا توانایی شبیه‌سازی اثرات مدیریت بر انتقال آب و رسوب را داشت. سرانجام در سال ۱۹۹۰ مدل SWAT نیز از ادغام سه مدل SWRRB، ROTO^۷ و GRASS توسعه پیدا و از آن زمان تاکنون این مدل پیوسته مورد بازبینی، اصلاح و ارتقا قرار می‌گیرد. شکل ۱ توسعه تاریخی مدل SWAT را نشان می‌دهد.

در این مدل حوزه آبخیز به زیر حوزه‌هایی تقسیم می‌شود و سپس بر اساس نوع خاک، توپوگرافی و کاربری اراضی به واحدهایی همگن به نام واحد پاسخ هیدرولوژیکی^۸ تقسیم می‌شود.

جامع‌تر نیاز می‌باشد. در این میان کاربرد مدل‌های هیدرولوژیکی اساس شناخت رابطه‌ی علت و معلولی بین تغییرات هیدرولوژیکی و تغییرات کاربری اراضی می‌باشد. با کمک مدل‌های بزرگ مقیاس حوزه‌ی آبخیز پس از شبیه‌سازی دقیق هیدرولوژی، رسوب و مواد مغذی می‌توان اثر سناریوهای مدیریتی را بر حوزه‌های آبخیز مطالعه کرد [۴]. مدل SWAT^۱ یک مدل فیزیکی- تجربی، نیمه توزیعی و پیوسته می‌باشد که برای پیش‌بینی اثرات مدیریتی بر هیدرولوژی، رسوب و مواد آلاینده در حوزه‌های آبخیز با انواع خاک، کاربری اراضی و شرایط مدیریتی متفاوت طراحی شده است [۹]. این مدل به عنوان یک ابزار موثر در شبیه‌سازی فرآیندهای فیزیکی و بیوشیمیایی و همچنین پیش‌بینی فعالیت‌های مدیریتی بر آلودگی آب در حوزه‌های آبخیز کوچک و بزرگ مورد استفاده قرار می‌گیرد [۷، ۱۰ و ۳۲]. مطالعات مختلف در سراسر جهان عملکرد مدل SWAT در شبیه‌سازی جریان رودخانه حتی در حوزه‌های آبخیز با آمار هیدرولوژیکی ضعیف را رضایتمند گزارش کرده‌اند. در این مقاله هدف بررسی کاربرد و کارایی مدل SWAT در شبیه‌سازی‌های اثرات تغییرات پوشش و کاربری اراضی در نقاط مختلف دنیا و همچنین ارائه بهترین شیوه‌ی مدیریتی در تولید رواناب، رسوب و آلاینده‌های غیرنقطه‌ای در مقیاس حوزه آبخیز می‌باشد.

سابقه توسعه‌ی مدل TAWS

در اواسط دهه‌ی ۱۹۷۰ مؤسسه خدمات تحقیقات کشاورزی ایالات متحده آمریکا^۲ به منظور توسعه‌ی یک مدل شبیه‌ساز غیرنقطه‌ای و فرآیند مبنا در مقیاس حوزه‌ی آبخیز گروهی از

1- Soil and Water Assessment Tool

2-United States Department of Agriculture (USDA)

3- Chemicals, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems

4- Environmental Policy Integrated Climate

5- Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems

6- Simulator for Water Resources in Rural Basins

7- Routing Outputs to Outlet

8- Hydrologic Response Units (HRU)

توازن آب نیروی محرکه تمام فرایندهای مدل است، زیرا بر رشد گیاهان اثر می‌کند و باعث حرکت رسوبات، مواد مغذی، آفتکش‌ها، و پاتوژن‌ها می‌شود. شبیه‌سازی هیدرولوژی در دو فاز زمینی^۱ و درون جریان (روندیابی)^۲ صورت می‌گیرد. فاز اول ورود آب، رسوب، آفتکش‌ها و مواد مغذی را به درون آبراه اصلی در هر زیر حوزه کنترل می‌کند. فاز دوم نیز مربوط به مسیر حرکت آب، رسوب و آفتکش‌ها و مواد مغذی در درون شبکه آبراه و رسیدن به نقطه خروجی حوزه آبخیز است. چرخه‌ی هیدرولوژیکی که از اقلیم ناشی می‌شود رطوبت و انرژی ورودی را فراهم می‌کند که شامل بارش روزانه، حداکثر و حداقل دمای روزانه، رطوبت نسبی، سرعت باد و تابش خورشید است که توازن آب را کنترل می‌کند [۲۷]. چرخه هیدرولوژیکی در مدل SWAT توسط معادله‌ی توازن آب بصورت زیر شبیه‌سازی می‌شود:

رابطه (۱) SWt

که در این معادله SWt محتوای آب موجود در خاک برحسب میلیمتر، SWo محتوای اولیه آب موجود در خاک برحسب میلیمتر، t زمان به روز، $Rday$ میزان بارش برحسب میلیمتر، $Qsurf$ میزان رواناب سطحی برحسب میلیمتر، Ea میزان تبخیر برحسب میلیمتر، $Wseep$ میزان آب وارده به منطقه vadose از لایه سطحی در روز برحسب میلیمتر، Qgw میزان آب برگشتی در روز برحسب میلیمتر می‌باشند.

در این مدل فرسایش خاک نیز با استفاده از معادله‌ی اصلاح شده‌ی $MUSLE^3$ [۳۸] محاسبه و تولید رسوب نیز با استفاده از معادله‌ی (۲) برآورد می‌گردد. علاوه بر این مدل SWAT حرکت و انتقال نیتروژن، فسفر، آفتکش و رسوب را در درون حوزه آبخیز مدل‌سازی می‌کند.

رابطه (۲) Sed

که در این معادله Sed تولید رسوب بر حسب تن، رواناب سطحی برحسب میلیمتر، مقدار اوج رواناب بر حسب مترمکعب بر ثانیه، مساحت واحدهای HRU به کیلومتر مربع فاکتور فرسایش خاک، فاکتور پوشش و مدیریت اراضی، فاکتور حفاظتی، فاکتور توپوگرافی، فاکتور بخش‌های بزرگ. جزئیات بیشتر مربوط به توصیف مدل SWAT در گزارش تئوری این مدل موجود است [۲۸].

مدل‌سازی بهترین شیوه‌ی مدیریت^۴ با استفاده از مدل

TAWS

یکی از مزیت‌های کلیدی مدل SWAT که آن را از سایر مدل‌های شبیه‌ساز مستثنی می‌کند چارچوب انعطاف‌پذیر آن برای شبیه‌سازی فعالیت‌های حفاظتی و شیوه‌های مدیریتی مانند نرخ مصرف و زمان

کوددهی اراضی، پوشش زراعی (گراس‌های چند ساله)، نوارهای فیلتری، شخم حفاظتی، مدیریت آبیاری، سازه‌های پیشگیری سیل، آبراه‌های دارای پوشش و تالاب‌ها می‌باشد [۱۳]. به طور مثال در مطالعه‌ای در ایران کارآموز و همکاران [۴] با هدف بکارگیری بهتر شیوه‌ی مدیریتی برای کاهش ورود بار مغذی به مخزن ستارخان در حوزه آبخیز اهرچای آذربایجان شرقی از مدل SWAT استفاده کردند. سناریوها در قالب تصفیه فاضلاب آلاینده‌های نقطه‌ای و راهکارهای کاهش آلاینده‌های غیرنقطه‌ای شامل برکه‌های نگه دارنده، آبراه‌های چمنی و رسوب‌گیرهای محافظ تعریف شد. آنها با استفاده از رویکرد چندمعیاره و روش وزنی رتبه‌ی هر سناریو را براساس درجه‌ی برآورده سازی اهداف افزایش تامین نیاز آبی، کاهش بار فسفر ورودی به مخزن و کاهش هزینه انجام راهکارهای مدیریتی تعیین کردند و در نهایت یافته‌های آنها نشان داد که استفاده از رسوب‌گیرهای محافظ بهترین راهکار مدیریتی در کاهش بار مغذی ورودی به مخزن حوزه می‌باشد.

ساهو و همکاران [۳۲] به منظور اولویت‌بندی احیای بافر مناطق اطراف رودخانه و کاهش ورود آلاینده‌ها به رودخانه‌ای در چین یک طرح برنامه‌ریزی چند معیاره مکانی را توسعه دادند. آنها از ۶ فاکتور انتقال نیتروژن کل، انتقال فسفر کل، میانگین عرض بافر، نرخ فواصل بین بافرها توان پوشش گیاهی و فرسایش‌پذیری خاک به منظور ارزیابی اولویت‌بندی مناطق استفاده کردند. مدل SWAT نیز به منظور شبیه‌سازی نیتروژن و فسفر منتقل شده به مناطق بافری بکار رفت و در نهایت با یکپارچه‌سازی نتایج مدل با آنالیز چند معیاره نقشه‌های اولویت‌بندی احیای مناطق بافری در حوزه‌ی آبخیز به دست آمد. این مدل می‌تواند در سطح واحد پاسخ هیدرولوژیکی^۵ با استفاده از توابع تجربی اثر نوارهای فیلتری را در تله‌اندازی باکتری، رسوب و بار مغذی شبیه‌سازی کند. در مطالعه‌ای دیگر ژانگو همکاران [۴۱] با استفاده از مدل SWAT اثر کشت چند محصول زراعی و درجه شیب دامنه‌ها را بر فرسایش خاک و تولید رسوب در حوزه‌ی آبخیز رودخانه $Jialing^6$ چین بررسی کردند. نتایج نشان داد که کشت گندم حداقل در حالی که کشت سیب زمینی، ذرت و کلزا به ترتیب حداکثر تأثیر در فرسایش خاک و تولید رسوب را داشتند. همچنین دمیس و همکاران [۱۲] از مدل SWAT برای بررسی اثر سناریوهای مدیریتی حوزه شامل نوارهای فیلتری، بندهای سنگی-خاکی و احیای جنگل‌ها بر کاهش رسوب سالیانه و ماهیانه استفاده کردند. ایشان نشان دادند که این سناریوها باعث کاهش تولید رسوب می‌شود. با این حال در مدل SWAT شبیه‌سازی مناطق بافر کنار رودخانه و سایر بافرهای حفاظتی و محاسبه‌ی دقیق اثر آنها در تله‌اندازی آلاینده‌ها به دلیل فقدان جزئیات مکانی در سطح HRU با محدودیت‌هایی همراه است [۱۳]. جدول ۱ تعدیل برخی از پارامترها را برای محاسبه بهتر اثر فعالیت‌های حفاظتی مختلف

5- Hydrological Response unit

6- Jialing

1- Land Phase

2- In- Stream or Routing Phase

3- Modification Universal Soil Loss Equation

4- Best Management Practices (BMP)

نشان می‌دهد. همچنین به دلیل اینکه روندیابی آبراهه در سطح HRU صورت نمی‌گیرد، شبیه‌سازی آبراهه‌های دارای پوشش گیاهی^۱ نیز با محدودیت مواجه می‌شود. ارابی و همکاران [۷] در جدول ۱ برای شبیه‌سازی آبراهه‌های دارای پوشش گیاهی کاهش پارامترهای عمق، عرض، فاکتور پوشش و ضریب زبری مانینگ را برای آبراهه‌های حوزه آبخیز پیشنهاد کردند. اما این روش معمولاً برای حوزه‌های آبخیز کوچک عملی می‌باشد. تالاب‌ها در مدل SWAT به عنوان یک زیر حوزه شبیه‌سازی می‌شوند که می‌تواند دبی و آلاینده‌های حمل شده از مناطق بالا دست را شبیه‌سازی کنند. البته مشخص کردن مکان دقیق تالاب‌ها در زیر حوزه‌ی آبخیز به شبیه‌سازی بهتر آن کمک می‌کند.

مدلسازی تغییرات پوشش و کاربری اراضی (CULCL)^۲

امروزه به علت فعالیت‌های شدید انسانی در مجاورت حوزه‌ی رودخانه‌ها، کاربرد مدل SWAT در سطح جهان برای ارزیابی اثر تغییرات پوشش و کاربری اراضی بر پاسخ‌های هیدرولوژیکی حوزه‌ی آبخیز در حال افزایش است. غفاری و همکاران [۳] با استفاده از مدل SWAT ورژن ۲۰۰۵ در حوزه آبخیز زنجانرود اثر تغییرات کاربری اراضی را بر رژیم هیدرولوژیکی بررسی کردند. آنها در تحقیق خود پس از معرفی نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۳۴۶، ۱۳۷۳ و ۱۳۸۶ به مدل ذکر کردند که در طی این مدت با افزایش سطح مراتع فقیر رواناب سطحی افزایش و سطح آب زیرزمینی کاهش یافته است. همچنین آنها در تحقیق خود گزارش کردند که برای واسنجی و صحت‌سنجی نتایج مدل، روش SUFI-2 نتایج بهتر و دقیق‌تری را در اختیار قرار می‌دهد و زمان رسیدن به مقادیر بهینه پارامترها را کاهش می‌دهد. در یک مطالعه در حوزه آبخیز میامی ایالت متحده آمریکا که غالب تغییرات کاربری اراضی تبدیل اراضی کشاورزی به مناطق مسکونی شهری و روستایی بود، با استفاده از مدل SWAT و شبیه‌سازی مشخص شد که جریان پایه، رسوب و بار مغذی بطور چشم‌گیری کاهش پیدا کرده است [۳۵]. مانگو و همکاران [۲۶] نیز با استفاده از مدل SWAT و توسعه سه سناریو کاربری اراضی جنگل‌زدایی جزئی، تبدیل اراضی کشاورزی و جنگل‌زدایی کامل اثر تغییرات کاربری را بر دبی خروجی حوزه‌ی رودخانه Nyangores بررسی کردند. نتایج حاصل از آنالیز خروجی مدل نشان داد که تبدیل اراضی جنگلی به مرتع و اراضی کشاورزی باعث کاهش آب بالادست رودخانه، افزایش دبی اوج، کمبود آب در مواقع بحرانی و در نهایت افزایش فرسایش روی دامنه‌ها می‌شود. شاو و همکاران [۳۴] در حوزه آبخیز دریاچه‌ی بزرگ Laurentian کانادا با استفاده از یکپارچه‌سازی داده‌های سنجش از دور، مدل SWAT و GIS اثر تغییر نوع محصول را بر تولید رسوب بررسی کردند و بیان کردند که با افزایش کشت غلات بجای ذرت، متوسط تولید

1- Grassed waterways

2- LandCover / LandUse Change

رسوب سالیانه ۳۳-۱۲۷ درصد نسبت به زمان پایه افزایش خواهد داشت. در مطالعه‌ی دیگری در فیلیپین، پالو و همکاران [۳۰] برای کمی‌سازی فرسایش خاک و تعیین زیرحوزه‌های بحرانی تحت تغییر کاربری اراضی در حوزه آبخیز Layawan نشان دادند که در صورت حذف جنگل‌ها برای توسعه شهرسازی و کشاورزی میزان بارمعلق ۱۰۳ درصد افزایش خواهد یافت. آنها خاطر نشان کردند که این مدل به مدیران و سیاست‌گذاران به شناخت بهتر اثرات طرح‌ها و پروژه‌های اجرایی بر حوزه‌های آبخیز کمک می‌کند. جوردن و همکاران [۲۱] نیز با استفاده از مدل SWAT و تصاویر ماهواره‌ی لندست در حوزه‌ی آبخیز می‌سی‌سی‌پی برای سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۱ و ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ اثر تغییرات پوشش گیاهی و کاربری اراضی بر فرسایش خاک و مجموع بار معلق رودخانه بررسی کردند. ایشان ذکر کردند که تغییرات کاربری جنگل رابطه‌ی منفی در حالی که کشاورزی و چراگاه رابطه‌ی مثبت با تغییرات مجموع بار معلق دارند. اما همچنین هاری کریشنا و همکاران [۱۸] در جهت بررسی اثر شیوه‌های مدیریت و تغییر کاربری اراضی بر توازن آب از مدل SWAT استفاده کردند. آنها در آبخیز Manair هند شبیه‌سازی را با جایگزینی سه نوع کشت پنبه، نی شکر و ذرت بجای مزارع برنج برای یک دوره ۲۱ ساله از ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۲ انجام دادند. یافته‌های حاصل از تحقیق آنها نشان داد که تبدیل مزارع برنج به مزارع غیر آبی باعث افزایش منابع آب سطحی و کاهش منابع آب زیر زمینی خواهد شد. با این حال آنها خاطر نشان کردند که جنبه‌های مثبت مزارع برنج بر رواناب و جزئیات مربوط به کشت سه محصول جایگزین به منظور انتخاب نهایی الگوی کشت حوزه‌ی آبخیز به مطالعات بیشتری نیاز دارد. یانگ و همکاران [۴۰] مدل SWAT را برای ارزیابی رابطه بین تغییرات کاربری و شاخص آلاینده‌های غیرنقطه‌ای در بخشی از حوزه آبخیز رودخانه yangtze چین بکار بردند. آنها توانستند با استفاده از رگرسیون حداقل مربعات جزئی بین انواع تغییرات کاربری و آلاینده غیرنقطه‌ای یک معادله رگرسونی تجربی برقرار کنند. نتایج نشان داد که از بین هشت نوع کاربری اصلی در حوزه، پهنه‌های آبی بیشترین نقش را در تغییرات مجموع فسفر و مجموع نیتروژن داشته است.

اثر تغییرات اقلیمی و کاربری اراضی بر خروجی مدل TAWS

در سالهای اخیر مطالعات نشان داده که تغییرات الگوهای اقلیمی و کاربری اراضی ممکن است باعث تغییر فرآیندهای هیدرولوژیکی و در نتیجه منجر به تغییر کمیت و کیفیت آب شود که برای محیط‌زیست زیان‌آور است. در حوزه‌های آبخیز تغییرات اقلیمی مانند تغییر دما و بارندگی با تأثیر بر چرخه هیدرولوژیکی باعث تغییر جریان رودخانه، رسوبات انتقالی و آلاینده‌های آب می‌شود. به همین دلیل با توجه به اهمیت تغییرات اقلیمی، بسیاری از مطالعات از اثر ترکیبی تغییر اقلیم و کاربری اراضی در شبیه‌سازی هیدرولوژیکی

در مقیاس حوزه آبخیز استفاده کرده‌اند. بطور مثال نتایج تحقیق هاکیو و همکاران [۱۹] نشان داد که کشت محصولات زیستی کلزا و میسکانتوس باعث افزایش بار معلق، TN^1 و TP^2 می‌شود و افزایش بارندگی نیز اثر منفی بر شاخص‌های سلامت حوزه آبخیز دارد. ذهیبون و همکاران [۲] نیز در پژوهشی در ایران اثر تغییر اقلیم را بر رواناب خروجی حوزه آبخیز قره‌سو بررسی کردند. آنها با استفاده از مدل SWAT و داده‌های ۱۹۷۱-۲۰۰۰ به واسنجی و صحت‌سنجی دبی شبیه‌سازی شده پرداختند. نتایج سناریوهای اقلیمی بارش و دما با استفاده از مدل $HadCM_3-AR_4$ برای سال‌های ۲۰۴۰-۲۰۶۹ نشان داد که دمای منطقه ۱ تا ۴ درجه و بارش نیز در ماه‌های مختلف بین ۳۰+ تا ۳۰- درصد متغیر است. پژوهش آنها نشان داد که این تغییر اقلیم باعث تغییر ۹۰ تا ۱۲۰ درصدی رواناب در ماه‌های مختلف می‌شود. در تحقیقی دیگر در ایران آذری و همکاران [۱] به منظور شبیه‌سازی رژیم هیدرولوژیکی جریان حوزه آبخیز گرگان رود از مدل SWAT و سناریوهای تغییر اقلیم استفاده کردند. آنها سناریوهای تغییر اقلیم را با استفاده از سه مدل گردش عمومی جو ($HadCM_3$ ، $CGCM_1$ و $SCIRO$) برای حد بالا و پایین انتشار گازهای گلخانه‌ای (A_1F_1 و B_1) تعریف کردند. نتایج نشان داد که در شرایط اقلیمی آینده برای دوره زمانی ۲۰۷۰-۲۰۹۹ مقدار بارندگی سالانه حوزه به میزان ۳/۲ تا ۶/۷ درصد کاهش خواهد یافت. همچنین نتایج ایشان نشان داد که میزان رواناب به میزان ۰/۴ تا ۷/۷ درصد و آب خاک به میزان ۵/۲ تا ۱۳ کاهش ولی آب خاک به میزان ۵/۳ تا ۱۰/۲ و تبخیر و تعرق به میزان ۱/۶ تا ۳/۶ درصد افزایش خواهد یافت.

ناتخینو همکاران [۲۸] با استفاده از مدل SWAT و آنالیزهای آماری اثر تغییر اقلیم و تغییر کاربری اراضی بر رژیم دبی رودخانه Ngerengere تانزانیا مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های آنها نشان داد که تغییر کاربری با اثر بر رواناب سطحی باعث افزایش سیل در مناطق کوهستانی می‌شود. تغییر اقلیم نیز بر مدت جریان حداقل^۳ و خشکی رودخانه اثرگذار است. آلايو و همکاران [۶] افزایش دما و توسعه بوته‌زارها را بر هیدرولوژی حوزه آبخیز دره‌ی اورسرن^۴ سوئیس مورد ارزیابی قرار دادند. آنها گزارش کردند که در طول دوره‌ی تابستان به دلیل کاهش مساحت سطوح یخی و عقب‌نشینی سطح برف متوسط دبی ماهانه کاهش می‌یابد اما به دلیل توسعه پوشش گیاهی تبخیر و تعرق افزایش می‌یابد. همچنین آنها پیش‌بینی کردند که در آینده‌ی نزدیک به دلیل تغییرات کاربری و تغییرات اقلیمی، مجموع دبی سالیانه به ترتیب ۰/۶ و ۵ درصد کاهش پیدا خواهد کرد. کاستیلو و همکاران [۱۱] نیز در حوزه‌ی آبخیز ساحلی رودخانه‌ی آرانساز^۵ تگزاس با استفاده از سناریوسازی اثرات مستقل

- 1- Total nitrogen
- 2- Total phosphor
- 3- Low flow
- 4- Ursern Valley
- 5- Aransas

و ترکیبی تغییرات کاربری، پوشش اراضی و الگوهای بارندگی بر کیفیت آب رودخانه را بررسی کردند. آنها ذکر کردند که در مقیاس حوزه‌ی آبخیز تغییرات اقلیمی نسبت به تغییرات کاربری تأثیر بیشتری بر انتقال رسوب و کیفیت آب دارد. با این حال اثرات محلی تغییرات کاربری اراضی بر کیفیت آب به مطالعات بیشتری نیاز دارد. گلدستینو تارهیلو [۱۷] در تحقیقی اثر تغییر اقلیم و زراعت نوعی گونه‌ی سوخت زیستی را در دشت بزرگ آمریکا بر حوزه‌ی آبخیزی واقع در اوکلاهاما مدل‌سازی کردند. نتایج سناریوهای تغییر اقلیم و جایگزینی گونه *Panicum Virgatum* L بجای گراس‌های مرتعی بومی، گندمیان سرد و چاودار نشان داد که رواناب سطحی در سه فصل بهار، تابستان و زمستان کاهش یافت. پیزارو و همکاران [۳۱] با استفاده از مدل SWAT تأثیر کاربری و الگوی بارندگی را بر رسوب معلق ۱۹ حوزه آبخیز در شیلی طی تحقیقی بررسی کردند. آنها نشان دادند که در مقیاس حوزه مجموع بار معلق^۶ با رژیم بارانی و افزایش بارش سالیانه افزایش می‌یابد. همچنین یافته‌های آنها نشان داد که تمرکز مجموع بار معلق با افزایش سطوح باز، و پوشش یخی و برف سالیانه به‌ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد.

یکپارچه‌سازی TAWS با مدل‌های تغییر کاربری اراضی

هدف مدل‌های شبیه‌ساز کاربری اراضی شبیه‌سازی پویایی مناظر بر اساس سناریوهای مختلف آینده با مقیاسهای چندگانه می‌باشد [۲۳]. این مدل‌ها به شناخت بهتر فرآیندهای کلیدی و پویایی اجتماعی-اکولوژیکی الگوهای مختلف کاربری اراضی کمک می‌کند [۲۴]. بنابراین یکپارچه‌سازی مدل SWAT با مدل‌های شبیه‌ساز کاربری اراضی راهکاری مناسب برای ارزیابی هیدرولوژیکی تحت سناریوهای مختلف است. گیتویو و همکاران [۱۶] با استفاده از مدل تبدیل کاربری اراضی و اثرات آن (CLUE-S) در حوزه آبخیز کنیا، اثر تغییرات کاربری را بر رواناب بررسی کردند. تغییرات کاربری با استفاده از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای صورت گرفت و نتایج تغییرات کاربری اراضی برای سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۰۰ کاهش جنگل و افزایش اراضی کشاورزی را نشان داد که این موضوع باعث افزایش ۵۵ تا ۶۸ درصد رواناب شد. در پژوهشی دیگر ژانگ و همکاران [۴۱] با مدل CLUES-S همراه با مدل SWAT به شبیه‌سازی بارآلودگی تحت سناریوهای مختلف کاربری اراضی در بالا دست حوزه آبخیز یکن در چین پرداختند. آنها طی سناریوسازی کاربری اراضی بیان کردند افزایش باغ و کاهش جنگل باعث افزایش فسفر و نیتروژن به میزان ۵/۲ و ۴ درصد شد. کیم و همکاران [۲۲] با استفاده از مدل SWAT و سه سناریو تغییر اقلیم، تغییرات کاربری و پوشش اراضی (LULC) و سناریو ترکیبی تغییر اقلیم و تغییرات کاربری و پوشش اراضی تغییرات هیدرولوژیکی رودخانه هویا کره جنوبی را برای سال‌های ۲۰۲۰، ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ شبیه‌سازی

6- Total Suspended Sediments

کردند. یافته‌های حاصل از این تحقیق نشان داد که تحت سناریو تغییر اقلیم، جریان رودخانه در بهار و تابستان افزایش و در پاییز و زمستان کاهش می‌یابد. سناریوهای LULC نشان دادند که جریان حداکثر در طول فصل مرطوب افزایش و جریان حداقل در دوره‌های خشک کاهش می‌یابد. نتایج ترکیبی سناریوهای تغییرات اقلیمی و LULC تغییرات شدیدتر جریان سالیانه را نشان داد. وو و همکاران [۳۹] نیز به منظور شبیه‌سازی مولفه‌های هیدرولوژیکی و کیفیت آب در سال ۲۰۵۰ در حوزه آبخیز رودخانه سدار Cedar یالت مینه‌سوتای آمریکا از مدل SWAT استفاده کردند. آنها با استفاده از مدل (FORE - SCE) تحت سناریو انتشار گازهای گلخانه‌ای تغییرات کاربری اراضی سال ۲۰۵۰ را نسبت به زمان پایه ۲۰۰۱ شبیه‌سازی کردند. نتایج آنها نشان داد که به علت توسعه شهری و افزایش سطوح نفوذناپذیر رواناب سطحی ۱۰/۵ درصد افزایش ولی جریان پایه ۷/۳ درصد کاهش می‌یابد. همچنین به دلیل توسعه مزارع کشت‌کننده محصولات سوخت‌های زیستی با افزایش مصرف کود میزان نیتروژن آب تا ۲/۵ درصد افزایش خواهد یافت. در پژوهشی دیگر در کانادا شاو و همکاران [۳۴] در حوزه آبخیز دریاچه‌ی بزرگ لائورنتین با استفاده از یکپارچه‌سازی داده‌های سنجش از دور، مدل SWAT و GIS اثر تغییر نوع محصول را بر تولید رسوب بررسی کردند. نتایج ایشان نشان داد که با افزایش کشت ذرت، متوسط تولید رسوب سالیانه ۳۳-۱۲۷ درصد نسبت به زمان پایه افزایش خواهد داشت.

نتیجه‌گیری

مدل SWAT به عنوان یک ابزار شبیه‌ساز میانرشت‌های^۲ در سطح بین‌المللی بطور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. طیف وسیعی از بکارگیری این مدل در حوزه‌های آبخیز مختلف با شرایط متفاوت اقلیمی، پوشش و کاربری اراضی در این مقاله شرح داده شده که نشان‌دهنده‌ی انعطاف‌پذیری و توانمندی مدل در شبیه‌سازی انواع فعالیت‌های مدیریتی درون حوزه است. علاوه بر این توسعه امکاناتی چون واسنجی خودکار و آنالیز عدم قطعیت دوره‌ی جدیدی از کاربرد مدل SWAT را برای شبیه‌سازی تغییرات پوشش سطحی و کاربری اراضی و همچنین بهترین شیوه‌ی مدیریتی با بالاترین دقت ممکن را بوجود آورده است. قدرت کلیدی مدل SWAT، چارچوب انعطاف‌پذیر آن برای شبیه‌سازی شیوه‌های مدیریتی و فعالیت‌های حفاظتی مانند استفاده از کود، پوشش زراعی (گراس‌های چند ساله)، نوارهای حایل، شخم حفاظتی، مدیریت آبیاری، سازه‌های کنترل سیل، آبراه‌های دارای پوشش و تالاب می‌باشد. در مطالعات مختلف شبیه‌سازی سناریوهای فرضی و واقعی آینده بوسیله‌ی این مدل نشان داده که استفاده از این ابزار روشی موثر در شناسایی اثرات تغییرات کاربری و پوشش اراضی بر رواناب، رسوب و آلاینده‌های

حوزه آبخیز می‌باشد. همچنین این قابلیت در صورت یکپارچه شدن مدل SWAT با سایر مدل‌های شبیه‌ساز LULC تقویت می‌شود. با استفاده از این ابزار پژوهشگران، مدیران اجرایی و سیاست‌گذاران در حوزه‌های آبخیز می‌توانند سناریوهای مختلف مدیریتی را بدون صرف زمان و هزینه‌ی زیاد مورد ارزیابی قرار داده و با تحلیل نتایج خروجی مدل تصمیمی مناسب را در امر بهترین شیوه‌ی مدیریتی اتخاذ نمایند.

منابع

- ۱- آذری، م.، مرادی، ح.، ثقفیان، ب.، و فرامرزی، م. ۱۳۹۲. ارزیابی اثرات هیدرولوژیکی تغییر اقلیم در حوزه آبخیز گرگانرود. نشریه آب و خاک، ۲۷(۳): ۵۳۷-۵۴۷.
- ۲- ذهبیون، ب.، گودرزی، م.، و مساح بوانی، ع. ۱۳۸۹. کاربرد مدل SWAT در تخمین رواناب حوزه در دوره‌های آبی تحت تأثیر تغییر اقلیم. نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۱(۳ و ۴): ۵۸-۴۳.
- ۳- غفاری، گ.، قدوسی، ج.، و احمدی، ح. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر پاسخ‌های هیدرولوژی حوزه آبخیز (مطالعه موردی: حوزه آبخیز زنجانرود). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۱(۱۶): ۱۶۳-۱۸۰.
- ۴- کارآموز، م.، احمدی، آ.، و طاهریان، م. ۱۳۸۸. ارزیابی بهترین راهکارهای مدیریتی در حوزه آبخیز در بهره‌برداری کمی و کیفی مخزن. علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۳(۹): ۱۶-۹.
- 5- Abbaspour, K., Yang, J., Maximov, I., Siber, R., Bogner, K., Mieleitner, J., and Srinivasan, R. 2007. Modelling hydrology and water quality in the pre-alpine/alpine Thur watershed using SWAT. Journal of Hydrology, 333: 413-430.
- 6- Alaoui, A., Willmann, E., Jasper, K., Felder, G., Herger, F., and Magnusson, J. 2013. Modelling the effects of land use and climate changes on hydrology in the Ursern Valley, Switzerland. HYDROLOGICAL PROCESSES, 3602-3614.
- 7- Arabi, M., Frankenberger, J., Engel, B., and Arnold, G. 2008. Representation of agricultural conservation practices with SWAT. Hydrological Processes, 22(16): 3042-3055.
- 8- Arnold, G., Moriasi, D., Gassman, P., Abbaspour, K., White, M., Srinivasan, R., Jha, M. 2012. SWAT: MODEL USE, CALIBRATION. Transactions of the ASABE, 55(4): 1491-1508.
- 9- Arnold, J., Srinivasan, R., Muttiah, R., and Williams, J. 1998. Large area hydrologic modeling and assessment part I: Model development1. JAWRA

1- Forecasting Scenarios

2- Multidisciplinary

19- Hoque, Y., Raj, C., Hantush, M., Chaubey, I., and Govindaraju, R. 2014. How Do Land-Use and Climate Change Affect Watershed Health? A Scenario-Based Analysis. *Water Quality, Exposure, and Health*, 6(1-2): 19-33.

20- Jacobson, R. 2011. Identification and quantification of the hydrological impacts of imperviousness in urban catchments: a review. *J. Environ. Manag*, 92: 1438-48.

21- Jordan, Y., Ghulam, A., and Herrmann, R. 2012. Floodplain ecosystem response to climate variability and land-cover and land-use change in Lower Missouri River basin. *Landsc.Ecol*, 27(6): 843-857.

22- Kim, J., Choy, j., Choi, C., and Park, S. 2013. Impacts of changes in climate and land use/land cover under IPCC RCP scenarios on streamflow in the Hoeya River Basin, Korea. *Science of the Total Environment*, 452-453, 181-195.

23- Kok, K., Verburg, P., and Veldkamp, T. 2007. Integrated Assessment of the land system: The future of land use. *Landuse Policy*, 24: 517-520.

24- Lambin, E., Rounsevell, M., and Geist, H. 2000. Are current agricultural land use models able to predict changes in land use intensity? *Agriculture, Ecosystem, and Environment*, 11(1): 1653.

25- Lorup, J., Refsgaard, J., and Mazvimavi, D. 1998. Assessing the effect of land use change on catchment runoff by combined use of statistical tests and hydrological modelling: case studies from Zimbabwe. *J Hydrol*, 205: 147-63.

26- Mango, L., Melesse, A., McClain, M., Gann, D., and Setegn, S. 2011. Land use and climate change impacts on the hydrology of the upper Mara River Basin, Kenya: results of a modeling study to support better resource management. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(7): 2245.

27- Memarian, H., Tajbakhsh, M., and Balasundram, S. 2013. APPLICATION OF SWAT FOR IMPACT ASSESSMENT OF LAND USE/COVER CHANGE AND BEST MANAGEMENT PRACTICES: A REVIEW. *International Journal of*

Journal of the American Water Resources Association, 34(1).

10- Barlund, I., Kirkka, T., Malve, O., and Kamari, J. 2007. Assessing SWAT model performance in the evaluation of management actions for the implementation of the Water Framework Directive in a Finnish catchment. *Environmental Modelling and Software*, 22(5): 719-724.

11- Castillo, R., Güneralp, I., and Güneralp, B. 2014. Influence of changes in developed land and precipitation on hydrology. *Applied Geography*, 47: 154-167.

12- Demissie, A.T., Saathoff, F., Seleshi, Y., and Gebissa, A. 2013. Evaluating the Effectiveness of Best Management Practices in Gilgel Gibe Basin Watershed-Ethiopia. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 7 (10): 1240-1252

13- Gassman, P., Osei, E., Saleh, A., Rodecap, J., Norvell, S., and Williams, J. 2006. Alternative practices for sediment and nutrient loss control on livestock farms in northeast Iowa. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 17(2-3): 135-144.

14- Germer, S., Neill, C., and Vetter, T. 2009. Implications of long-term landuse change for the hydrology and solute budgets of small catchments in Amazonia. *J Hydrol*, 364: 349-63.

15- Giertz, S., Junge, B., and Diekkruiger, B. 2005. Assessing the effects of land use change on soil physical properties and hydrological processes in the sub-humid tropical environment of West Africa. *Phys Chem Earth*, 30: 485-96.

16- Githui, F., Mutua, F., and Bauwens, W. 2009. Estimating the impacts of land-cover change on runoff using the soil and water assessment tool (SWAT): case study of Nzoia catchment, Kenya. *Hydrological sciences journal*, 54(5).

17- Goldstein, J., and Tarhule, A. 2014. Evaluating the impacts of climate change and switchgrass production on a semiarid basin. *HYDROLOGICAL PROCESSES*, 29(5): 724-738.

18- Hari Krishna, B., Mani, A., Uma Devi, M., and Ramulu, V. 2014. Simulation of Impact of Change in Landuse on Water Yield of Upper Manair Catchment.

- 35- Tong, S., Liu, A., and Goodrich, J. 2009. Assessing the water quality impacts of future land-use changes in an urbanising watershed. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 26(1): 3-18.
- 36- Wang, G., Xia, J., and Chen, J. 2009. Quantification of effects of climate variations and human activities on runoff by a monthly water balance model: a case study of the Chaobai River basin in northern China. *Water Resour Res*, 45(7): 1-12.
- 37- Wang, W., Shao, Q., Yang, T., Peng, S., Xing, W., Sun, F., and Yufeng, L. 2012. Quantitative assessment of the impact of climate variability and human activities on runoff changes: a case study in four catchments of Haihe River basin, China. *Hydrological Processes*, 27(8): 1158-1174.
- 38- Williams, J., and Berndt, H. 1977. Sediment yield prediction based on watershed hydrology. *Trans. ASAE*, 20(6): 1100-1104.
- 39- Wu, Y., Lio, S., Sohl, T., and Young, C. 2013. Projecting the land cover change and its environmental impacts in the Cedar River Basin in the Midwestern United States. *Environmental Research Letters*, 8(2): 1-13.
- 30- Yang, H., Yang, G., Yang, Y., Xue, B., and Wu, B. 2014. Assessment of the Impacts of Land Use Changes on Nonpoint Source Pollution Inputs Upstream of the Three Gorges Reservoir. *The Scientific World Journal*, 15 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/526240>.
- 31- Zhang, P., Liu, Y., Pan, Y., and Yu, Z. 2013. Land use pattern optimization based on CLUE-S and SWAT model for agricultural non-point source pollution control. *Mathematical and Computer Modelling*, 588-595.
- Advancement in Earth and Environmental Sciences, 36-40.
- 28- Natkhin, M., Dietrich, O., Schäfer, M., and Lischeid, G. 2013. The effects of climate and changing land use on the discharge regime of a small catchment in Tanzania. *Regional Environmental Change*, Doi: 10.1007/s10113-013-0462-2.
- 29- Neitsch, S., Arnold, J., Kiniry, J., and Williams, J. 2011. Soil and water assessment tool theoretical documentation version 2009. College Station: Texas Water Resources Institute, Technical Report no, 406, 647.
- 30- Palao, L., Dorado, M., Anit, K., and Lasco, R. 2013. Using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) to Assess Material Transfer in the Layawan Watershed, Mindanao, Philippines and Its Implications on Payment for Ecosystem Services. *Journal of Sustainable Development*, 6(6): 73-88.
- 31- Pizarro, J., Vergara, M., Morales, J., Rodríguez, J., and Vila, I. 2014. Influence of land use and climate on the load of suspended solids in catchments of Andean rivers. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186: 835-843.
- 32- Sahu, M., and Gu, R. 2009. Modelling the effects of riparian buffer zone and contour strips on stream water quality. *Ecological Engineering*, 35(8).
- 33- Schönbrodt, S., Saumer, P., Behrens, T., Seeber, C., and Scholten, T. 2010. Assessing the USLE Crop and Management Factor C for Soil Erosion Modeling in a Large Mountainous Watershed in Central China. *J. Earth Sci*, 21(6): 835-845.
- 34- Shao, Y., Lunetta, R., Macpherson, A., Luo, J., and Chen, G. 2013. Assessing Sediment Yield for Selected Watersheds in the Laurentian Great Lakes Basin under Future Agricultural Scenarios. *Environmental Management*, 51: 59-69.

*Abstract*

SWAT Model Applications: an Overview with Emphasis on Evaluation the Impacts of Land use Changes and the best Management Practices in Watershed Scale

M. Mohammadi¹, A. Kavian^{2*} and L. Gholami³

Received: 2015.4.14 Accepted: 2015.6.23

Nowadays one of the main concerns is quantification and evaluation the effects of surface cover and land use changes on the watershed hydrological conditions. Lack of appropriate land use planning, leading to soil erosion, increasing sediment yield, environmental problems and that is serious threat to sustainable economic and social development. There are several methods to evaluate the effects of land use and land cover changes that physical models helps to better understand the effect of these variations on watershed hydrological processes. Integration of semi-distributed model (SWAT) with Geographic Information System is powerful tool for assessment of current watershed conditions, predict and also simulate the effect of management decisions on ecosystems. This paper discusses application of SWAT model to evaluating the effects of land use and land cover change and the best management practices in many watersheds over the world. Application of this model and other simulation models increase accuracy and reduce costs on evaluating the land use changes effects and provides the possibility to simulate a wide range of conservation activities in the watershed scale

Keywords: *Land use and land cover change, SWAT model, Best management practice (BMP), Geographic information system, Hydrological processes.*

1. M.Sc. Student, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University

2. Associate Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University

* Corresponding author: a.kavian@sanru.ac.ir

3. Assistant Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University