

اهمیت رعایت تناسب کاربری اراضی در تولید رواناب و رسوب در حوضه آبخیز بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری

دلارام ضیایی جزی^{۱*}، رفعت زارع بیدکی^۱، علی اصغر بسالت‌پور^۲ و آرش ملکیان^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۴/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۵/۲۷)

چکیده

برای حفظ و نگهداری خاک به‌عنوان منبع تولید باید بین استعداد ذاتی زمین و بهره‌برداری از آن توازن برقرار باشد که این توازن از طریق ارزیابی تناسب اراضی میسر می‌شود. هدف از مطالعه حاضر مقایسه میزان رواناب و رسوب‌دهی کاربری‌های اراضی مختلف حوضه آبخیز بهشت‌آباد در وضعیت کنونی و در حالت رعایت تناسب کاربری اراضی است. بدین منظور نقشه کاربری اراضی در وضعیت فعلی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و نقشه تناسب کاربری اراضی براساس دستورالعمل FAO تهیه شدند. سپس میزان رواناب و رسوب تولیدی در شرایط فعلی و تناسب کاربری اراضی با استفاده از مدل SWAT برآورد شد. بدین منظور برای محاسبه رواناب از روش شماره منحنی و در روندیابی کانال از روش ماسکینگام و برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل از روش هارگریوز - سامانی استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد رعایت تناسب اراضی در حوضه آبخیز بهشت‌آباد سبب کاهش میانگین رواناب از ۹۹/۴ میلی‌متر به ۸۲/۸ میلی‌متر (۱۷ درصد) و رسوب‌دهی از ۱۰/۷ تن در هکتار به ۷/۸ تن در هکتار (۲۷ درصد) در سال خواهد شد. درصد این کاهش در کاربری‌های کشت دیم، کشت آبی و مراتع پایین‌دست (فقیر) بیشتر است.

واژه‌های کلیدی: تناسب اراضی، رواناب، فرسایش، SWAT، FAO

۱. گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه شهرکرد

۲. مؤسسه مدیریت منابع، برلین، آلمان

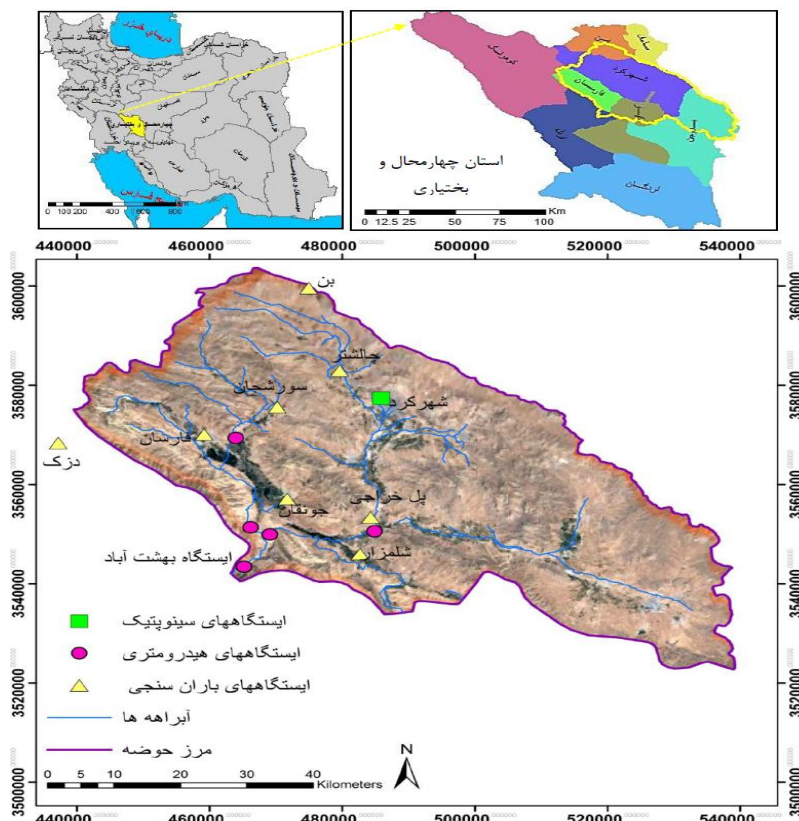
۳. گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشگاه تهران

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: D_ziaei@yahoo.com

مقدمه

محیط زیست طبیعی، توان اکولوژیکی محدودی برای استفاده انسان دارد. در برخی از محیط‌ها، طبیعت با کمترین زیان مهبای بالاترین توسعه است و در برخی دیگر کمترین توسعه در آن منجر به تخریب محیط زیست می‌شود. خاک از منابع حیاتی است که تجدید آن به زمان طولانی نیاز دارد، بنابراین برای حفظ و نگهداری خاک به‌عنوان منبع تولید باید بین استعداد ذاتی و بهره‌برداری از آن توازن برقرار باشد که این توازن از طریق ارزیابی تناسب اراضی میسر می‌شود (۳۵). فرسایش آبی خاک یکی از مهم‌ترین اشکال تخریب زمین است که بهره‌وری پایدار کاربری اراضی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۷). فرسایش سبب حذف حاصلخیزترین اجزا خاک، تخریب ساختمان، کاهش ظرفیت نگهداری رطوبت، افزایش وزن مخصوص ظاهری، پوسته پوسته شدن و کاهش نفوذ آب در خاک می‌شود (۳). به‌علاوه فرسایش خاک و رسوب حاصله، پیامدهایی چون تغییر در چرخه طبیعی آب، افزایش شدت سیل خیزی، کاهش حاصلخیزی، افزایش رانش زمین، پرشدن سریع مخازن سدها و کانال‌های انتقال آب، کاهش کیفیت آب، بیابانی شدن و از دست رفتن توان زیستی خاک و آلودگی آب و خاک را به‌دنبال خواهد داشت (۳۳، ۳۴، ۳۶ و ۳۷). عوامل مؤثر در فرسایش شامل اقلیم، خاک، توپوگرافی، نحوه استفاده و نوع مدیریت زمین هستند که فقط برخی از این عوامل قابل مدیریت است (۱۴ و ۱۷). تخریب زمین نتیجه بهره‌برداری نامناسب است و تناسب اراضی درجه انطباق مشخصات و ویژگی‌های یک قطعه از زمین با نوع خاصی از کاربری است. با ارزیابی تناسب اراضی، محدودیت‌ها و پتانسیل ذاتی واحدهای اراضی برای پشتیبانی از کاربری‌های مشخص در زمان طولانی شناسایی و اجرا می‌شود که در نهایت منجر به کاهش هزینه‌های اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی می‌شود. (۵، ۲۱ و ۲۸). روش‌های مختلفی برای ارزیابی کاربری اراضی مانند روش فائو، روش مخدوم و روش سازمان جنگل‌ها و مراتع وجود دارد (۲۵). سازمان خواروبار و کشاورزی جهانی سازمان ملل متحد (فائو) یک چارچوب کلی

به‌منظور طبقه‌بندی تناسب اراضی ارائه داده است (۱۱ و ۱۲). مطالعات ارزیابی در ایران، اولین بار توسط بنگاه مستقل آبیاری با همکاری ماهر و دیگر کارشناسان فائو پایه‌گذاری شد. ارزیابی اراضی در ایران از سال ۱۳۷۶ آغاز شده است و در قالب شاخه‌هایی مانند قابلیت اراضی و ارزیابی اراضی، طبقه‌بندی زمین برای آبیاری و تعیین تناسب اراضی برای گیاهان خاص صورت گرفته است (۲۱ و ۲۹). سکوتی اسکوتی با تعیین تناسب اراضی به‌روش فائو، بررسی‌های فیزیکی و اجتماعی - اقتصادی برای استفاده پایدار اراضی را در شهرستان پیرانشهر آذربایجان غربی انجام داد و نتیجه گرفت در شرایط فعلی بهره‌برداری‌های رایج منجر به تخریب اراضی خواهد شد و باید اقدامات مدیریتی، برای اصلاح ترکیب و نحوه کشت صورت گیرد (۳۲). باجا و همکاران در حوضه آبخیز رودخانه تالو در اندونزی با کمک مدل RUSLE و اطلاعات اقلیم، خاک، شیب، کاربری زمین و شیوه‌های حفاظت خاک، از اطلاعات مکانی فرسایش خاک برای ارزیابی تناسب اراضی در سطح حوضه استفاده کردند (۷). آلبویگ و همکاران با استفاده از SWAT با تعریف هشت سناریوی مختلف کاربری اراضی، تولید جریان و بار رسوبی حوضه مانوپالی را شبیه‌سازی کردند. آنها علاوه بر تأیید کاربرد مدل، نتیجه گرفتند مراتع و جنگل‌ها با تولید رواناب و رسوب کمتر کاربری‌های مناسب این حوضه هستند (۳). دنگ و همکاران و آنابا و همکاران با کاربرد مدل SWAT افزایش رواناب و تولید رسوب را با تغییرات کاربری اراضی از مرتع و جنگل به زراعت پیش‌بینی کردند (۵ و ۱۰). بیات و همکاران با ارزیابی توان اکولوژیک حوضه ماهیدشت استان کرمانشاه از مقایسه نقشه‌های کاربری فعلی و آتی مشخص کردند در شرایط بهینه مساحت جنگل‌های منطقه از مقدار ۷ درصد کاربری فعلی به حدود ۱۲ درصد، مراتع از ۱۲ درصد به حدود ۱۵ درصد و در زراعت آبی از ۱۰ درصد به حدود ۶۰ درصد افزایش می‌یابند (۸). تاکنون مطالعات زیادی در زمینه تناسب اراضی صورت گرفته است، اما کمتر مطالعه‌ای اهمیت رعایت تناسب اراضی در فرسایش و رسوب



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی، آبراهه‌ها و ایستگاه‌های هیدرومتری و باران‌سنجی حوضه آبخیز بهشت‌آباد

۱۰/۲۵ درجه سانتی‌گراد است. از نظر زمین‌شناسی دارای دو قلمرو متفاوت زاگرس و ایران مرکزی همراه زون سنندج - سیرجان است. میانگین شیب حوضه ۲۱/۶ درصد و در این حوضه حدود ۷۵ درصد اراضی را مراتع، ۲۲/۵ درصد را انواع زراعت و ۲/۵ درصد را رخنمون سنگی و مناطق مسکونی دربرگرفته است. کشت غالب حوضه گندم، یونجه و جو است و گون گونه غالب مراتع طبیعی است. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی حوضه بهشت‌آباد را نشان می‌دهد.

مدل SWAT

مدل SWAT (Soil & Water Assessment Tool) یک مدل نیمه‌توزیعی فیزیکی است که قادر به پیش‌بینی تأثیر عملیات مدیریتی بر آب، رسوب و بیلان مواد شیمیایی کشاورزی در حوضه‌های آبخیز بزرگ و پیچیده با انواع کاربری‌ها و شرایط مدیریتی متفاوت در دوره زمانی طولانی است (۲ و ۲۴). در این

را به لحاظ کمی بررسی کرده است. حوضه بهشت‌آباد به دلیل داشتن دشت‌های وسیع، تمرکز جمعیت و بیشترین نیاز آبی، کوهستانی بودن حدود یک سوم حوضه و نرخ نسبتاً بالای فرسایش یکی از حساس‌ترین حوضه‌های استان چهارمحال و بختیاری است. هدف از مطالعه حاضر مشخص کردن اهمیت رعایت تناسب کاربری اراضی در میزان رواناب و رسوب‌دهی کاربری‌های اراضی مختلف حوضه آبخیز بهشت‌آباد است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز بهشت‌آباد با مساحت ۳۷۷۰ کیلومتر مربع در محدوده استان چهارمحال و بختیاری، در شمال و شمال شرقی حوضه آبخیز کارون شمالی بین طول‌های ۵۰°۲۳' تا ۵۱°۲۵' شرقی و عرض‌های ۳۱°۴۹' تا ۳۲°۳۴' شمالی واقع شده است. میانگین بارش سالانه ۴۱۹ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه

مدل حوضه آبخیز به واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی (Hydrological Response Unit) که به لحاظ کاربری اراضی و ویژگی‌های خاک و شیب همگن هستند، تفکیک می‌شود. برای هر HRU میزان آب، رسوب و چرخه عناصر و تلفات، تعیین و برای هر زیرحوضه متوسط وزنی محاسبه می‌شود. سپس این مقادیر در مسیر شبکه رودخانه تا محل خروجی حوضه با هم جمع و مقدار نهایی برای حوضه تعیین می‌شود (۲۷). مدل، چرخه هیدرولوژی هر HRU را با استفاده از رابطه بیلان آبی پیش‌بینی می‌کند. رواناب سطحی در این مدل با دو روش شماره منحنی سرویس حفاظت منابع طبیعی و روش گرین - امپت و تبخیر و تعرق را با استفاده از سه روش پرستلی تیلور، پنمن - مانیت و هارگریوز محاسبه می‌شود. روندیابی جریان نیز از روش ضریب ذخیره متغیر و روش ماسکینگام انجام می‌شود (۱۵ و ۱۷). فرسایش و بار رسوبی با استفاده از معادله اصلاح شده جهانی هدررفت خاک (MUSLE) برآورد می‌شود که در آن میانگین سالانه فرسایش، تابعی از انرژی باران و رواناب است. روندیابی رسوب در مدل SWAT شامل دو فرایند تجزیه و ته‌نشست (Deposition-Degradation) است که همزمان در کانال فعال هستند. این دو فرایند با استفاده از ابعاد کانال برای کل کانال توسط مدل شبیه‌سازی می‌شوند. مقدار حداکثر رسوبی که در مسیر می‌تواند منتقل شود، تابعی از مقدار حداکثر سرعت جریان است. رسوب‌گذاری در کانال و زیرحوضه‌ها بر اساس سرعت ته‌نشینی ذرات رسوب صورت می‌گیرد و سرعت ته‌نشینی براساس قانون استوکس محاسبه می‌شود (۷ و ۲۷). برای اطلاع از جزئیات بیشتر و روابط استفاده شده در مورد مدل به منبع نیتش و همکاران مراجعه شود (۲۷). برای آنالیز حساسیت، واسنجی و اعتبارسنجی مدل از نرم‌افزار swat-cup استفاده می‌شود. آنالیز حساسیت پیش از واسنجی مدل راهنمایی برای تعیین دامنه تغییرات پارامترهاست و به کاهش عدم قطعیت در نتایج مدل کمک می‌کند (۵). پیش از کالیبراسیون بر مبنای حدس و گمان با استفاده از داده‌های در دسترس، داشتن درک درست از مشخصات حوضه آبخیز و

فرایندهای هیدرولوژیکی اهمیت دارد (۳۱). بنابراین کاهش تعداد پارامترها با حذف پارامترهای کم‌تأثیر امری ضروری است (۱۷). برای انجام آنالیز حساسیت روش یک پارامتر در هر بار (OAT) استفاده شد. در این روش در هر بار اجرای مدل یک پارامتر تغییر کرده و بقیه ثابت می‌ماند و اثر آن تغییر بر تابع هدف، حساسیت پارامتر را مشخص می‌کند. به‌منظور ارزیابی کارایی مدل، از دو شاخص آماری، ضریب تبیین (R^2) و راندمان نش - ساتکلیف (NS) و p-factor و r-factor استفاده شد. ضریب تبیین بین صفر تا یک تغییر می‌کند و مقدار بهینه آن یک است. ضریب نش - ساتکلیف بین یک تا منفی بی‌نهایت تغییر می‌کند و مقدار بهینه این ضریب نیز یک است (۲۴). در برنامه ۲-Sufi یک دامنه بزرگ عدم قطعیت برای هر پارامتر فرض می‌شود. بنابراین در ابتدا داده‌های اندازه‌گیری شده در سطح ۹۵ (Prediction Uncertainty Percent) ۹۵ ppu قرار می‌گیرند و سپس این عدم قطعیت در گام‌های متوالی کاهش می‌یابد تا دو شرط زیر برقرار شود: الف) بیشتر داده‌های مشاهده‌ای در سطح ۹۵ ppu واقع شوند (p-factor) ب) فاصله متوسط بین حد بالا و حد پایین ۹۵ درصد تقسیم بر انحراف معیار داده‌های اندازه‌گیری شده تا حد ممکن کوچک شود (۱۳) (r-factor) ۱.

تهیه نقشه کاربری اراضی کنونی و نقشه تناسب کاربری اراضی
به‌منظور مدل‌سازی رواناب و رسوب با مدل SWAT، نقشه کاربری اراضی منطقه با استفاده از تصاویر سنجنده لندست ۷ و با ترکیب سه باند چهار، سه و دو (نوارهای مادون قرمز نزدیک، قرمز و سبز) در محیط نرم‌افزار ILWIS و به‌روش طبقه‌بندی نظارت‌شده، تهیه شد. سپس با توجه به نقشه‌های موجود قبلی و کنترل‌های میدانی و تصاویر Google Earth اصلاح و به‌عنوان یکی از ورودی‌های اصلی مدل استفاده شد. به‌منظور تهیه نقشه تناسب کاربری اراضی دستورالعمل‌های مختلفی مانند روش دکتر مخدوم و روش سازمان جنگل‌ها و مراتع وجود دارد اما مطالعات نشان می‌دهد روش فائو نسبت به دو روش دیگر

جدول ۱. کلاس‌های محدودیت تناسب اراضی (FAO)

کلاس محدودیت	بافت	سنگ و سنگریزه سطحی (درصد)	شیب (درصد)
۱	خیلی درشت (S)	۱۵-۳	۵-۰
۲	درشت (SL, LS)	۳۵-۱۵	۸-۵
۳	سبک (SL, L, SiL)	۷۵-۳۵	۱۲-۸
۴	متوسط (L, SL, SiL)	<۷۵	۲۵-۱۲
۵	سنگین (SiCL, SCL, CL)	-	<۲۵
۶	خیلی سنگین (C, SC, SiC)	-	-

نشان می‌دهد (۲۱).

تعیین میزان رسوب‌دهی در وضعیت کنونی و شرایط استاندارد با استفاده از مدل SWAT

پس از تهیه نقشه کاربری اراضی و تناسب اراضی، شبیه‌سازی رواناب و رسوب با مدل SWAT انجام شد. ابتدا مدل رقومی ارتفاعی (DEM) با دقت مکانی ۱۰ متر برای تفکیک زیرحوضه‌ها، به مدل معرفی شد. سپس نقشه آبراهه‌ها، پس از اصلاح روی تصاویر Google Earth به مدل خوانده شد. پس از تعیین مرز حوضه آبخیز با توجه به توپوگرافی و شبکه آبراهه‌ها برای تعیین زیرحوضه‌ها، آستانه ۷۵۰۰ هکتار در نظر گرفته شد. اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های هیدرومتری (outlet point) و چشمه‌ها (point source) به صورت جداگانه به مدل وارد و در نهایت ۳۱ زیرحوضه مجزا مرزبندی شد. پس از آن نقشه کاربری اراضی و خاکشناسی به مدل فراخوانده شد. با توجه به شیب میانه ۲۱/۳ درصد، شیب منطقه در دو کلاس طبقه‌بندی و مقادیر آستانه برای خاک، کاربری اراضی و شیب پنج درصد در نظر گرفته شد. پس از همپوشانی نقشه‌های مذکور زیرحوضه‌ها به ۷۴۹ واحد پاسخ هیدرولوژیک در کل حوضه تقسیم شدند. در نهایت داده‌های اقلیمی شامل بارش روزانه و حداقل و حداکثر دمای روزانه برای دوره ۲۵ ساله از ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۲ آمار ۱۰ ایستگاه باران‌سنجی و هواشناسی واقع در حوضه به مدل وارد شد. به دلیل کمبود اطلاعات اقلیمی طولانی‌مدت برای تابش خورشیدی، رطوبت نسبی و سرعت باد، از روش

سختگیرانه‌تر عمل می‌کند، بنابراین محدودیت کاربری اراضی ارائه شده توسط FAO (۱۹۷۹) مبنای کار قرار گرفت. با تهیه نقشه عوامل محدودکننده و ادغام آنها نقشه کاربری اراضی استاندارد تهیه شد (۱۱ و ۱۲). با توجه به اینکه براساس مطالعات خاکشناسی در حوضه کارون شمالی، اراضی حوضه بهشت‌آباد به لحاظ شوری (EC)، قلیائیت خاک (SAR) و عمق خاک محدودیتی نداشتند، تهیه نقشه تناسب اراضی تنها براساس سه عامل بافت، درصد سنگ و سنگریزه و شیب صورت گرفت. کلاس‌های محدودیت شیب و بافت و سنگ و سنگریزه اعمال شده به شرح جدول (۱) است (۱۲).

عامل تعیین‌کننده برای کشت دیم، بارندگی است. با توجه به نقشه خطوط هم‌باران منطقه، محدودیتی از این نظر به جز در محدوده کوچکی از جنوب شرقی منطقه (متوسط بارش سالانه کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر) مشاهده نشد که منطقه مذکور نیز با توجه به محدودیت شیب جزء اراضی مناسب کشت قرار نمی‌گیرد. براساس جداول استاندارد طبقه‌بندی اراضی دستورالعمل FAO، نقشه محدودیت حاصل از مرحله قبل مجدداً طبقه‌بندی شده و اراضی مناسب هر یک از کاربری‌های اصلی شامل کشاورزی آبی، دیم، مرتع و اراضی حفاظتی مشخص شد. در این مطالعه با توجه به هدف پژوهش که به حداقل رساندن میزان رسوب حاصل از فرسایش خاک است اراضی با شیب بالای ۷۰ درصد جزو مناطق حفاظتی در نظر گرفته شده است. جدول (۲) استانداردهای Mahler (۱۹۷۹) براساس پارامترهای شیب زمین، عمق خاک و منبع تأمین آب را

جدول ۲. راهنمای تهیه نقشه تناسب اراضی (Mahler, 1979)

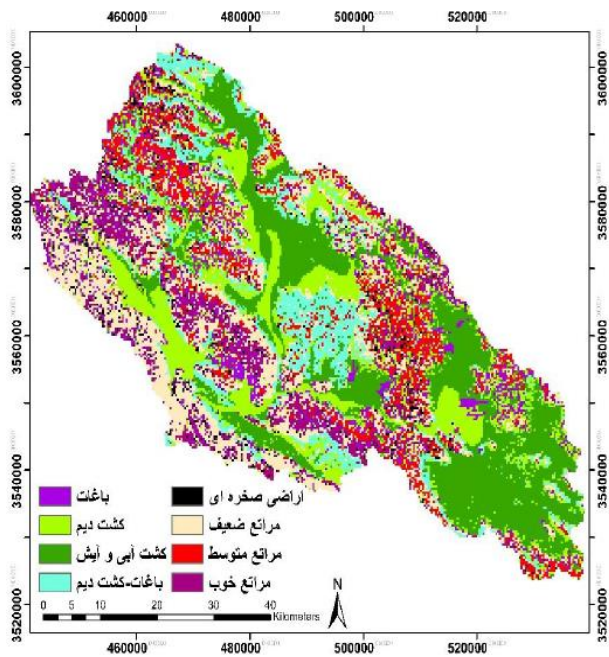
عمق خاک (سانتی‌متر)			وضعیت منابع آب	طبقه شیب (درصد)
زیاد (>۶۰)	متوسط (۳۰-۶۰)	کم (۰-۳۰)		
آبی - باغ	*	*	بدون محدودیت	
دیم - باغ	دیم - باغ	*	محدودیت متوسط	۵-۰
دیم	دیم	*	فاقد آب آبیاری	
آبی - باغ	*	*	بدون محدودیت	
دیم - باغ	*	*	محدودیت متوسط	۸-۵
دیم	دیم	*	فاقد آب آبیاری	
*	*	*	بدون محدودیت	
دیم - باغ	دیم - باغ	*	محدودیت متوسط	۱۲-۸
دیم	دیم، دیم - بادام‌کاری	*	فاقد آب آبیاری	
*	*	*	بدون محدودیت	
دیم، دیم - بادام‌کاری	دیم - باغ	*	محدودیت متوسط	۲۵-۱۲
	دیم، دیم - بادام‌کاری	مرتع	فاقد آب آبیاری	
مرتع	*	*	بدون محدودیت	
مرتع	*	*	محدودیت متوسط	۲۵<
مرتع	مرتع	مرتع	فاقد آب آبیاری	

با استفاده از پارامترهای حساس بهینه در مرحله اعتبارسنجی و واسنجی در وضعیت کنونی، در SWAT-CUP با یک مرتبه تکرار کالیبره و نتایج برای شرایط استاندارد از خروجی مدل برای هر کاربری خوانده شد. در این مطالعه محدودیت عدم تغییر کاربری اراضی ملی برای توسعه اراضی در نظر گرفته نشده است. فرض بر این است که وسعت کاربری‌های مختلف به میزان تعیین شده در نقشه تناسب اراضی قابل تغییرند.

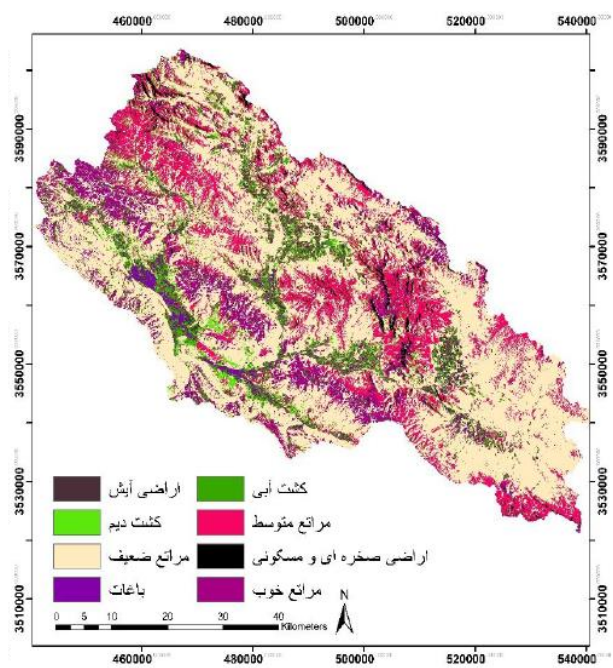
نتایج

نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز بهشت‌آباد با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۷ با ضریب کاپا ۸۱ درصد و صحت کلی ۹۳/۴۴ درصد تهیه شده است شکل (۲). نقشه تناسب اراضی حوضه آبخیز بهشت‌آباد براساس روش فائو تهیه شد شکل (۳).

هارگریوز - سامانی برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل استفاده شد. برای شبیه‌سازی رواناب و رسوب یک دوره ۱۵ ساله (۱۹۹۷-۲۰۱۲) در نظر گرفته شد و داده‌های سه سال اول برای آموزش (Warm up) مدل استفاده و مدل اجرا شد. در محاسبه رواناب از روش شماره منحنی و در روندیابی کانال از روش ماسکینگام استفاده شد. پس از ساخت مدل پارامترهای حساس مدل بر جریان آبراهه و رسوب، توسط آنالیز حساسیت شناسایی شدند. مدل به کمک نرم‌افزار SWAT-CUP و الگوریتم بهینه‌سازی SUFI-۲، با استفاده از همه پارامترهای حساس شناسایی شده در آنالیز حساسیت برای سال‌های ۲۰۰۴-۲۰۰۰ واسنجی و برای سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۰۴ اعتبارسنجی شد. برای تعیین میزان تولید رواناب و رسوب هر کاربری در وضعیت رعایت استاندارد اراضی، در مرحله معرفی نقشه کاربری اراضی به مدل نقشه تناسب اراضی تهیه شده به مدل معرفی شد و مدل



شکل ۳. نقشه تناسب کاربری اراضی



شکل ۲. نقشه کاربری اراضی در وضعیت کنونی

جدول ۳. مساحت و درصد کاربری‌های اراضی حوزه آبخیز بهشت‌آباد در وضعیت کنونی و وضعیت استاندارد

وضعیت استاندارد		وضعیت کنونی		کاربری
درصد	مساحت (هکتار)	درصد	مساحت (هکتار)	
۲۴	۹۰۳۰۰	۱۵/۱	۵۷۰۰۰	اراضی کشت آبی و آیش آبی
۱۶/۳	۶۱۵۴۰	۴/۹	۱۸۵۰۰	اراضی کشت دیم
۱۰/۲	۳۸۳۵۰	-	-	اراضی کشت دیم- باغ
۵/۷	۲۱۳۱۰	۲/۵	۹۵۰۰	باغ
۱۱/۵	۴۳۳۰۰	۱۰/۱	۳۸۰۰۰	مراتع خوب (بالادست)
۱۱/۷	۴۴۲۰۰	۱۵/۹	۶۰۰۰۰	مراتع متوسط (میان بند)
۱۹/۴	۷۳۰۰۰	۵۰/۱	۱۸۹۰۰۰	مراتع ضعیف (پایین دست)

کشت دیم در نظر گرفته شد. از ۵۰ پارامتر مورد بررسی، ۱۷ پارامتر بر رواناب و ۶ پارامتر برای رسوب به‌عنوان متغیرهای مؤثر بر شبیه‌سازی جریان و رسوب در حوضه بهشت‌آباد شناسایی شدند (۱۴).

جدول (۴) نتایج حاصل اعتبارسنجی و واسنجی مدل را برای حوضه در دو حالت وضعیت کنونی و رعایت تناسب کاربری اراضی نشان می‌دهد. نتایج شبیه‌سازی تولید رواناب و رسوب در

جدول (۳) مساحت کاربری‌های مختلف اراضی را در وضعیت کنونی و بعد از استانداردسازی کاربری اراضی نشان می‌دهد. در این مطالعه بخشی از اراضی که در وضعیت کنونی تحت کاربری مرتع قرار دارند با هر دو نوع کاربری باغ و کشت دیم متناسب است که در شبیه‌سازی رواناب و رسوب با استفاده از نقشه تناسب اراضی و با توجه به درآمد بیشتر باغ و محدودیت منابع آب، پنجاه درصد برای کاربری باغ و پنجاه درصد برای

جدول ۴. نتایج کالیبراسیون مدل SWAT

اعتبار سنجی (validation)				واسنجی (calibration)			
NS	R ²	p-factor	r-factor	NS	R ²	p-factor	r-factor
۰/۶۸	۰/۸۶	۰/۷۷	۰/۵۳	۰/۷۳	۰/۷۹	۰/۶۴	۰/۴۸
۰/۶۶	۰/۸	-	-	۰/۷۲	۰/۷۳	-	-

جدول ۵. نتایج شبیه‌سازی تولید رواناب و رسوب در شرایط فعلی و رعایت استاندارد کاربری اراضی در حوضه آبخیز بهشت‌آباد

وضعیت کنونی		وضعیت استاندارد		درصد تغییرات		کاربری
رواناب	رسوب	رواناب	رسوب	رواناب	رسوب	
(میلی‌متر / سال)	(تن / هکتار / سال)	(میلی‌متر / سال)	(تن / هکتار / سال)	(میلی‌متر / سال)	(تن / هکتار / سال)	
۱۱۰	۷/۱	۵۷/۵	۲/۷	-۴۷/۷	-۶۲	کشت آبی
۱۹۰	۲۴/۵	۹۰/۵	۸/۱	-۵۲	-۷۰	کشت دیم
۸۰	۱/۶۳	۸۶/۶	۴/۹	+۸/۲۵	+۲۰۰	باغ
۱۳۰	۱۸/۲	۱۱۰	۱۳/۵	-۱۵/۴	-۲۶	مراعات بالادست
۸۹/۸	۳/۴	۸۳/۵	۲/۴	-۷	-۲۹/۵	مراعات میان‌بند
۸۵	۸/۹	۸۷	۳/۵	-۲/۴	-۶۰	مراعات پایین‌دست
۹۹/۴	۱۰/۷	۸۲/۸	۷/۸	-	-	میانگین

حالت کنونی و تناسب اراضی در جدول (۵) مقایسه شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از مطالعه حاضر برآورد میزان رواناب و رسوب تولیدی در کاربری‌های مختلف اراضی حوضه بهشت‌آباد در حالت کنونی و مقایسه آن با شرایطی است که کاربری اراضی متناسب بر مبنای استعداد و ظرفیت زمین انتخاب شود. به این منظور از مدل SWAT در دو حالت استفاده شد. در حالت اول شرایط موجود منطقه بر اساس نقشه کاربری اراضی فعلی به مدل داده شد. نتایج بیانگر این است که در وضعیت موجود میزان رواناب تولید شده در کل حوضه به‌طور متوسط ۹۹/۴ میلی‌متر و مقدار رسوب تولیدی نیز ۱۰/۷ تن در هکتار است. در وضعیت کنونی بیشترین میزان رسوب‌دهی و رواناب متعلق به کاربری‌های کشت دیم با تولید رسوب سالانه ۲۴/۵ تن در هکتار و رواناب سالانه ۱۹۰ میلی‌متر و مراعات بالادست با تولید رسوب سالانه

۱۸/۵ تن در هکتار و رواناب سالانه ۱۳۰ میلی‌متر است. دیم‌زارهای موجود در منطقه در شیب نامناسب و زیاد واقع شده‌اند؛ ضمن اینکه در جهت شیب شخم زده می‌شوند و همین عامل سبب تولید رواناب زیاد و فرسایش شدید خاک در این کاربری شده است. مراعات بالادست حوضه بهشت‌آباد با داشتن شیب زیاد و واقع شدن در ارتفاعات بالا، شرایط نسبتاً حساس و شکننده‌ای دارند. اما متأسفانه شرایط اقتصادی و اجتماعی بهره‌برداران سبب شده است، چرای مفرط به‌علت خوش‌خوراکی علوفه و ضعیف شدن مراعات پایین‌دست صورت بگیرد. بهره‌برداری بیش از حد از مراعاتی که در چنین شرایطی واقع هستند، سبب شده است میزان تولید رواناب و رسوب در آن نسبتاً زیاد باشد. در نتیجه نتایج نشان می‌دهد کمترین میزان تولید رواناب و رسوب متعلق به کاربری باغ و به‌ترتیب ۸۰ میلی‌متر و ۱/۶۳ تن در هکتار در سال است. استفاده از اراضی به‌شکل باغ به‌دلیل اصلاح شیب به‌صورت سکوبندی، ایجاد

پوشش دائمی روی زمین و دستکاری کمتر خاک نسبت به عملیات زارعی، رواناب و رسوب کمتری تولید می‌کند. کاربری غالب حوضه آبخیز بهشت‌آباد در حال حاضر مرتع است. بیش از ۲۷۸۰۰۰ هکتار از اراضی این حوضه با داشتن کاربری مرتع به‌عنوان اراضی ملی شناخته می‌شوند و دخل و تصرف در آنها نیاز به کسب مجوزهای قانونی تغییرات کاربری اراضی و واگذاری زمین دارد. بنابراین تعیین تناسب اراضی در این مطالعه به این معنی است که درنهایت امکان این تغییرات مهیا باشد یا براساس مطالعات جامع‌تری به‌منظور توسعه، تصمیم به اصلاح کاربری اراضی باشد، نقشه تناسب اراضی حاصل می‌تواند به‌عنوان مبنا استفاده شود. چرا که تغییرات کاربری اراضی لاجرم رخ داده است اما به‌دلیل اینکه بر مبنای علمی استوار نبوده است منجر به تخریب اراضی شده است که نتایج آن در مقدار زیاد رواناب و رسوب حاصل از کاربری دیم و زراعت آبی به چشم می‌خورد. در این مطالعه ضمن مقایسه سه روش استاندارد فائو، روش مخدوم و روش سازمان جنگل‌ها و مراتع، به‌منظور تعیین استاندارد قابلیت اراضی از روش فائو استفاده شد. نتایج شبیه‌سازی رواناب و رسوب حوضه بهشت‌آباد با نقشه استاندارد کاربری اراضی نشان می‌دهد میزان رواناب و رسوب در بیشتر کاربری‌های اراضی، به‌ویژه کشت دیم به‌میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. به‌طور کلی رعایت تناسب اراضی سبب کاهش میانگین رواناب از ۹۹/۴ به ۸۲/۸ میلی‌متر در سال و نرخ رسوب حوضه از ۱۰/۷ به ۷/۸ تن در هکتار سال می‌شود که البته درصد این کاهش در کاربری‌های کشت دیم و کشت آبی بسیار بیشتر است. داودی‌راد و همکاران، جعفری و همکاران و نیک‌کامی و همکاران در مطالعات مشابه به این نتیجه رسیدند که با بهینه‌سازی مساحت کاربری اراضی پس از استانداردسازی اراضی میزان رسوب‌دهی کاربری‌های مختلف به‌میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد (۹، ۱۸ و ۲۵). براساس طبقه‌بندی ماہلر امکان توسعه باغات در اراضی تا شیب ۲۵ درصد وجود دارد که با وجود افزایش میزان رواناب و رسوب در صورت توسعه باغات تا این حد همچنان میزان رسوب‌دهی در محدوده مجاز

فرسایش باقی خواهد ماند. در ارزیابی تناسب اراضی تنها معرفی یک شکل از انواع کاربری به‌عنوان بهترین نوع کاربری الزامی نیست، چرا که بسته به هدف، شرایط اجتماعی و اقتصادی و پیامدهای محیط زیستی ممکن است نوعی استفاده با تناسب کمتر پیشنهاد شود (۲۹). با توجه به اینکه قوانین کشور اجازه تغییر کاربری اراضی ملی را نمی‌دهد نمی‌توان گفت که مراتع را به باغ یا کشت دیم تبدیل کرد اما نتایج مطالعه نشان می‌دهد در صورت لزوم درنهایت این تغییرات کاربری با رعایت تناسب کاربری اراضی صورت پذیرد، میزان تولید رواناب و رسوب در حوضه کاهش خواهد یافت. ضمن اینکه بخش وسیعی از حوضه را مراتع فقیر پوشانده‌اند که تولید علوفه و در نتیجه بهره اقتصادی کمی دارند. براساس مطالعه حاضر نقشه تناسب اراضی نشان می‌دهد مراتع فقیر قابلیت تبدیل به زراعت را در صورت مهیا بودن سایر شرایط دارا هستند و مراتع متوسط و خوب که در میان‌بند و بالادست حوضه واقع شده‌اند تقریباً دست‌نخورده باقی می‌مانند. مطالعات بیات و همکاران در حوضه ماهیدشت نشان داد توسعه شهری و کشاورزی در این حوضه قابل افزایش است (۸). با این وجود برخی پژوهشگران نیز تأکید کرده‌اند کاربری‌های مرتع و جنگل تولید رواناب و رسوب کمتری دارند و تغییر کاربری آنها به‌صورت کشاورزی سبب افزایش در تولید رواناب و رسوب و کاهش کیفیت آب خواهد شد (۴ و ۶). نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل تناسب اراضی ارائه شده در اینجا نه‌تنها نمایانگر استفاده بهتر از زمین است که می‌تواند در هر بخش از منطقه مورد مطالعه صورت پذیرد، بلکه به‌عنوان راهنمای مدیران حوضه آبخیز در انتخاب عملیات حفاظتی مناسب می‌تواند استفاده شود. علاوه بر این، نقشه تناسب اراضی تولید شده در این مطالعه را می‌توان به‌عنوان یک اقدام اضافی برای پهنه‌بندی زمین مفید دانست که معمولاً برای برنامه‌ریزی استفاده از زمین در مقیاس بزرگ نیاز است. بررسی منابع نشان می‌دهد بیشتر مطالعات تناسب اراضی به‌منظور ارزیابی کمی و کیفی و اقتصادی اراضی برای محصولات کشاورزی استراتژیک به‌ویژه

گندم انجام شده و مطالعات چندانی روی اهمیت رعایت استاندارد کاربری‌های اراضی به‌منظور کاهش فرسایش صورت نگرفته است. این درحالی است که میزان خسارت فرسایش در صورت عدم رعایت تناسب اراضی ممکن است حتی بسیار بیشتر از درآمد خالص از یک کاربری خاص باشد بنابراین توصیه می‌شود در مطالعات آتی به این مبحث بیشتر پرداخته شود.

منابع مورد استفاده

1. Abbaspour, K. C. 2015. User manual for SWAT-CUP (SWAT Calibration and Uncertainty Programs), swiss federal institute of aquatic science and technology, Ewage. Dubendorf. Switzerland. 100p
2. Alemu, W. G., T. Amare, B. Yitaferu, Y. G. Selassie, B. Wolfgramm and H. Hurni. 2013. Impacts of soil and water conservation on land suitability to crops: the case of anjeni watershed, Northwest Ethiopia. *Journal of Agricultural Science* 5(2): 95-109
3. Alibuyog, N. R., V. B. Ella, M. R. Reyes, R. Srinivasan, C. Heatwole and T. Dillaha. 2009. predicting the effects of land use change on runoff and sediment yield in manupali river subwatersheds using the swat model. *International Agricultural Engineering Journal* 18(1-2): 15-25.
4. Amler, B., D. Betke Eger, H. Ehrich Chr, U. Hoesle, A. Kohler, C. Küsel, A. V. Lossau, W. Lutz, U. Müller, T. Schwedersky, S. Seidemann, M. Siebert, A. Trux and W. Zimmermann. 1999. Land Use Planning Methods, Strategies and Tools, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH P.O. Box 5180, 65726 Eschborn, Germany.
5. Anaba, L. A., N. Banadda, N. Kiggundu, J. Wanyama, B. Engel and D. Moriasi. 2017. Application of SWAT to assess the effects of land use change in the murchison bay catchment in Uganda, *Computational Water, Energy, and Environmental Engineering* 6: 24-40.
6. Arnold, J. G., R. Srinivasan, R. S. Muttiah and J. R. Williams. 1998. Large area hydrological modeling assessment. *Journal of the American Water Resources Association* 34(1): 73-89
7. Baja, S., Nurmiaty, U., and Arif, S., . 2014. GIS-based soil erosion modeling for assessing land suitability in the urban watershed of tallo river, south sulawesi, Indonesia. *Modern Applied Science* 8(4): 50-60.
8. Bayat, B., A. Motkan, B. Rahmani and B. Arabi. 2011. Comprehensive land use planning and land planning in urban watersheds using gis - case study : mahidasht watershed. *Journal f Management System* 14(13): 119-135.
9. Davoodirad, A., D. Nikkami and M. Mardian. 2013. Land use optimization using two-objective linear programing model in Adineh Masjed Shazand watershed. *Journal of Watershed Engineering and Management* 5(1): 17-24.
10. Deng, Z., X. Zhang and D. L. Guoyan Pan. 2014. Simulation of land use/land cover change and its effects on the hydrological characteristics of the upper reaches of the Hanjiang Basin. *Environ Earth Science* 73 :1119-1128.
11. FAO. 1976. A framework for land evalouation. FAO land bulletin. 32 : ROME.
12. FAO. 1993. Guidelines for land use planning. FAO Development Series 1. Rome, Italy.
13. Faramarzi, M., K. C. Abbaspour, R. Schulin and H. Yang. 2009. Modelling blue and green water resources availability in Iran. *Hydrological Processes* 23: 486-501.
14. Gebel, M., M. Uhlig, S. Halbfass, R. Meissner and S. Duan. 2014. Predicting erosion and sediment yield in a mesoscale basin in the semiarid monsoon region Miyun/China. *Ecological Processes* 3(5): 2-11
15. Hosseini, M. 2014. Water balance simulation in Ghare-Sou Watershed, Kermanshah, using the SWAT model. *Journal of Watershed Engineering and Management* 6(1): 63-73.
16. Houshmand Kouchi, D., K. Esmaili, A. Faridhosseini, S. A. Sanaeinejad, D. Khalili and K. C. Abbaspour. 2017. Sensitivity of calibrated parameters and water resource estimates on different objective functions and optimization algorithms. *Water* 9(2): 384-400.
17. Imamoglu, A., I. D. Turan, O. Dengiz and F. Saygin. 2014. Soil erosion risk evaluation : application of corine methodology at engiz watershed, samsun. *Current Advances in Environmental Science (CAES)* 2(1): 15-21.
18. Jafari, A., D. Nikkami, E. Abbasi and F. Tavakoli Rad. 2013, Investigating land use schema in Sana Dam Watershed in Bushehr Province. *Journal of Watershed Engineering and Managemen* 5(3) : 155-164.
19. Kamaludin, H., T. Lihan, Z. Ali Rahman, M. A. Mustapha, W. M. R. Idris and S. A. Rahim. 2013. Integration of remote sensing, RUSLE and GIS to model potential soil loss and sediment yield (SY). *Hydrology and Earth System Sciences* 10: 4567-4596.
20. Keshavarzi, A., F. Sarmadian and A. Ahmadi. 2011. Spatially-based model of land suitability analysis using Block Kriging. *Australian Journal of Crop Science* 5 :1533-1541.

21. Mahler, P. J. 1979. Manual of Land Classification for Irrigation (Third Revised Edition). Soil Instituted of Iran.
22. Manguerra H. B. and B. A. Engel. 1998. Hydrologic Parameterization of Watersheds for runoff prediction using SWAT. *The American Water Resources Association* 34(5): 1149-1162.
23. Naserabadi, F., A. Esmali Ouri, H. Akbari and R. Rostamian. 2016. River flow simulation using SWAT model (case study: Ghareh Su River in Ardabil Province-Iran). *Journal of Watershed Management Research* 7(13): 50-59.
24. Neitsch, S. L., J. G. Arnold, J. R. Kiniry, J. R. Srinivasan and J. R. Williams. 2011. Soil and Water Assessment Tool, Teorical Documentation, Version 2009, Grassland, Soil and Water Labratoary, Agricultural Research Service Blackland Research Center, Texas Agrilife University.
25. Nikkami, D., H. Chamheydar, M. H. Mahdian and E. Pazira. 2012. Land use management optimization for Abolabbas Watershed resources conservation, *Journal of Watershed Engineering and Management* 4(1): 51-62.
26. Nouri, H., A. Ildoromi, M. Naderi, S. Aghabeigi Amin and H. Zeinivand. 2018. Comparison of land use and climate change impacts on runoff in a small mountainous catchment (case study : garin dam catchment). *Journal of Physical Geography Research* 50(14): 775-790.
27. Prakash, T. N. 2003. Land Suitability Analysis for Agricultural Crops : A Fuzzy Multicriteria Decision Making Approach. MSc. Thesis. International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation, Netherlands.
28. Rouhani, H., P. Willems and J. Feyen. 2007. Analysis of parameter sensitivity and uncertainty of the SWAT hydrological model. *Hydrological Science and Technology* 23 : 191-2002.
29. Shahrokh, V. and S. Ayoubi. 2014. Land suitability evaluation using analytical hierarchy process technique in Zarrinshahr and Mobarakeh (Isfahan). *Journal of Agricultural Engineering* 37(1): 77-92.
30. Shakeri, S. and A. Moameni. 2011. Land suitability classification for sustainable use in Aq qaleh area. *Journal of Human and Environment* 9(16): 21-31.
31. Sieber, A., T. Kuemmerle, A. V. Prishchepov, J. Kelly, M. Baumann, C. R. Volker and M. B. Leonid. 2013. Landsat-based mapping of post-Soviet land use change to assess the effectiveness of the Oksky and Mordovsky protected areas in European Russia. *Article Remote Sensing of Environment* 133: 38-51.
32. Sokoti, S. 2000. Land Suitability Assessment Tool for Sustainable Land Management, *In: Proceeding of the National Conference on Land Management - Soil Erosion and Sustainable Development, Natural Resources and Livestock Research Center of Markazi Province, Soil Conservation and Watershed Management Research Center, Arak.* Pp: 28-34
33. Sun, X. F., T. X. Yue and Z. M. Fan. 2012. Scenarios of changes in the spatial pattern of landuse in China *Procedia Environmental Sciences* 13 : 590-597.
34. Sys, C., E. Van Ranst and J. Debaveye. 1993. Land evaluation part III, crop requirements. Agricultural Publication No. 7.: General Administration for Development Cooperation, Brussels, Belgium.
35. Taleai, M., H. Soleimani and M. Farajzadeh asl. 2014. Land suitability evaluation for cultivation of wheat, based on the FAO model and fuzzy-AHP-OWA technique in GIS environment (case study : Miyaneh County). *Journal of Water and Soil* 28(1): 139-156.
36. Toy, T. J., Foster. G. R. and Renard. K. G . 2002. Soil Erosion: Processes, Prediction, Measurement, and Control. Technology and Engineering , WIELY Publication.
37. Wang, Q., J. Liu, Y. Wang, J. Guan, Q. Liu and D. Lv. 2012. Land use effects on soil quality along a native wetland to cropland chronosequence. *Journal of Soil Biology* 53: 114-120.
38. Ziaie. D., R. Zare Bidaki and A. Besalatpour. 2020. Comparing surface runoff and sediment yield of different land uses in beheshtabad watershed using SWAT. *Journal of Range and Watershed Management* (under publishment).

The Importance of Land Use Suitability for Runoff and Sediment Production in Beheshtabad Basin, Chaharmahal and Bakhtiari Province

D. Ziaei^{1*}, R. Zare Bidaki¹, A. A. Besalatpour² and A. Malekian³

(Received: July 2-2017; Accepted: August 18-2018)

Abstract

To preserve soil as a productive resource, a balance between natural capability and utilization must be established to achieve through land suitability evaluation. The aim of this study was to compare the run-off and deposition of different land uses of Beheshtabad watershed in the current situation and in compliance with standardized land use fitted situation. For this purpose, land use map in its current state was provided using Landsat 7 images and land use suitability map was obtained by FAO (1979) instructions. SWAT model was then applied to simulate runoff and sediment yield by using these land use maps. To do this, the curve number method was used for calculating the runoff, the Muskingam was applied for channel routing, and Hrgrove-samani was employed for potansial evapotranspiration. The results confirmed that considering suitability in using lands in Beheshtabad watershed caused the reduction of the average runoff from 99.4 mm/yr to 82.8 mm/yr (17%) and sediment rate of 10.7 to 7.8 t/ha. yr (27%). Also, the reduction percentage in some land uses, such as dry, irrigated cropland and downstream ranges, was much more.

Keywords: Erosion, FAO, Land suitability, Runoff, SWAT

1. Range and Watershed Management Department, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

2. Resources Management Institute, Berlin, Germany

3. Department of Watershed Science and Management, University of Tehran, Karaj, Iran.

*: Corresponding Author, Email: D_ziaei@yahoo.com