تحلیل اثرات عملیات آبخیزداری بر خصوصیات هیدروژئومورفولوژی حوضه آبریز عنبران‌چای با استفاده از مدل نیمه توزیعی SWAT

علی احمدآبادی[1]*، طیبه کیانی[2]، پرستو غفورپورعنبران[3]

۱. استاد، ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی
۲. استادیار، ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی
۳. دانش‌آموخته، کارشناسی‌ارشد، ژئومورفولوژی دانشگاه خوارزمی

دریافت:۹۵/۱/۳۱ پذیرش:۹۵/۱۲/۱۵

چکیده

انجام عملیات آبخیزداری مناسب‌ترین گزینه جهت کنترل سیلاب با توجه به شرایط و استعداد حوضه آبریز است که تأثیرات مختلفی را در عوامل هیدرولوژیکی اعم از میزان تولید رواناب سطحی، میزان رسوب ویژه و میزان نفوذپذیری در حوضه آبریز دارد. هدف تحقیق حاضر شبیه‌سازی و برآورد تغییرات میزان تولید رواناب سطحی، میزان رسوب ویژه و میزان نفوذپذیری با استفاده از مدل نیمه توزیعی SWAT در دو مقطع قبل و بعد از عملیات آبخیزداری در حوضه آبریز عنبران‌چای است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد میزان رسوب ویژه در قسمت بالادست پیش از عملیات ۲۲/۱۴ تن در هکتار بوده و پس از عملیات، مقدار رسوب به میزان ۱/۸۴ تن در هکتار کاهش یافته است، همچنین نتایج نشان داد میانگین CN ۷۵/۶۸ پیش از عملیات به ۶۱/۲۴ در حال حاضر تغییر کرده است که در نتیجه آن افزایش در نفوذپذیری و جریان‌های زیرقشری مشاهده می‌شود. قابل ذکر است میزان تبخیر و تعرق پتانسیل برای حوضه آبریز عنبران‌چای ۱۵۷/۴ میلی متر برآورد شده است. تغییرات در چرخه هیدرولوژی حوضه بیشترین تأثیرات را در بخش دشت رسوبی منطقه به جای گذاشته است. به‌نظر می‌رسد مدل SWAT به خوبی توانسته فرایندهای چرخه هیدرولوژی را شبیه‌سازی نماید و اطلاعات ارزشمندی برای مطالعات ژئومورفولوژی ارائه نماید.

واژگان کلیدی: حوضه آبریز عنبران‌چای، شماره منحنی CN، عملیات آبخیزداری، مدل نیمه توزیعی SWAT، واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی (HRU).

---

* نویسنده ی مسئول مقاله: **ahmadabadi@khu.ac.ir**

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-11-27]

مقدمه

اندازه‌گیری رواناب ورسوب به دلیل محدودیت‌های مالی و زمانی و شرایط سخت فیزیکی همواره دشوار بوده است. به منظور مقابله با این مشکلات استفاده از مدل‌ها ضروری می‌نماید. همچنین بیشتر آبخیزهای کشور ما به ویژه آبخیزهای کوهستانی و صعب‌العبور فاقد ایستگاه‌های اندازه‌گیری به میزان مورد نیاز است. از آن‌جا که از آمار و اطلاعات این ایستگاه‌ها در بخش‌های مختلف مدیریت آبخیز استفاده می‌شود شبیه‌سازی پدیده‌های هیدرولوژیکی آبخیزها راه حل بهینه‌ای برای این فقدان است. (عارفی اصل و همکاران، ۱۳۹۲:۴۳۴).

مدل‌های زیادی برای شرح و پیش‌بینی هیدرولوژی آبخیز پیشنهاد شده که از نظر اهداف و مقیاس زمانی و مکانی بسیار متفاوت است. شرایط فیزیکی و حوضه آبریز عنبران‌چای واقع در استان اردبیل مانند کوهستانی و پر شیب بودن و اراضی سنگلاخی و بیرون‌زدگی سنگی به صورت پراکنده در داخل حوضه، زمینه را برای ایجاد سیل و تخریب خاک فراهم می‌کند. برای کاهش خطرها و خسارات ناشی از این امر و انجام دادن اقدامات مدیریتی مناسب، برآورد رواناب و رسوب و پیش‌بینی شرایط آینده در این آبخیز امری ضروری و لازم است.

با توجه به مسائلی که مطرح شد مدل SWAT[1] یکی از مدل‌هایی است که در زمینه‌های مختلف هیدرولوژی و مدیریت آبخیز می‌توان از آن استفاده کرد. محققان در کشورهای مختلف از مدل SWAT در زمینه‌های مختلف استفاده کرده‌اند از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

(عباس‌پور و همکاران، ۲۰۰۷) با استفاده از مدل SAWT اقدام به شبیه‌سازی تمام پروسه‌های مؤثر بر کمیت آب، رسوب و بارهای مواد مغذی در حوضه تور واقع در شمال شرق کشور سوئیس نمودند. (میشرا[2] و همکاران، ۲۰۰۷) از مدل SWAT جهت ارزیابی ساختارهای کنترل رسوب در حوضه های آبخیز کوچک مقیاس در هند استفاده کرند. برآورد مدل نشان داد که رسوب از دست رفته از حوضه‌ها می‌تواند به بیش از ٪۶۴ توسط سدهای کنترلی قابل قبول به عنوان یک مانع رسوب را در حوضه موردنظر کاهش داده است. (فرامرزی[3] و همکاران، ۲۰۰۹) با این دیدگاه که منابع تجدید آب در ایران از مهم‌ترین اطلاعات در برنامه‌ریزی‌های بلندمدت ملی است از مدل swat به همراه برنامه SUFI-2 برای واسنجی و اعتبارسنجی مدل هیدرولوژیکی ایران براساس دبی رودخانه‌ها و عملکرد گندم با در نظر گرفتن فعالیت‌های

1. Soil and Water Assessment Tool
2. Mishra
3. Faramarzi

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-11-27]

سدهای بزرگ و شیوه‌های آبیاری استفاده کردند. (ریچناوسکی[1] و همکاران، ۲۰۱۰) از مدل swat جهت شبیه‌سازی رسوب انتقال‌یافته در حوضه آبخیز رودخانه استراویس[2] استفاده کردند. که هدف اصلی نشان دادن توانایی اساسی مدل به عنوان ابزاری جهت آنالیز فرسایش خاک و رسوب انتقال‌یافته در حوضه آبخیز است. (ملونجکال[3] و همکاران، ۲۰۱۵) با استفاده از مدل Swat رواناب سطحی را برای حوضه آبخیز ماهشگاکل[4] شبیه‌سازی کرد. که این مطالعه نشان داد که swat یک مدل دقیق برای شبیه‌سازی رواناب سطحی در حوضه‌های کوچک است.

(شایگان و همکاران، ۱۳۹۰) جهت شبیه‌سازی هیدرولوژیک از مدل نیمه‌توزیعی- فیزیکی swat در حوضه طالقان با انواع خاک و کاربری‌های مختلف استفاده کردند. بدین منظور داده‌های آب و هواشناسی و کاربری ارضی و مدل رقومی ارتفاعی منطقه مطابق با استانداردهای مدل تهیه شد و برای تحلیل حساسیت پارامترهای مدل و همچنین واسنجی و اعتبارسنجی مورد استفاده قرار گرفت. در مجموع نتایج تحقیق حاکی از آن است که مدل قابلیت بالایی برای پیش‌بینی دبی جریان ماهانه حوضه طالقان دارد. (عارفی‌اصل و همکاران، ۱۳۹۲) جهت برآورد دبی متوسط روزانه و غلظت رسوب از مدل swat در آبخیز چهل چای استان گلستان استفاده کردند. نتایج حاکی از این است که مدل swat مدل مدیریتی است که در حوضه موردنظر کارایی مقبولی داشته و پیشنهاد شده که در بررسی اثر اقدامات مدیریتی در آبخیز چهل چای از آن استفاده شود.

(عثمانی و همکاران، ۱۳۹۲) کارایی مدل ارزیابی آب و خاک (SWAT) و قابلیت استفاده از آن را به عنوان شبیه ساز جریان در حوضه بالادست سد لتیان تهران مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان‌دهنده این است که ضریب آلفای آب زیر زمینی، ضریب تأخیر رواناب و چگالی ظاهری خاک به عنوان حساس‌ترین پارامترها در میزان دبی خروجی شناخته شدند. در نهایت با توجه به ارزیابی عملکرد مدل شبیه‌سازی جریان در حوضه مورد مطالعه با توجه به کوهستانی بودن منطقه توصیه می‌شود. (ولی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۲) از مدل مفهومی و نیمه‌توزیعی SWAT برای برآورد رطوبت خاک حوضه آبخیز نومل مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داده که مقدار r-factor در بیشتر زیر حوضه‌ها از ۱ و در کل حوضه ۱/۰۱ و مقدار p-factor در زیر حوضه‌ها بین ٪۵۵-٪۹۹ و در کل حوضه ٪۹۰ بودند. براساس این نتایج

1. Richnavsky
2. Ostravice River
3. Malunjkal
4. Maheshgacl

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-11-27]

می‌توان از مدل SAWT به عنوان ابزاری برای تخمین رطوبت خاک در مطالعات مربوط به آب و کشاورزی استفاده کرد. (دولت‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۲) از مدل SAWT برای شبیه‌سازی هیدرولوژیکی حوضه فیروزآباد واقع در استان فارس استفاده کردند. توانایی مدل SWAT در شبیه‌سازی رواناب حوضه به کمک پارامترهای p-factor وd-factor ضریب نش ساتکلیف و ضریب تعیین و تابع هدف مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشان داده است که مدل SAWT ابزار مناسبی در رابطه با شبیه‌سازی شدت جریان رودخانه است.

بنابراین در این پژوهش سعی شده تا پارامترهای هیدرولوژیکی مانند میزان رواناب، میزان رسوب و فرسایش، تبخیر و تعرق و میزان نفوذپذیری از طریق مدل فیزیکی و نیمه توزیعی SAWT (مدل ارزیابی آب و خاک) با در نظر گرفتن عملیات آبخیزداری اجرا شده در حوضه آبریز عنبران‌چای در دو مقطع پیش و پس از اجرای عملیات آبخیزداری شبیه‌سازی و برآورد شود. درنهایت تأثیر تغییرات عوامل هیدرولوژیکی بر خصوصیات هیدروژئومورفولوژیکی دشت رسوبی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۱. داده ها و روش

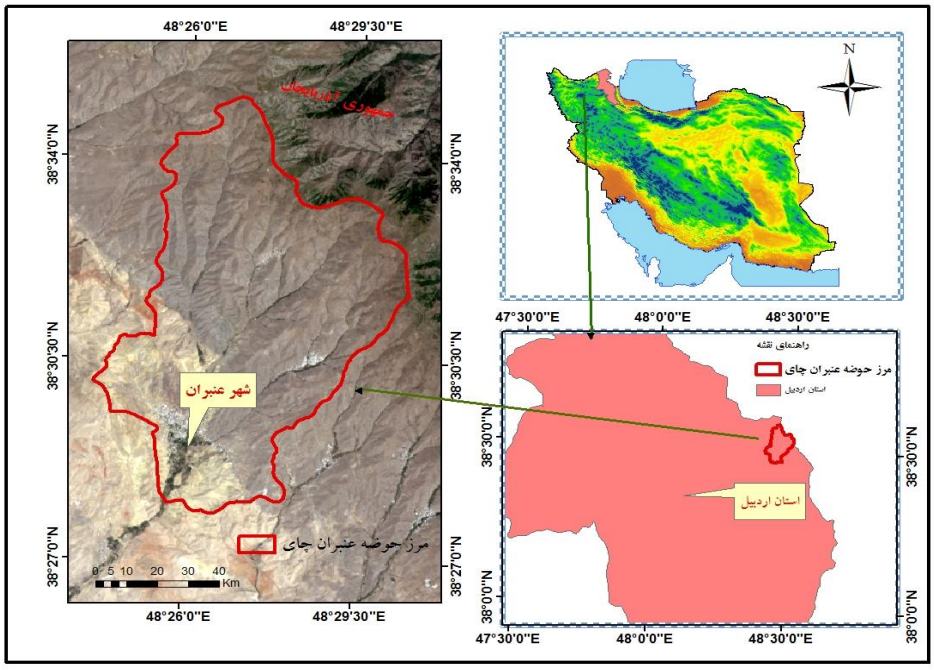
۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز عنبران دارای مساحتی معادل ۶۷/۸۰ کیلومتر مربع که در مختصات طول جغرافیایی ۲۴ ,°۴۸ الی ′۳۰ ,°۴۸ و عرض جغرافیایی ۳۸ ,°۲۸ الی ۳۵ ,°۳۸ واقع شده است. این حوضه از شمال به جمهوری آذربایجان، از شرق به حوضه نمین چای که از کوه‌های تالش سرچشمه می‌گیرد و از غرب به حوضه پیرزان و از جنوب به رودخانه قره سو منتهی می‌شود. روستای عنبران بالا در شمال، گلشن در غرب، روستاهای عنبران پایین و امین‌جان در جنوب حوضه از روستاهای محدوده مورد نظر هستند. این حوضه بخشی از حوضه های استان (حوضه ارس) محسوب شده که رواناب حاصل از نزولات آسمانی را در ابتدا به رودخانه قره سو و پس از پیمودن مسافتی بسیار طولانی توسط دره رود نهایتاً به رودخانه مرزی ارس در شمال استان اردبیل می‌پیوندد. حداقل ارتفاع حوضه ۱۴۸۷ متر در جنوب و حداکثر ارتفاع نیز ۲۳۲۳ متر در شمال حوضه است. این منطقه در واقع قسمتی از دنباله رشته کوه‌های تالش است که در این منطقه تقریباً امتداد شرقی– غربی به خود می‌گیرد. از نظر مرفولوژی حوضه از شمال به سمت جنوب شیب دارد (مطالعات توجیهی– اجرایی عنبران‌چای، ۱۳۷۷).

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-11-27]

جدول ۱. مشخصات فیزیوگرافی حوضه مورد مطالعه

طول آبراهه اصلی (km)	متوسط شیب حوضه ٪	مساحت حوضه		ارتفاع حوضه (m)		
		هکتار	(km2)	حداکثر	متوسط	حداقل
۱۳/۴۶	۱۸/۲۴	۶۷۸۰	۶۷/۸۰	۲۳۲۳	۱۹۰۵	۱۴۸۷



شکل ۱ . موقعیت حوضه مورد مطالعه

۲-۲- معرفی مدل نیمه‌توزیعی SAWT

مدل SAWT یک مدل فیزیکی و نیمه توزیعی است که برای پیش‌بینی اثر تغییر کاربری، تغییر اقلیم و مدیریت‌ها در حوضه‌های آبریز بزرگ و پیچیده توسعه داده شده است. این مدل یک مدل فیزیکی است و به جای آن‌که از معادلات رگرسیونی جهت توصیف رابطه بین متغیرهای ورودی و خروجی استفاده نماید اطلاعات ویژه‌ای راجع به هوا، خاک، توپوگرافی، پوشش گیاهی و پوشش ارضی در حوضه آبریز دریافت می‌کند. فرآیندهای فیزیکی مرتبط با حرکت آب، حرکت رسوب، رشد گیاه، چرخه مواد مغذی در این مدل به طور مستقیم از روی

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-11-27]

پارامترهای ورودی شبیه‌سازی می‌شوند. مزایای این روش آن است که ۱- حوضه‌های فاقد داده‌های برداشت شده (اطلاعات اندازه‌گیری جریان) نیز قابل شبیه‌سازی است؛ ۲- تأثیر نسبی اطلاعات ورودی (تغییر در روش‌های مدیریتی، آب و هوا و پوشش گیاهی) بر کیفیت آب و دیگر متغیرهای مورد نظر قابل کمّی کردن است. مدل SWAT از پارامترهای ورودی آسان و قابل دسترس استفاده می‌کند و از نظر محاسباتی بسیار کارآمد است. شبیه‌سازی بزرگ و پیچیده با استراتژی‌های مختلف مدیریتی بدون صرف زمان و هزینه زیادی در آن قابل اجراست. کاربر را قادر به مطالعه بلند مدت تأثیرات می‌کند. دراین مدل زیر حوضه‌ها به بخش‌های پاسخ هیدرولوژی (HRU[1]) تقسیم می‌شوند (ذهبیون و همکاران، ۱۳۸۹).

(HRUs) براساس نقاط متقاطع لایه‌های رستری یا وکتوری مربوط به کاربری‌های زمین، انواع خاک‌ها، زمین‌شناسی و زیر حوضه‌ها فراهم می‌آیند. از نقشه‌های خطی مربوط به نهراب‌ها و شبکه‌های زهکشی رودخانه‌ها نیز می‌توان برای ایجاد (HRUs) استفاده کرد (Lagacherie et al، 2010).

بخش‌هایی از زیر حوضه‌ها با پوشش‌ها، مدیریت و خصوصیات خاک است. برای هر HRU رابطه (۱) محاسبات در مدل Swat انجام می‌گیرد (ذهبیون و همکاران، ۱۳۸۹).

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^{t}\left(R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw}\right)_i \quad (۱)$$

SW_t= مقدار نهایی آب خاک (mm)

SW_0= مقدار اولیه آب خاک در روز i-ام(mm)

t= زمان (روزانه)

R_{day}= مقدار بارش در روز i-ام (mm)

Q_{surf}= مقدار رواناب سطحی در روز i-ام (mm)

E_a= مقدار تبخیر و تعرق در روز i-ام (mm)

W_{seep}= مقدار آب ورودی از زون غیراشباع در نیمرخ خاک در روز i-ام (mm)

Q_{gw}= مقدار جریان بازگشتی در روز i-ام (mm)

1. Hydrological Response unit

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-11-27]

این مدل همچنین از روش عدد منحنی اصلاح شده یا روش نفوذ گرین– آمپت جهت محاسبه حجم رواناب سطحی برای پاسخ هیدرولوژیکی استفاده می کند (گودرزی و همکاران، ۱۳۹۱).

۲-۳- اطلاعات ورودی و آماده‌سازی مدل

اطلاعات و داده‌ی مورد نیاز جهت اجرای مدل SWAT شامل نقشه مدل رقومی ارتفاعی (DEM)، نقشه کاربری ارضی، نقشه خاک و داده‌های هواشناسی از قبیل بارش، حداقل و حداکثر دما، تابش خورشیدی، سرعت باد و رطوبت نسبی که به صورت اطلاعات روزانه است. در این تحقیق از مدل رقومی ارتفاعی با دقت ۳۰ متر استفاده شده است. طبق نقشه کاربری اراضی برای حوضه چهار نوع کاربری قابل تشخیص شامل کاربری مراتع، باغ، اراضی زراعی و مناطق مسکونی است.

اطلاعات بارندگی منطقه با دوره آماری ۳۰ ساله از سه ایستگاه اردبیل، موشیران و سرعین دریافت شد. پس از گردآوری اطلاعات اولیه و تهیه فایل‌های ورودی مراحل اجری مدل به صورتی که در زیر شرح داده شده است اجرا شد.

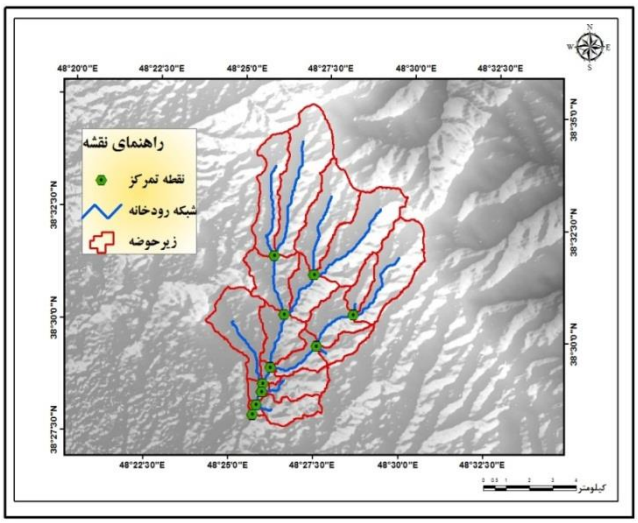
- وارد کردن مدل رقومی ارتفاعی و تعیین زیر حوضه‌ها و مشخصات فیزیکی از قبیل مساحت، طول آبراهه اصلی و...
- وادر کردن نقشه کاربری، خاک و اطلاعات شیب و تولید واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی براساس اطلاعات مورد نظر
- معرفی داده‌های هواشناسی به صورت روزانه
- استخراج پارامترهای هیدرولوژیکی به صورت شماتیکی و جداول

نتایج و یافته‌های پژوهش

در این پژوهش با توجه به روند اجرای مدل ARC SWAT با استفاده از نقشه DEM[1] (مدل رقومی ارتفاعی) حوضه مورد مطالعه زیر حوضه‌ها و آبراهه‌ها و زمان تمرکز برای هر حوضه به طور مستقل مشخص شد. بر این اساس تعداد ۱۹ زیر حوضه برای حوضه آبریز عنبران‌چای حاصل شد(شکل ۲).

1.Digital elevation model

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-11-27]

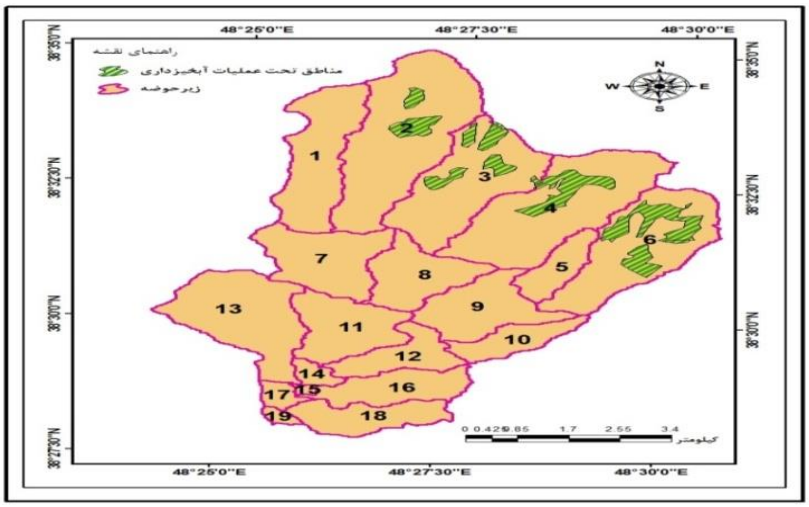


شکل ۲. نقشه زیر حوضه‌های استخراجی از مدل SWAT

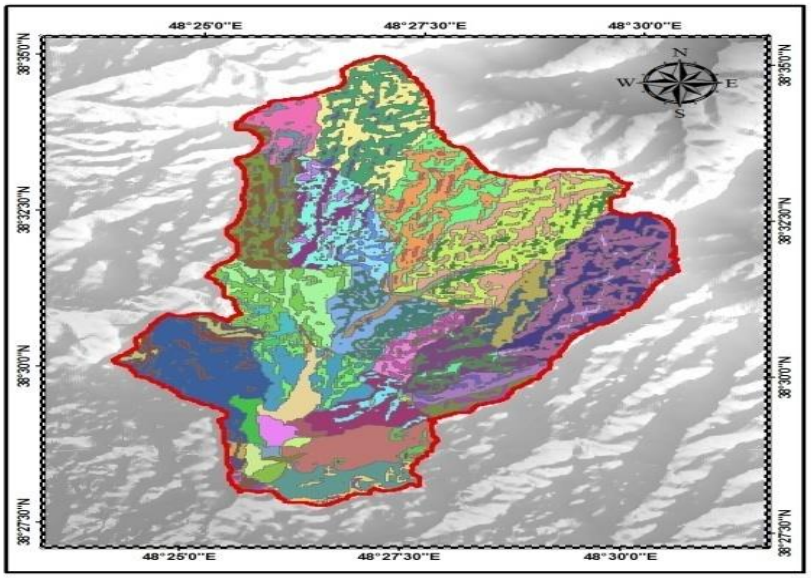
گام بعدی در مدل‌سازی معرفی لایه‌های اطلاعاتی موردنیاز برای تشکیل واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی (HRU) به مدل ARC SAWT است. این لایه‌ها عبارت از نقشه کاربری ارضی، نقشه خاک، نقشه شیب است. برای این‌که تأثیر عملیات آبخیزداری در این پژوهش مورد بررسی قرار گیرد لایه عملیات آبخیزداری در مرحله بعدی به عنوان یک لایه مستقل علاوه‌بر لایه‌های یادشده مورد استفاده قرار گرفت که با توجه به گزارشات سازمان آبخیزداری کشور، یونجه‌کاری منطقه از موفق‌ترین عملیات آبخیزداری در سطح حوضه مورد مطالعه شناخته شده است که با ریشه دواندن در خاک و افزایش مواد آلی موجب اصلاح خاک می‌شود (شکل ۳).

در این مطالعه سه طبقه شیب برای حوضه آبریز تعریف شد که شامل۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و بیش از ۴۰ است. کاربری ارضی منطقه که شامل چهار نوع کاربری ارضی زراعت، مراتع، باغات و مناطق مسکونی است نیز به مدل معرفی شد. در نهایت با تلفیق سه لایه نقشه خاک، شیب و کاربری ارضی، واحدهای پاسخ هیدرولوژیکی حوضه به تعداد ۹۹ HRU برای حوضه مورد مطالعه استخراج گردید (شکل ۴).

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-11-27]



شکل ۳. نقشه موقعیت عملیات آبخیزداری در سطح حوضه مورد مطالعه



شکل ۴. نقشه HRU استخراجی توسط مدل ARC SWAT

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-11-27]

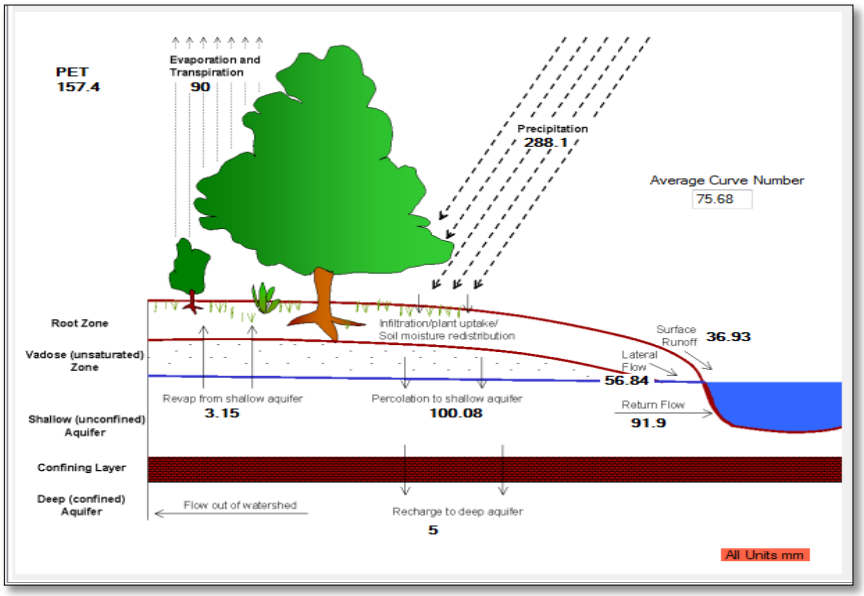
در مرحله بعد پارامترهای هواشناسی شامل بارش، حداقل و حداکثر دما، رطوبت نسبی، سرعت باد، تابش خورشیدی به صورت روزانه تعریف شد. در این پژوهش از داده‌های هواشناسی ۳۰ سال آماری سه ایستگاه سینوپتیک اردبیل، ایستگاه باران سنجی موشیران و سرعین استفاده گردید.

مدل پس از وارد کردن پارامترها آماده اجراست. نتایج مدل ARCSWAT شامل بخش چرخه هیدرولوژیکی، میزان رسوب و فرسایش به صورت شماتیکی و جداول حاصل شدکه در زیر ارائه شده است.

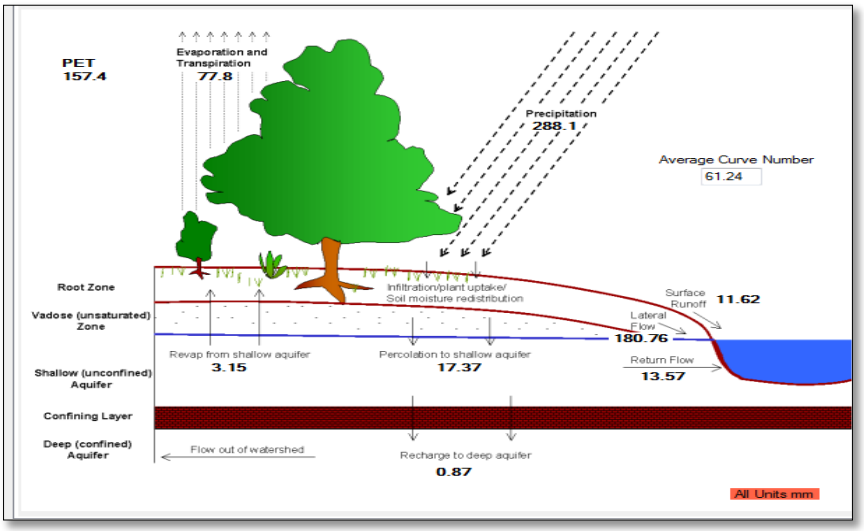
۳-۱- بخش چرخه هیدرولوژیکی

عناصر مهم چرخه هیدرولوژیکی را بارندگی، رواناب سطحی، تبخیر و تعرق، نفوذ و جریان‌های زیر قشری را تشکیل می‌دهد. بیلان آبی با توجه به پارامترهای ورودی برای حوضه در دو مقطع پیش و پس از عملیات آبخیزداری برآورد شد. نتایج چرخه هیدرولوژیکی شبیه‌سازی شده توسط مدل SWAT نشان هد که میانگین CN ۷۵/۶۸ پیش از عملیات به ۶۱/۲۴ در پس از عملیات تغییر کرده است، که نشان‌دهنده قابلیت نگهداشت آب در حوضه یا میزان نفوذپذیری است. این مقدار متأثر از شرایط هیدرولوژیکی خاک، وضعیت پوشش گیاهی و شیب منطقه است. میزان رواناب سطحی در سطح حوضه مورد مطالعه پیش از عملیات برابر با ۳۶/۹۳میلی‌متر است، اما این میزان پس از عملیات آبخیزداری برابر با ۱۱/۶۲میلی‌متر برآورد شد که افزایش نفوذپذیری و جریان‌های زیرزمینی (زیر قشری) را به دنبال خواهد داشت. قابل ذکر است که میزان تبخیر و تعرق پتانسیل برای حوضه عنبران‌چای ۱۵۷/۴ میلی‌متر برآورد شده است (شکل‌های ۵،۶).

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-11-27]



شکل ۵. تحلیل شماتیک مدلSWAT/ پیش از عملیات (**منبع** نگارنده)



شکل ۶ . تحلیل شماتیک مدلSWAT/ پس از عملیات (**منبع** نگارنده)

همچنین پارامترهای هیدرولوژیکی در ماه‌های مختلف سال توسط مدل SWAT در دو مقطع قبل و بعد از عملیات برآورد شده که در جداول ۲ نمایش داده شده است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-11-27]

جدول ۲ . جدول پارامترهای هیدرولوژیکی/ پیش از عملیات

تبخیر و تعرق پتانسیل (mm)	مقدار رسوب	تبخیر و تعرق (mm)	آبدهی (mm)	جریان زیرقشری (mm)	جریان سطحی (mm)	بارش یرف (mm)	بارش (mm)	ما ه
۴/۱۸	۰/۳۶	۳/۵۵	۱۵/۲۷	۶/۱۸	۱/۵۶	۸/۹۴	/۸۰ ۲۹	۱
۳/۰۹	۲/۹۵	۲/۶۸	۲۱/۲۲	۷/۵۵	۴/۷۶	۱۹/۱۴	/۶۸ ۳۶	۲
۲/۳۰	۳/۰۵	۲/۰۳	۲۰/۲۵	۶/۷۴	۶/۱۸	۲۴/۸۱	/۹۸ ۳۶	۳
۴/۷۴	۵/۳۹	۳/۳۹	۲۴/۲۷	۶/۹۱	۵/۴۷	۱۴/۵۱	/۹۶ ۲۲	۴
۱۱/۰۱	۶/۳۱	۶/۷۸	۲۸/۶۳	۹/۴۲	۶/۱۲	۷/۶۵	/۰۵ ۲۴	۵
۲۱/۹۹	۱/۵۳	۹/۷۴	۱۷/۱۷	۲/۴۵	۱/۶۸	۰/۰۸	۷/۰۵	۶
۲۷/۱۷	۰/۱۶	۹/۷۳	۸/۸۵	۰/۲۶	۰/۲۰	۰	۷/۴۵	۷
۲۷/۹۹	۰/۴۸	۱۲/۹۹	۵/۶۳	۰/۹۲	۱/۱۴	۰	۱۵/۶۶	۸
۲۳/۱۵	۰/۲۸	۱۳/۷۳	۷/۵۷	۲/۸۹	۲/۲۵	۰	۲۵/۹۷	۹
۱۶/۲۷	۱/۰۳	۱۲/۰۷	۱۳/۴۲	۴/۴۹	۵/۲۸	۰	۳۴/۰۷	۱۰
۹/۸۲	۰/۲۶	۸/۱۵	۱۱/۶۱	۴/۷۸	۱/۴۷	۰	۲۶/۷۱	۱۱
۶/۲۴	۰/۳۰	۵/۴۲	۱۱/۴۳	۴/۰۲	۰/۷۶	۱/۶۹	۱۹/۶۷	۱۲

جدول ۳. جدول پاراjترهای هیدرولوژیکی / پس از عملیات

تبخیر و تعرق پتانسیل (mm)	مقدار رسوب	تبخیر و تعرق (mm)	آبدهی (mm)	جریان زیرقشری (mm)	جریان سطحی (mm)	بارش یرف (mm)	بارش (mm)	ماه
۴/۱۸	۰/۰۲	۳/۲۳	۱۷/۲۶	۱۶/۱۳	۰/۳۰	۸/۹۴	۲۹/۸۰	۱
۳/۰۹	۰/۲۹	۲/۵۲	۲۳/۸۷	۲۱/۲۸	۱/۶۵	۱۹/۱۴	۳۶/۶۸	۲
۲/۳۰	۰/۳۰	۱/۹۴	۲۴/۴۸	۲۰/۱۶	۲/۸۵	۲۴/۸۱	۳۶/۹۸	۳
۴/۷۴	۰/۵۳	۳/۱۳	۲۴/۳۸	۲۰/۴۱	۲/۱۱	۱۴/۵۱	۲۲/۹۶	۴
۱۱/۰۱	۰/۴۵	۶/۰۲	۳۲/۰۳	۲۷/۶۲	۱/۹۰	۷/۶۵	۲۴/۰۵	۵

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-11-27]

۶	۷/۰۵	۰/۰۸	۰/۶۰	۶/۹۹	۱۰/۲۱	۸/۱۰	۰/۱۵	۲۱/۹۹
۷	۷/۴۵	۰	۰/۰۱	۲/۴۶	۳/۹۵	۷/۸۸	۰	۲۷/۱۷
۸	۱۵/۶۶	۰	۰/۱۳	۶/۴۶	۷/۱۸	۱۰/۷۳	۰/۰۲	۲۷/۹۹
۹	۲۵/۹۷	۰	۰/۳۴	۱۲/۶۶	۱۳/۳۰	۱۱/۹۲	۰/۰۱	۲۳/۱۵
۱۰	۳۴/۰۷	۰	۱/۳۶	۱۸/۹۲	۲۰/۶۴	۱۰/۴۴	۰/۰۵	۱۶/۲۷
۱۱	۳۶/۷۱	۰	۰/۲۶	۱۵/۸۲	۱۶/۷۲	۷/۲۳	۰	۶/۸۲
۱۲	۱۹/۶۷	۱/۶۹	۰/۰۸	۱۱/۳۹	۲۱/۳۱	۴/۸۷	۰/۰۱	۶/۲۴

جدول‌های ۲ و ۳ میزان بارش باران و برف بر حوضه، رواناب سطحی، جریان زیرزمینی، آبدهی، تبخیر و تعرق واقعی و پتانسیل و میزان رسوب را در ماه‌های مختلف نشان می‌دهد. با توجه به جدول‌ها بیشترین رواناب در ماه‌های زمستان و بهار که بیشترین بارش (باران و برف) را شاهد هستیم اتفاق افتاده که پس از عملیات آبخیزداری (عملیات بیولوژیکی) این مقدار کاهش یافته است. به تبع آن میزان رسوب و فرسایش نیز در دوره پیش از عملیات در ماه‌های زمستان و بهار افزایش داشته، اما پس از عملیات مقدار تلفات فرسایش و رسوب به میزان قابل توجهی کاهش یافته است.

۳-۲- بخش رسوب و فرسایش

فرسایش خاک و تولید رسوب یکی از مهم‌ترین مسائل در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران است. با توجه به این‌که منطقه تحت تأثیر فرسایش آبی قرار دارد انواع مختلف فرسایش در حوضه قابل مشاهده است که عبارت از فرسایش سطحی که در سراسر حوضه این نوع فرسایش قابل مشاهده بوده است. این فرسایش معادل ٪۴۳ از حوضه را دربرگرفته است.

فرسایش شیاری

در اثر گسترش هرز آب‌ها روی دامنه‌ها شیارهای باریکی تشکیل می شوند که ابعاد آن‌ها از چند سانتی‌متر تا نیم‌متر می‌رسد. در این حوضه این نوع فرسایش براساس فاصله شیارها و عمق آن‌ها به چهار دسته تقسیم‌بندی شده‌اند: فرسایش شیاری ضعیف، متوسط، شدید و خیلی شدید.

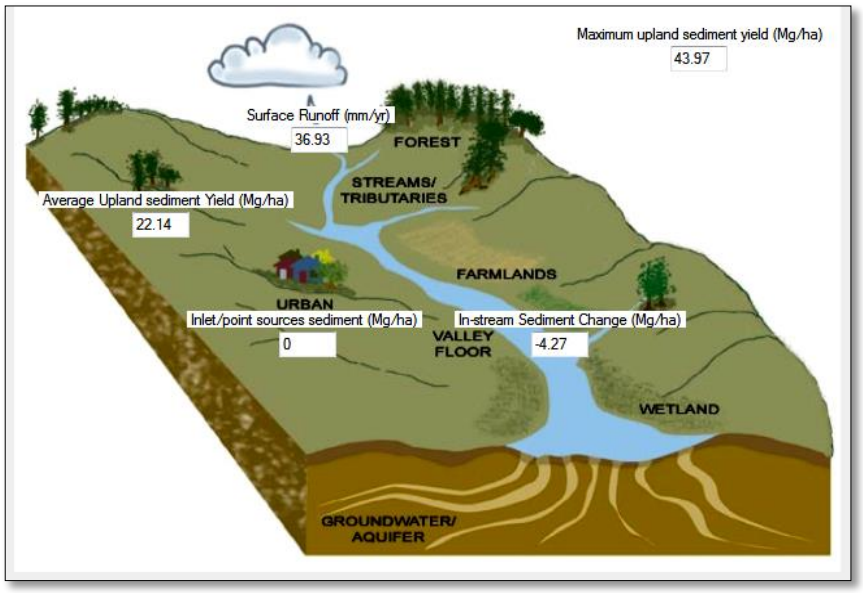
[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-11-27]

فرسایش خندقی

گالی یا خندق از اشکال پیشرفته فرسایش تشدیدشونده است. از علایم مشخصه آن‌ها وجود بریدگی عمودی در راس گالی که دارای شیب تند و کمی محدب بوده و یکی از عوامل مهم در گسترش و توسعه گالی است. گالی‌ها دارای عمق به نسبت زیاد و عرض کم و پروفیل v شکل است. گالی‌های حوضه به سه گروه متوسط، کم و شدید با علایم G2،G1، G3 مشخص شده‌اند.

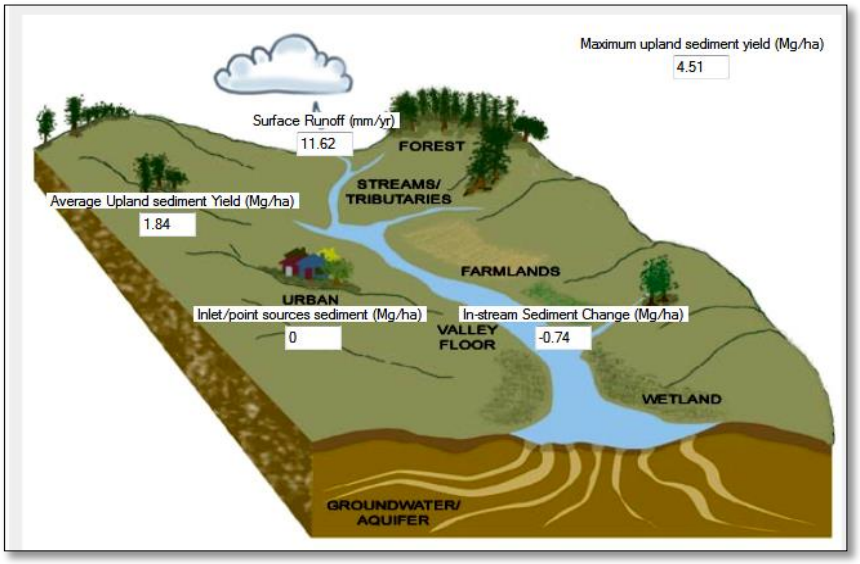
فرسایش رودخانه‌ای

با توجه به این‌که در قسمت‌هایی از رودخانه این حوضه فعالیت انسانی (زراعت و...) موجبات وقوع یا تشدید این‌گونه فرسایش را فراهم کرده است. حدود ۱۱/۱ کیلومتر از رودخانه‌های منطقه طرح دارای فرسایش رودخانه‌ای است. باتوجه به این مباحث در این پژهش میزان رسوب و فرسایش برای حوضه آبریز عنبران‌چای توسط مدل ARC SWAT شبیه‌سازی شده است (شکل‌های ۷،۸).



شکل ۷. تحلیل شماتیک بخش رسوب/ قبل از عملیات (**منبع** نگارنده)

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-11-27]



شکل ۸. تحلیل شماتیک بخش رسوب/بعد از عملیات(**منبع** نگارنده)

در حوضه آبریز عنبران‌چای با توجه به شکل بالا تخریب و فرسایش بیشتر در قسمت بالادست حوضه صورت می‌گیرد که حوضه سیلابی را تشکیل می‌دهد و محل گردآوری هرزآها و شروع تخریب و فرسایش است که نسبت میانگین رسوب ویژه پیش از عملیات ۲۲/۱۴ تن/ هکتار/ سال که این مقدار در بعد از عملیات به ۱/۸۴ تن/ هکتار/ سال در حال کاهش است. در واقع عملیات بیولوژیکی (به صورت یونجه‌کاری) سبب تغییر در انرژی جنبشی و قطرات بارن و جریان سطحی آب شده و در نتیجه فرسایش کاهش یافته است.

با توجه به این‌که در قسمت دشت رسوبی، رسوب‌گذاری در کف بستر آن‌قدر ادامه می‌یابد تا در نی‌مرخ و شیب دشت تغییراتی ایجاد می‌شود. این تغییرات موجب انحراف مسیر رودخانه از مسیر اصلی می‌شود. بالا آمدن بستر دشت رسوبی به تدریج زمین‌های رسوبی مجاور را افزایش می‌دهد و رودخانه با کمترین طغیان آب مسیر خود را ترک کرده و در مسیر جدیدی جریان می‌یابد، روند تغییر مسیر رودخانه در اثر رسوب گذاری مواد مشکلاتی را در زمینه راه‌سازی، جاده‌سازی، سدسازی و... ایجاد می‌کند که ناآگاهی از تغییر و تحول میزان رسوب‌گذاری و جریان سیلاب در طرح‌های آتی مشکل‌ساز خواهد بود. با توجه به این مباحث، آگاهی از روند رسوب‌گذاری و میزان رسوب و همچنین فرسایش منطقه می‌تواند از مشکلات آتی ناشی از رسوب‌گذاری مواد در قسمت دشت رسوبی در حوضه آبریز عنبران‌چای جلوگیری

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-11-27]

کرد. تغییرات در عوامل هیدرولوژیکی به تدریج در چشم‌انداز ژئومورفولوژیکی دشت رسوبی تأثیرات را نمایان می‌سازد و این روند به یک‌باره صورت نمی‌گیرد؛ بنابراین برآورد میزان رواناب و میزان رسوب ویژه و سایر پارامترهای هیدرولوژیکی مؤثر در ژئومورفولوژی جهت آگاهی از روند و رفتار حوضه در برابر تغیرات ایجاد شده و تأثیرات مثبت و منفی آن در طول زمان لازم و ضروری است.

نتیجه‌گیری

حوضه آبریز عنبران‌چای با بارندگی به نسبت خوب و خاک‌های مستعد کشاورزی از پتانسیل بالایی جهت انجام امور کشاورزی برخوردار است. با وجود این وقوع سیلاب‌های ناگهانی و فرسایش خاک بیشتر به واسطه عدم آگاهی از ظرفیت چراگاه‌ها و نحوه و نوع کشت تشدید شده است. وجود بیرون‌زدگی سنگی و توده سنگی به صورت پراکنده در سطح حوضه، شیب به نسبت زیاد به صورت پراکنده در داخل اراضی مرتعی و خاک کم عمق روی شیب‌های زیاد و اراضی سنگلاخی به عنوان عوامل محدود کننده حوضه مورد مطالعه است. پس از بررسی با توجه به توان محیطی و شرایط هیدرولوژیکی حوضه جهت کنترل سیلاب‌ها و حفاظت از منابع آب و خاک و آمایش حوضه، عملیات آبخیزداری به صورت عملیات بیولوژیکی (یونجه‌کاری)، عملیات مکانیکی، کودپاشی و درخت‌کاری اجرا شده است. در این پژوهش تأثیر عملیات مذکور به دلیل موفق بودن اجرای عملیات بیولوژیکی بررسی شده است. استقرار پوشش گیاهی با توجه به پتانسیل اکولوژیکی عرصه‌ها هدف از انجام مطالعات در بخش بیولوژیک بوده تا با این عمل علاوبر این‌که میزان تولید در واحد سطح افزایش پیدا کند در کنار آن سبب نفوذپذیری و کاهش هرزآب و درنهایت سیلاب شود. عرصه مورد مطالعه از نظر دامداری و تولید علوفه و هم از نظر سیلاب و حفاظت آب و خاک حائز اهمیت است. اجرای عملیات آبخیزداری در حوضه آبریز عنبران‌چای در سال۱۳۷۷ تغییرات قابل ملاحظه‌ای را در خصوصیات هیدرولوژیکی و در نهایت در ویژگی‌های هیدروژئومورفولوژیکی حوضه داشته است. این تغییرات در کاهش میزان رواناب سطحی، افزایش میزان نفوذپذیری و کاهش میزان رسوب ویژه و فرسایش دیده می‌شود. با توجه به این‌که واکنش و رفتار حوضه نسبت به اجرای عملیات آبخیزداری و کمّی کردن میزان تأثیر پروژه های آبخیزداری امری مسلم و ضروری است. تأثیر عملیات آبخیزداری حوضه عنبران‌چای بر عوامل هیدرولوژکی از قبیل میزان نفوذپذیری، میزان رسوب و فرسایش و میزان رواناب سطحی از طریق مدل نیمه‌توزیعی SWAT در دو مقطع پیش و پس از عملیات آبخیزداری شبیه‌سازی شد. نتایج به صورت شماتیکی و جداول ارائه شده است. نتایج

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-11-27]

شبیه‌سازی توسط مدل SWAT نشان می‌دهد که در دوره پس از عملیات میانگین شماره منحنی (CN) برابر با ۶۱/۲۴ که نشان‌دهنده میزان نگهداشت آب در سطح حوضه است، نسبت به دوره پیش از عملیات کاهش داشته، در نتیجه میزان نفوذپذیری را در سطح حوضه افزایش داده است که به تبع آن میزان رواناب سطحی نیز کاهش چشمگیری را نشان می‌دهد. میزان رواناب در مقطع پیش از عملیات برابر با ۳۶/۹۳ میلی‌متر بوده که پس از عملیات این مقدار به ۱۱/۶۲ میلی‌متر کاهش داشته است. در بخش رسوب و فرسایش نیز عملیات آبخیزداری تأثیر مثبتی بر جای داشته که در قسمت بالادست حوضه میزان رسوب ویژه در دوره پس از عملیات مقدار ۲۲/۱۴ تن در هکتار و در سال را نشان می‌دهد، ولی این مقدار در مقطع پس از عملیات آبخیزداری به میزان ۱/۸۴ در قسمت بالادست حوضه تقلیل یافته که به دنبال آن در میزان فرسایش و هدر رفت خاک در سطح حوضه و امتداد رودخانه و در نتیجه در میزان مواد ته‌نشین شده و رسوب‌گذاری در قسمت دشت رسوبی تأثیر دارد و موجب کاهش رسوب‌گذاری می‌شود. در نتیجه عملیات آبخیزداری تأثیر مثبتی را در روند فرسایش و رسوب و رواناب حوضه داشته است که می‌تواند از هدر رفت خاک و کاهش حاصل‌خیزی خاک و به تبع آن میزان محصولات، تولید علوفه لازم برای دام و اجرای طرح‌های سدسازی در قسمت خروجی حوضه و جلوگیری از رسوب‌گذاری در مخزن سد در آینده مؤثر واقع شود. مدل نیمه توزیعی SWAT قابلیت و کارایی زیادی در شبیه‌سازی میزان رواناب و رسوب و... دارد و از این مدل شبیه‌ساز هیدرولوژیک می‌توان به عنوان مبنایی برای تحلیل‌ها و تصمیم‌گیری‌های مختلف مدیریتی مانند تغییرات کاربری و تأثیرات هیدرولوژیک آن استفاده کرد.

منابع

- احمدی، حسن، *ژئومورفولوژی کاربردی، جلد اول فرسایش آبی*، تهران: انتشارات دانشگاه تهران، چاپ هشتم، ۱۳۹۱.
- اکبری مجدر، حسین، بهره‌مند، عبدالرضا، نجفی‌نژاد، علی، بردی شیخ، واحد، «شبیه سازی جریان روزانه رودخانه چهل چای استان گلستان با مدل SWAT»، *نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، شماره سوم، جلد بیستم، ۱۳۹۲.
- حسینی، مجید، غفوری، محمد، طباطبایی، محمدرضا، گودرزی، مسعود، حجازی، سید اسداله، «ارزیابی مولفه‌های جریان با استفاده از مدل SWAT در حوضه آبخیز طالقان»، *نشریه علمی –پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی*، سال هفده، شماره ۴۵، صص ۲۷-۴۱، پاییز ۱۳۹۲.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-11-27]

- جداری عیوضی، جمشید، جوکار سرهنگی، عیسی، «کارایی واحدهای ژئومورفولوژی در ارزیابی فرسایش و رسوب حوضه آبخیز بوجان»، *پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره ۴۰، صص ۷۳-۹۱، مهر ماه ۱۳۸۰.
- دولت آبادی، سپیده، زمردیان، سید محمدعلی، «شبیه‌سازی هیدرولوژیکی حوضه فیروزآباد با استفاده از مدل SWAT»، *فصلنامه علمی – پژوهشی مهندسی آب و آبیاری*، سال چهارم، شماره چهاردهم، صص ۳۸-۴۸، ۱۳۹۲.
- ذهبیون، باقر، گودرزی، محمدرضا، مساح بوانی، علیرضا، «کاربرد مدل SWAT در تخمین رواناب حوضه در دوره‌های آتی تحت تاثیر تغییر اقلیم»، *دوفصل‌نامه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی*، سال اول، شماره سوم و چهارم، ۱۳۸۹.
- ساری صراف، بهروز، رحمانی، محمد، «بررسی تغییرات رسوب در دوره‌های زمانی قبل و بعد از اجرای عملیات آبخیزداری (مطالعه موردی: حوضه آبخیز عنبران چای نمین-اردبیل)»، *مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، شماره چهارم، بهار و تابستان ۱۳۸۴.
- شایگان، مهران، علی‌محمدی، عباس، روحانی، حامد، «مدل‌سازی هیدرولوژیک حوضه طالقان در محیط GIS با استفاده از مدل SWAT»، *سنجش از دور و GIS ایران*، سال سوم، شماره ۲، صص ۱- ۱۸، ۱۳۹۰.
- عابدینی، موسی، «بررسی کمی مسائل هیدروژئومورفولوژی حوضه آبریز لیکوان چای با تاکید بر فرسایش و رسوب‌دهی (جنوب شرقی استان اردبیل)»، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۱۵، صص ۷۱- ۸۸، پاییز ۱۳۸۸.
- عارفی اصل، اکرم، نجفی‌نژاد، علی، کیانی، فرشاد، سلمان ماهینی، عبدالرسول، «شبیه‌سازی رواناب و رسوب با استفاده از مدل SWAT در آبخیز چهل چای استان گلستان»، *نشریه مرتع و آبخیزداری*، دوره ۶۶، شماره ۳، صص ۴۳۳-۴۴۶، ۱۳۹۲.
- عثمانی، هیوا، معتمد وزیری، بهارک، معینی، ابوالفضل، «شبیه‌سازی دبی و رواسنجی و اعتبارسنجی مدل SWAT (مطالعه موردی: حوضه بالادست سد لتیان تهران)»، *نشریه علمی –پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز*، جلد ۵، شماره ۲، صص ۱۴۳-۱۳۴، ۱۳۹۲.
- علیزاده، امین، *اصول هیدرولوژیکی کاربردی*، انتشارات آستان قدس رضوی (شرکت به نشر)، چاپ سی و پنجم، ۱۳۹۱.
- گودرزی، محمدرضا، ذهبیون، باقر، مساح بوانی، علیرضا، کمالی، علیرضا، «مقایسه عملکرد سه مدل هیدرولوژیکی SWAT، IHACRES و SIMHYD در شبیه‌سازی رواناب حوضه قره‌سو»، *مدیریت آب و آبیاری*، دوره ۲، شماره ۱، صص ۲۵-۴۰، ۱۳۹۱.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-11-27]

- ولی‌نژاد، فاطمه، قربانی، خلیل، ذاکری نیا، مهدی، دهقانی، امیراحمد، آبابای، بهنام، «ارزیابی عملکرد مدل SWAT در برآورد رطوبت خاک حوضه آبریز نومل»، *نشریه آب و توسعه پایدار*، سال اول، شماره ۱، صص ۵۷-۶۴، ۱۳۹۲.
- «مطالعات توجیهی – اجرایی حوضه آبخیز عنبران چای نمین»، فروردین ۱۳۷۷، *مدیریت آبخیزداری جهاد استان اردبیل*.
- Ahmadi, Hasan, *Applied Geomorphology, Vol. 1, Water Erosion*, Tehran: University of Tehran Press, 8th Edition, 2012. [in Persian فارسی]
- Akbari, H., Bahremand, A., Najafinejad, A., Bardi Sheikh, V., "Simulation of daily stream flow of Chehelchai using SWAT model", *Journal of soil and water conservation*, No. 3, Vol. 20, 2013. [in Persian فارسی]
- Hosseini, M., Ghafoori, M., Tabatabai, M., Goudarzi, M., Hejazi, S. A., "Evaluation of current components using SWAT model in the Taleghan basin", *Research journal of geography and planning*, Vol. 17, No. 45, pp. 27-41, 2013. [in Persian فارسی]
- Ayvzi, G, Jamshid., Jokar Sarhangi, A., "The efficiency of geomorphology units in the evaluation of erosion and sedimentation in the Bojan watershed", *Geographical research*, No. 40, pp. 73-91, October 2001. [in Persian فارسی]
- Dolatabadi, S., Zomorodian, S. M., "Hydrological simulation in the Firozabad watershed using SWAT model", *Water management and irrigation engineering quarterly*, Issue 4, No. 14, pp. 38-48, 2013. [in Persian فارسی]
- Zahbioun, B., Goudarzi, M., Massah Bavani, A., "Application of SWAT model in the estimation of runoff in future periods affected by climate change", *Biannual journal of climatology*, No. 3-4, 2010. [in Persian فارسی]
- Sari Sarraf, B., Rahmani, M., "The sediment variations in time periods before and after the watershed management practices (Case study: Ardabil Namin, Anbaranchay basin)", *Journal of geography and regional development*, No. 4, Spring and Summer, 2004. [in Persian فارسی]

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-11-27]

- Shayegan, M., Ali Mohammadi, A., Rouhani, H., "Hydrological modeling in GIS environment using SWAT in the Taleghan basin", *Iran remote sensing and GIS*, No. 2, pp. 1-18, 2011. [in Persian فارسی]
- Abedini, M., "Quantitative analysis of hydrogeomorphology of Likvanchay watershed with emphasis on erosion and sedimentation (southeast Ardebil province)", *Geography and development*, No. 15, pp. 71-88, 2009. [in Persian فارسی]
- Arefiasl, A., Najafinejad, A., Kiyani, F., Salman Mahini. A., "A simulation of runoff and sediment using SWAT model in Chehelchai watershed", *Journal of range and watershed management*, Vol. 66, No. 3, pp. 433-446, 2013. [in Persian فارسی]
- Osmani, H., Motamed Vaziri, B., Moini, A., "Flow simulation and calibration and validation of SWAT model (Case study: upstream watershed of Tehran's Latyan dam)", *Engineering and watershed management research journal*, Vol. 5, No. 2, pp. 134-143, 2013. [in Persian فارسی]
- Alizadeh, A., *Applied Hydrological Principles*, Mashhad: Astan-e Qods Razavi Press, 35th Ed., 2012. [in Persian فارسی]
- Goudarzi, M., Zahbion, B., Masah Bouvani, A., Kamali, A, "Comparison of the performance of three hydrological model SWAT, IHACRES, SIMHYD in the simulation of runoff in Gharehsou", *Water management and irrigation*, Vol. 2, No. 1, pp. 25-40, 2012. [in Persian فارسی]
- Valinejad, Fatmeh, Qurbani, K., Zakrinia, M., Dehghani, A., Ababai, B., "Performance Evaluation of SWAT model in estimating soil water in Nowmal watershed", *Journal of water and sustainable development*, Vol. 1, No. 1, pp. 57-64, 2013. [in Persian فارسی]
- *"Feasibility studies – Namin Anbaranchay Watershed"* , April 1998, Watershed management jihad Ardabil province. [in Persian فارسی]
- Abbaspour, K. C., Yang, J., Maximov, I., Siber, R., Bogner, K., Mieleitner, J., Zobrist, J., Srinivasan, R., "Modelling hydrology and water quality in the pre-alpine/alpine Thur watershed using SWAT", *Journal of hydrology*, No. 333, Vol. 2-4, pp. 413-430, 2007.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-11-27]

- Mishra, A., Froebrich, J., Gassman, P. W., "Evaluation of the SWAT model for assessing sediment control structure in a small watershed in India", *American society of agricultural and biological engineers*, Vol. 50, No. 2, pp. 469-477, 2007.
- Faramazi, M., Abbaspour, K. C., Schulin, R., Yang, H., "Modelling blue and green resources availability in Iran", *Hydrological processes*, No. 23, pp. 486-501, 2009, DOI:10.1002/hyp.7160.
- Lagacherie, P., Rabotin, M., Colin, F., Moussa, R., Voltz, M, "Geo-MHYDAS: A landscape discretization tool for distributed hydrological modeling of cultivated areas", *Computers & geosciences*, No. 36, pp. 1021-1032, 2010.
- Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., Williams, J. R., "Soil and water assessment tool, theoretical documentation version 2009", *Texas water resources institute technical report, Texas A&M University System*, No. 406, 2011.
- Malunjkar, V. S., Shinde, M. G., Ghotekar, S. S., Atre, A. A., "Estimation of surface runoff using SWAT model", *International journal of inventive engineering and science*, Vol. 3, 2015.
- Omani, N., Tajrishy, M., Abrishamchi, A., "Modeling of a river basin using SWAT model and GIS", *2nd international conference on managing rivers in the 21st century: Solutions towards sustainable river basins*, 2007.
- Shivhare, V., Goel, M. K., Singh, C. K., "Simulation of surface runoff for upper Tapi subcatchment (Burhanpuor watershed) using SWAT", *The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, Vol. XL-8, 2014, DOI: 10.5194/.
- Rostamian, R., Jaleh, A., Afyuni, M., Mousavi, S. F., Heidarpour, M., Jalalian, A., Abbaspour, K. C., "Application of SWAT model for estimating runoff and sediment in two mountainous basins in central Iran", *Hydrological sciences journal*, No. 53, Vol. 5, October 2008.
- Richnavsky, Jozef, Boris, S., Babal, P. J., "Simulation of sediment transport in catchment using arc SWAT 2005 dynamic erosion model exemplified by the catchment of the Ostravice river", *Geoscience engineering*, No. 1, pp. 27-35, 2010.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-11-27]