



دکتر عقیل مددی^۱

بر آورد میزان تولید رسوب در حوضه یدی بولوک چای در استان اردبیل با استفاده از روش PSIAC و جانسون گمبهارت^۲

تاریخ دریافت مقاله ۱۳۸۶/۱۰/۰۳ تاریخ پذیرش مقاله ۱۳۸۷/۰۱/۲۶

چکیده

حوضه آبریز یدی بولوک چای در شرق توده آتشفشانی سبلان واقع شده است. رودخانه یدی بولوک چای یکی از سرشاخه های رودخانه قره سو می باشد که این حوضه را از غرب به شرق زهکشی می نماید. از نظر تقسیم بندی حوضه های آبریز اصلی کشور جزو حوضه آبریز دریای خزر محسوب می شود. در این مطالعه میزان فرسایش و تولید رسوب در این حوضه با استفاده از روش PSIAC و جانسون - گمبهارت مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور ویژگی های زمین شناسی، ژئومورفولوژی، خاک، آب و هوا، پستی و بلندی، رواناب، پوشش زمین، کاربری اراضی، وضعیت فرسایش و فرسایش آبراهه ای در چهار زیر حوضه با استفاده از عکس های هوایی، نقشه های توپوگرافی، نقشه های زمین شناسی و عملیات میدانی مورد مطالعه قرار گرفتند.

۱- استادیار دانشگاه محقق اردبیلی.

2- Janson and Gembhart

بررسی عوامل متعدد نشان می‌دهد که تمام زیر حوضه‌ها در کلاس سوم فرسایش (با شدت رسوب دهی متوسط) در روش PSIAC قرار دارند؛ بر اساس این مدل رسوب ویژه در کل حوضه ۳۱۹ متر مکعب در کیلومتر مربع در سال برآورد شده است. برای اطمینان از نتیجه کار از روش جانسون - گمبهارت نیز استفاده گردید. بر این اساس تمام زیر حوضه‌ها از نظر تولید رسوب در کلاس دوم فرسایش (با شدت رسوب دهی کم) قرار گرفتند و طبق این مدل رسوب ویژه در تمام حوضه ۱۵۹/۵ متر مکعب در کیلومتر مربع در سال به دست آمده است. مقاومت زیاد سنگ‌ها (سنگ‌های آذرین)، پوشش گیاهی غنی، چسبندگی و نفوذپذیری خاک‌ها، عدم وجود کاربری‌های تشدید کننده فرسایش مثل کشتزارهای وسیع، ناچیز بودن انواع مختلف فرسایش در حوضه مثل فرسایش شیباری، خندقی، سطحی و رودخانه‌ای و ملایم بودن شیب توپوگرافی در بخش وسیعی از حوضه عوامل اصلی پایین بودن میزان فرسایش و تولید رسوب در حوضه یدی بولوک چای می‌باشند. اما اگر روند کنونی (چرای مفرط و بدون برنامه‌ریزی) ادامه یابد، در آینده شاهد فرسایش بیشتری خواهیم بود.

کلید واژه‌ها: مدل PSIAC، فرسایش، کلاس فرسایش، یدی بولوک چای، تولید رسوب.

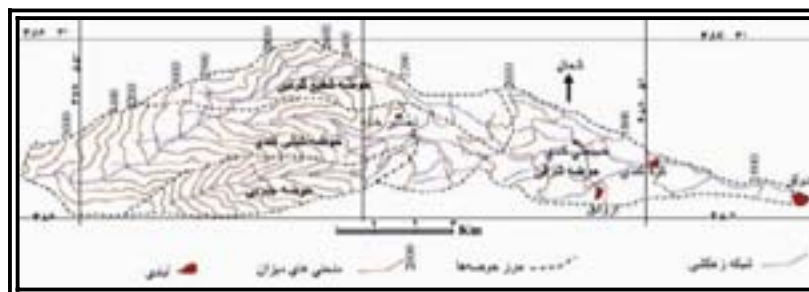
مقدمه

خاک یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی و خدادادی در هر منطقه جغرافیایی به شمار می‌آید. امروزه فرسایش خاک به عنوان خطر جدی برای آسایش و رفاه انسان‌ها و حیات او محسوب می‌شود. علاوه بر این که فرسایش خاک در دراز مدت سبب از بین رفتن حاصلخیزی خاک می‌شود، بلکه سبب پر شدن سدها و آبگیرها شده و خسارت مالی فراوانی را به جامعه انسانی تحمیل می‌نماید (رفاهی، ۱۳۸۲: ۱۱). در حوضه آبریز رودخانه یدی بولوک به لحاظ تغییر کاربری زمین این امکان و احتمال وجود دارد که در آینده نه چندان دور با فاجعه فرسایش تسریع شده و فاجعه زیست محیطی روبرو باشیم. این حوضه آبریز به خاطر نزدیکی به دریای خزر و ارتفاع زیاد (با ارتفاع متوسط ۲۷۰۰ متر) (سازمان جغرافیایی، ۱۳۵۴) و به تبع آن برخورداری از رطوبت زیاد دارای پوشش گیاهی انبوه از نوع مرتع می‌باشد که امروزه به علت افزایش بیش از اندازه جمعیت انسانی و حیوانی (حیوانات اهلی) این پوشش به طور غیر اصولی و مفرط مورد استفاده و بهره برداری قرار گرفته است. چرای مفرط و پیش از رشد کافی مراتع، بهره برداری از معادن بدون در نظر گرفتن عوامل مورفوتنیک و ایجاد راه و جاده در مناطق کوهستانی و پرشیب به بیلاق‌ها و یوردهای عشایر شاهسون دست به دست هم داده و به تدریج سبب فقیر شدن پوشش گیاهی شده و در نتیجه خاک را در معرض فرسایش شدید قرار داده است. در این مطالعه برای آگاهی از عمق فرسایش خاک و تخریب محیط زیست لازم است که میزان فرسایش و تولید رسوب در یکی از کوچک‌ترین واحد هیدرولوژی که بخش بسیار ناچیزی از سرزمین ما را در بر می‌گیرد، مورد مطالعه و بررسی قرار بگیرد.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز یدی بولوک چای در شرق توده آتشفشانی سبلان واقع شده است. رودخانه یدی بولوک چای یکی از سرشاخه‌های رودخانه قره سو می‌باشد که این حوضه را از غرب به شرق زهکشی می‌نماید. از نظر تقسیم بندی حوضه‌های آبریز اصلی کشور جزو حوضه آبریز دریای خزر محسوب می‌شود. منبع اصلی این رودخانه چشمه‌های دائمی واقع در ارتفاعات

حوضه آبریز، ذخایر زمستانی و ریزش‌های جوی می‌باشد. طول شاخه اصلی یدی بولوک چای معادل ۲۴/۵۹ محاسبه شده که حوضه‌ای را به مساحت ۴۸ کیلومتر مربع زهکشی می‌نماید. این حوضه آبریز محدوده جغرافیایی ۳۸ درجه تا ۳۸ درجه و ۲ دقیقه و ۳۵ ثانیه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۵۴ دقیقه و ۳۸ ثانیه تا ۴۸ درجه و ۷ دقیقه و ۵۹ ثانیه طول شرقی را اشغال نموده است. بالاترین ارتفاع در غرب حوضه ۳۸۴۹ متر و پایین‌ترین ارتفاع در سطح حوضه در محل خروجی (روستای دولق) ۱۵۴۰ متر از سطح دریاهاى آزاد و ارتفاع متوسط حوضه ۲۷۰۰ متر می‌باشد (شکل ۱). با توجه به موارد فوق یک حوضه کشیده است که بیشتر در جهت طول جغرافیایی کشیده شده است. توپوگرافی منطقه خشن و با کوه‌های بلند و نوک تیز و دره‌های پر شیب و عمیق می‌باشد. سرشاخه‌های رودخانه یدی بولوک این حوضه را زهکشی نموده و دره‌های عمیقی را به وجود آورده‌اند. سیستم شبکه زهکشی از نوع شاخه درختی است که شعبات آن تقریباً با زاویه حاده به رودخانه اصلی می‌پیوندند. این سرشاخه‌ها از ارتفاعات قزل بره که جزیی از توده آتشفشانی سبلان محسوب می‌شود سرچشمه می‌گیرند. همچنین از آنجا که سرچشمه اکثر شعبات چشمه‌های دایمی می‌باشد، بنابراین رودخانه یدی بولوک چای یک رودخانه دایمی است. در اواخر فصل زمستان و فصل بهار که برف‌های منطقه ذوب می‌شوند و نیز بارندگی‌های بهاری شروع می‌شود، دوره پرآبی رودخانه است و فصل تابستان و پاییز دوره خشکی و کم آبی حوضه می‌باشد.



شکل شماره ۱. نقشه توپوگرافی حوضه آبریز یدی بولوک چای

روش تحقیق

متداولترین روش تحقیق در مطالعات مربوط به زمین و ژئومورفولوژی روش مشاهده است. در این تحقیق نیز مطالعات میدانی مهمترین روشی بود که از آن استفاده شد. بدون مراجعه به زمین امکان مطالعه منطقه وجود نداشت. در طی مشاهدات و بازدیدهای میدانی نمونه‌های مورد نیاز برداشته شدند. روش آزمایشگاهی نیز در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت. در روش آزمایشگاهی نمونه‌های سازندهای سطحی و خاک از قسمت‌های مختلف منطقه برداشت شده بود، از نظر بافت (درصد ماسه، سیلت، رس و مواد آلی) مورد بررسی قرار گرفت. یکی دیگر از روش‌هایی که در این مطالعه استفاده شده، روش توصیفی می‌باشد، همچنین روش کتابخانه‌ای برای تکمیل داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده قرار گرفت. از این روش برای توصیف ویژگی‌های منطقه استفاده شده است. به علت عدم وجود آمار و اطلاعات در مورد فرسایش خاک در حوضه آبریز یدی بولوک چای روش تجربی PSIAC^۱ برای برآورد فرسایش و رسوب مورد استفاده قرار می‌گیرد. زیرا روش PSIAC در مقایسه با روش‌های دیگر بیشترین عامل موثر در فرسایش خاک را در نظر گرفته است (رفاهی، ۱۳۷۵، ص ۲۳۴). همچنین این مدل که ابتدا برای مناطق خشک و نیمه خشک طراحی شده بود، می‌تواند نشان دهنده فرسایش واقعی در منطقه باشد. در این روش برای برآورد فرسایش و تولید رسوب ۹ عامل موثر در فرسایش و رسوب‌زایی بایستی مورد بررسی و ارزیابی قرار بگیرد که در بحث و نتیجه‌گیری به آن پرداخته شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

برای محاسبه میزان تولید رسوب در حوضه یدی بولوک چای همان طور که قبلاً اشاره شد، ابتدا کل حوضه به ۴ زیر حوضه به نام‌های، حوضه جنوبی، شالی کندی، شفیع گونئی و شرقی تقسیم شد و سپس عوامل نه‌گانه موثر در فرسایش (زمین شناسی، خاک، آب و هوا، رواناب، توپوگرافی، پوشش گیاهی، کاربری زمین، انواع مختلف فرسایش و فرسایش

1- Pacific Southwest Inter- Agency Committee

آبراهه‌ای) در هر یک از زیر حوضه‌ها محاسبه و برای هر عامل نقشه تهیه شد. در نهایت میزان تولید رسوب و فرسایش به وسیله نمودار و جدول نشان داده شده است. در زیر به بررسی عوامل موثر پرداخته شده است.

عامل اول- مقاومت سنگ در برابر فرسایش

یکی از عوامل تاثیرگذار در فرسایش خاک و تولید رسوب در روش PSIAC عامل زمین‌شناسی است. منظور از عامل زمین‌شناسی، نوع سنگ، سختی، خرد شدگی، هوازگی و حساسیت سنگ به فرسایش آبی و تولید رسوب می‌باشد (احمدی، ۱۳۷۴: ۵۲۳). میزان فرسایش در سطح سنگ‌ها و تولید رسوب را می‌توان تحت تاثیر دو عامل اساسی در نظر گرفت: یکی عوامل دینامیکی مانند آب و هوا، شرایط جغرافیایی ناحیه و زمین ساخت و دیگری عوامل استاتیکی که بیشتر به لیتولوژی منطقه مربوط می‌شود (رفاهی، ۱۳۷۵: ۲۳۹). تاثیر آب و هوا به صورت پدیده‌های کریوکلاستی، ترموکلاستی، هیدروکلاستی و غیره است (رجایی، ۱۳۷۳: ۹۹). بر اساس داده‌های اقلیمی ایستگاه‌های مجاور و ارتفاع حوضه از سطح دریا، ۴ تا ۶ ماه از سال میانگین دما از صفر درجه پایین‌تر است - تعداد روزهای یخبندان برای زیر حوضه‌های یدی بولوک چای بین ۱۷۲ تا ۲۲۰ روز در سال و برای کل حوضه به طور متوسط ۱۹۵ روز می‌باشد- (سازمان هواشناسی کشور) که معمولاً در طول روز عمل ذوب انجام می‌شود و در شب دما به زیر صفر رفته و یخ می‌بندد. در این حوضه میانگین نوسان دمای حداقل و دمای حداکثر ۹/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (سازمان هواشناسی کشور) که در مجموع سبب خرد شدن و جدا شدگی فلس شکل سنگ می‌شود. از نظر ساختمان، منطقه مورد مطالعه بخشی از توده آتشفشانی سبلان است که تحت تاثیر گسل‌های کوچکی شکسته شده و در بعضی جاها موجب کاهش مقاومت سنگ‌ها شده است. در هر حال در روش PSIAC بسته به این که مقاومت سنگ در مقابل فرسایش به چه اندازه باشد، از درجاتی استفاده می‌شود که آوردن جدول مربوط به درجات به علت طولانی شدن مطلب مقدور نمی‌باشد. در روش

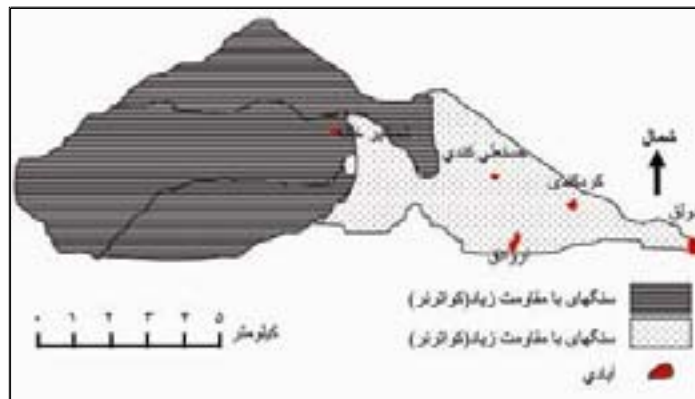
اصلاح شده PSIAC برای تعیین تاثیر زمین شناسی در فرسایش و تولید رسوب از رابطه زیر (رفاهی، ۱۳۸۲: ۲۸۹) استفاده می شود:

$$X_{I=Y_i}$$

که در آن X_I امتیاز عامل زمین شناسی و Y_i شاخص فرسایش زمین شناسی سطحی است.

زیر حوضه های یدی بولوک چای به علت قرار گرفتن در دامنه سبلان از نظر سنگ شناسی تنوع زیادی نداشته و تقریباً یکنواخت می باشد، به طوری که زیر حوضه های جنوبی و شالی کندی از دو نوع سنگ آذرین (تراکی آندزیت- تراکیت پرفیری و گدازه های آندزی بازالت- آندزیت پرفیری) تشکیل شده اند (سازمان زمین شناسی، ۱۹۹۷: ۱). این سنگ ها جزو سنگ های متبلور بوده اند که در روش اصلاح شده PSIAC در گروه فرسایشی کم (سنگ های مقاوم) قرار می گیرند و عامل زمین شناسی متعلق به این گروه ۲ الی ۴ می باشد. بنابراین با توجه به موارد فوق امتیاز عامل زمین شناسی برای زیر حوضه های جنوبی و شالی کندی ۳ در نظر گرفته می شود. حوضه شفیع گونئی دارای سه نوع سنگ می باشد که شامل دو مورد قبلی (سنگ های موجود در حوضه های جنوبی و شالی کندی) و آندزیت - داسیت پرفیری می باشد (سازمان زمین شناسی، ۱۹۹۷: ۱). این سنگ نیز در گروه سنگ های مقاوم قرار دارد، بنابراین عامل زمین شناسی برای این حوضه نیز ۳ در نظر گرفته می شود. حوضه شرقی از دو نوع سنگ تشکیل شده که شامل گدازه های آندزی بازالت - آندزیت پرفیری و کنگلومرا همراه با نهشته های از توف، خاکسترهای آتشفشانی و لاهار می باشد (سازمان زمین شناسی، ۱۹۹۷: ۱). امتیاز سنگ آندزی بازالت ۳ می باشد. کنگلومرا و مواد همراه آنها در روش PSIAC جزو مواد متوسط از نظر مقاومت محسوب می شوند، امتیاز عامل زمین شناسی برای این مواد و سنگ ها در روش اصلاح شده ۴ الی ۶ در نظر گرفته شده که به علت داشتن توف و لاهار که جزو مواد سست به شمار می روند. در اینجا امتیاز این سنگ ها ۶ در نظر گرفته شد. بنابراین یک چهارم حوضه دارای امتیاز ۳ و سه چهارم دارای امتیاز ۶ می باشد. با احتساب وسعت تحت اشغال سنگ ها در نهایت امتیاز عامل زمین شناسی برای حوضه شرقی ۵/۲۵ محاسبه گردید. به طور

کلی این امتیاز دهی منجر به تقسیم کل حوضه به دو بخش سنگ‌های با مقاومت زیاد و سنگ‌های با مقاومت متوسط تا کم شده است (شکل شماره ۲).



شکل شماره ۲. نقشه امتیاز سنگ شناسی در فرسایش خاک

عامل دوم- خاک

ویژگی‌های فیزیکی خاک تاثیر زیادی در ظرفیت نفوذ می‌گذارد و سبب می‌شود که ذرات خاک از هم جدا شده و حمل شوند (شوآپ^۱ و همکاران، ۱۹۹۳: ۹۲). در اثر یک باران برخی از خاک‌ها به آسانی نسبت به خاک‌های دیگر فرسوده می‌شوند که ناشی از ماهیت متفاوت آنها می‌باشد. فرسایش ناشی از ضربه قطرات باران به سطح خاک با شدت بارندگی و انرژی جنبشی آن رابطه مستقیم داشته و با میزان رس موجود در خاک دارای رابطه معکوس می‌باشد، زیرا نیروی چسبندگی بین ذرات رس باعث افزایش پایداری خاک گردیده و در نتیجه از میزان فرسایش و تولید رسوب می‌کاهد (رفاهی، ۱۳۸۲: ۲۹۱). در روش اصلاح شده PSIAC برای تعیین عامل خاک در فرسایش خاک و تولید رسوب از رابطه زیر (رفاهی، ۱۳۸۲: ۲۹۲) استفاده می‌شود:

$$X_{2=16.67K}$$

که در آن X_2 امتیاز رسوب دهی خاک و K عامل فرسایش پذیری خاک در فرمول جهانی فرسایش می باشد. برای تعیین K از مشخصه های درصد سیلت، شن خیلی ریز، درصد ماده آلی، ساختمان خاک و قابلیت نفوذ استفاده می شود. ضریب رسوب دهی یا K در زیر حوضه های مختلف یدی بولوک چای با استفاده از فرمول جهانی فرسایش محاسبه شده و در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

جدول شماره ۱. ضریب رسوب دهی در زیر حوضه های یدی بولوک چای

نام حوضه	جنوبی	شالی کندی	شفیع گوئی	شرقی	کل حوضه
ضریب رسوب دهی K	۰/۵۴	۰/۴۹	۰/۵۴	۰/۴۱	۰/۴۹

با توجه به جدول شماره ۱ بیشترین ضریب رسوب دهی مربوط به حوضه های جنوبی و شفیع گوئی می باشد و کمترین ضریب رسوب دهی به حوضه شرقی مربوط می شود. با توجه به ضریب رسوب دهی در زیر حوضه ها امتیاز عامل فرسایش به دست آمده است. در حوضه های شفیع گوئی و جنوبی امتیاز عامل خاک ۹، در حوضه شالی کندی بین ۷ تا ۹ (به طور متوسط $۸/۲$) و در حوضه شرقی کمتر از ۷ به دست آمده است. علت کم بودن امتیاز عامل خاک در حوضه شرقی نفوذ پذیر بودن خاک های منطقه است در حالی که در حوضه های شفیع گوئی و جنوبی به دلیل شیب زیاد و نزدیک بودن سنگ مادر تقریباً نفوذناپذیر، به سطح زمین امتیاز عامل خاک بیشتر شد. (شکل شماره ۳).

عامل سوم- آب و هوا

عامل اصلی فرسایش آبی خاک که شامل جدایی ذرات و متعاقباً انتقال آنها می باشد، قطرات باران و روان آب است (کوک و دورکمپ، ۱۳۷۷: ۱۵۲) که هر دو عامل را شرایط اقلیمی منطقه کنترل می کند. فرسایش و رسوب زایی هر منطقه تا حد زیادی وابسته به اقلیم منطقه می باشد، زیرا علاوه بر تاثیر بر روی پدیده خاک زایی بر روی پوشش گیاهی نیز تاثیر دارد (رفاهی، ۱۳۸۲: ۲۹۳). از بین عوامل اقلیمی نزولات آسمانی بخصوص باران های شدید

نقش بسزایی در میزان فرسایش دارد. برای به دست آوردن امتیاز عامل آب و هوا در روش اصلاح شده PSIAC از رابطه زیر (رفاهی، ۱۳۷۵: ۲۴۴) استفاده می‌شود:

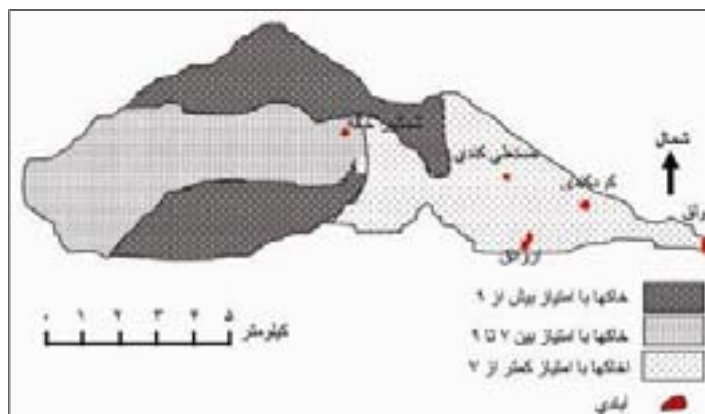
$$X_{3=2P2}$$

که در آن X_3 امتیاز عامل آب و هوا و $P2$ مقدار بارندگی ۶ ساعته با دوره برگشت ۲ سال برحسب میلی‌متر می‌باشد. برای محاسبه حداکثر بارندگی ۶ ساعته با دوره برگشت ۲ ساله از رابطه زیر (سبحانی، ۱۳۷۶: ۱۵۸) استفاده شده است:

$$P6 = .437P24 + 8/93$$

در فرمول فوق $P6$ حداکثر بارندگی ۶ ساعته با دوره برگشت معین برحسب میلی‌متر، $P24$ حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته با دوره برگشت معین برحسب میلی‌متر می‌باشد. امتیاز عامل آب و هوا با استفاده از فرمول فوق محاسبه و در جدول شماره ۲ ارائه شد.

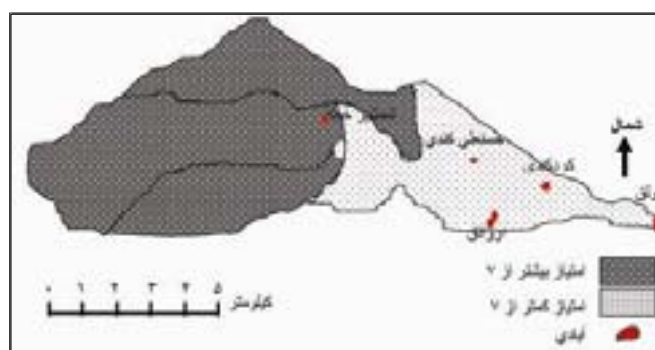
شکل شماره ۳. امتیاز عامل خاک در فرسایش خاک در مدل PSIAC



جدول شماره ۲. حداکثر بارش ۶ ساعته و امتیاز عامل آب و هوا در زیر حوضه‌های یدی بولوک چای

نام حوضه	دوره برگشت به سال	حداکثر بارندگی ۶ ساعته به میلیمتر	امتیاز عامل آب و هوا
حوضه جنوبی	۲	۳/۸	۷/۶
حوضه شالی کندی	۲	۳/۸	۷/۶
حوضه شفیع گونئی	۲	۳/۸	۷/۶
حوضه شرقی	۲	۳/۳	۶/۶

همان طور که جدول ۲ نشان می‌دهد، به علت یکسان بودن شرایط آب و هوایی در حوضه‌های جنوبی، شالی کندی و شفیع گونئی امتیاز این عامل نیز یکسان به دست آمده است. در حوضه شرقی به علت واقع شدن در منطقه پست نسبت به حوضه‌های دیگر امتیاز عامل آب و هوایی کمی کمتر از امتیاز حوضه‌های دیگر می‌باشد. برای مقایسه بهتر امتیاز عامل آب و هوا به صورت نقشه آمده است (شکل شماره ۴). به طور کلی حوضه از نظر آب و هوا و با توجه به امتیاز PSIAC امتیازی بین متوسط تا زیاد را دارا می‌باشد.



شکل شماره ۴. نقشه امتیاز عامل آب و هوا در حوضه یدی بولوک چای براساس روش PSIAC

عامل چهارم- هرز آب یا رواناب

میزان فرسایش در حوضه‌ای که دارای پوشش گیاهی مناسب باشد و خاک آن نیز نفوذپذیر باشد، ناچیز خواهد بود (رفاهی، ۱۳۸۲: ۲۹۴). در مطالعه اثر روان آب بر روی فرسایش خاک می‌توان خصوصیات هیدرولوژیک حوضه مانند دبی ویژه سیلاب‌ها، دبی ویژه

با دوره‌های بازگشت مختلف، شدت طغیان، تداوم و تکرار طغیان‌ها، گروه هیدرولوژیکی خاک‌ها و یا هر خصوصیتی که بتواند باعث شناخت هرچه بیشتر این عامل و تاثیر آن بر روی فرسایش و تولید رسوب گردد، را بررسی نمود. بین این عوامل دبی ویژه یا آب دهی در واحد زمان و سطح معیار مناسبی برای عامل روان‌آب می‌باشد. در روش PSIAC امتیاز عامل روان‌آب بین صفر تا ده متغیر می‌باشد. عدد صفر برای حوضه‌هایی است که دارای نفوذپذیری بسیار خوب بوده و هرز آب تولیدی در آنها بسیار اندک باشد و عدد ده برای حوضه‌هایی است که به دلیل شرایط خاصی که دارا می‌باشند قسمت اعظم نزولات جوی به روان‌آب تبدیل می‌شود. در روش اصلاح شده PSIAC برای برآورد امتیاز عامل روان‌آب از رابطه زیر (رفاهی، ۱۳۷۵: ۲۴۵) استفاده می‌شود:

$$X_{4=2(0.03R+50QP)}=0.006+10QP$$

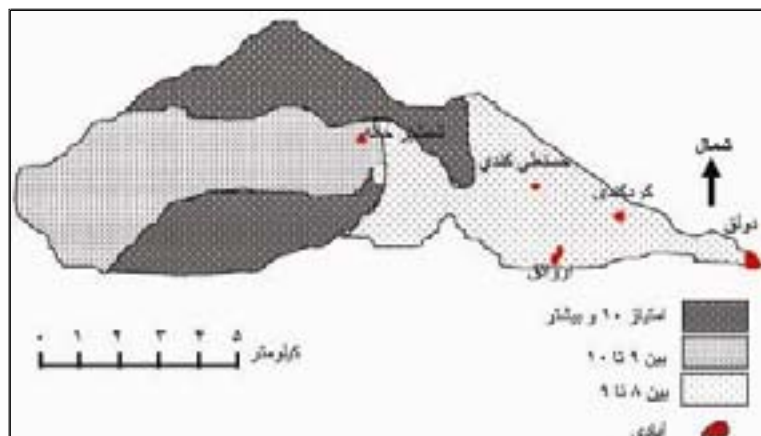
در فرمول فوق X_4 امتیاز عامل روان‌آب، R ارتفاع روان‌آب سالانه برحسب میلی‌متر و QP دبی ویژه پیک برحسب متر مکعب بر ثانیه در کیلومتر مربع می‌باشد. براساس فرمول فوق امتیاز عامل روان‌آب در زیر حوضه جنوبی، حوضه شرقی و حوضه شالی‌کندی محاسبه گردید و نتایج آن در جدول شماره ۳ درج شده است.

جدول شماره ۳. امتیاز عامل رواناب در زیر حوضه‌های یدی بولوک چای

نام حوضه	رواناب (mm)	دبی ویژه $m^3/s/km^2$	امتیاز رواناب
جنوبی	۱۲۶/۴۲	۰/۱۴	۱۰/۸
شالی‌کندی	۱۱۵/۵۲	۰/۲۱	۹/۳
شفیع‌گوئی	۱۲۵/۳۸	۰/۱۴	۱۰/۷
شرقی	۱۱۳/۴	۰/۱۱	۸/۹

همان‌طور که جدول شماره ۳ نشان می‌دهد، در حوضه جنوبی و شفیع‌گوئی که نسبت به حوضه‌های دیگر از شیب بیشتری برخوردارند، امتیاز عامل رواناب بیشتر می‌باشد. البته غیر از شیب میزان نفوذپذیری سازندها نیز در این عمل تاثیر دارد که به علت نفوذپذیری بیشتر سنگ‌های حوضه شرقی از امتیاز کمتری نسبت به حوضه‌های دیگر برخوردار می‌باشد. در کل با توجه به جدول شماره ۳ در زیر حوضه‌های یدی بولوک چای امتیاز عامل رواناب بالاست

که دلیل این امر کوهستانی بودن منطقه، شیب توپوگرافی زیاد و وجود خاکهای با نفوذ پذیری کم می باشد (شکل ۵).



شکل شماره ۵. نقشه امتیاز عامل رواناب در زیر حوضه های یدی بولوک چای

عامل پنجم- پستی و بلندی

یکی از مهم ترین عوامل موثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در هر حوضه پستی و بلندی است که معمولاً با شاخص شیب سنجیده می شود (رفاهی، ۱۳۸۲: ۲۹۵). فرسایش معمولاً در شیب های تند که دارای طول زیادی نیز می باشند، افزایش می یابد، دلیل این امر اضافه شدن مقدار و سرعت روان آب و همچنین افزایش نقش قطرات باران در ایجاد فرسایش می باشد. امتیاز این عامل در روش PSIAC بین صفر تا بیست در نظر گرفته شده است. عدد صفر برای مناطق با شیب کم و دشت های آبرفتی و دامنه ای (اراضی با شیب کمتر از ۳ درصد) و عدد بیست برای اراضی کوهستانی و با شیب زیاد (بیش از ۳۰ درصد) می باشد. در روش اصلاح شده PSIAC برای تعیین امتیاز توپوگرافی از رابطه زیر (رفاهی، ۱۳۷۵: ۲۴۶) استفاده می شود.

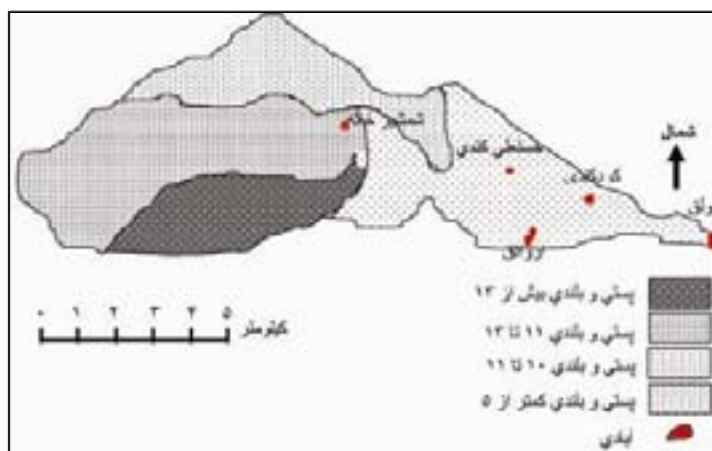
$$X_{5=33S}$$

در رابطه بالا X_5 درجه رسوب دهی و S شیب متوسط برحسب درصد می باشند.

با استفاده از رابطه فوق ابتدا شیب متوسط تمامی زیر حوضه‌ها محاسبه گردید (سازمان جغرافیایی، ۱۳۵۴) و سپس در فرمول فوق امتیاز عامل توپوگرافی در کل حوضه و زیر حوضه‌های آن به دست آمد. در کل حوضه آبریز یدی بولوک چای شیب متوسط $29/3$ درصد است و امتیاز عامل توپوگرافی $9/7$ محاسبه شده است، در زیر حوضه شفیع گونئی شیب متوسط $30/71$ درصد و امتیاز توپوگرافی بین 10 تا 11 (به طور متوسط $10/1$)، در زیر حوضه شالی کندی شیب متوسط $33/7$ درصد و امتیاز آن بین 11 تا 13 (به طور متوسط $11/1$)، در زیر حوضه جنوبی شیب متوسط $40/2$ درصد و امتیاز پستی و بلندی بیش از 13 (میانگین $13/3$) و در زیر حوضه شرقی که یک دشت سیلابی است دارای شیب $12/6$ درصد و امتیاز کمتر از 5 (میانگین $4/2$) می‌باشد (شکل شماره ۶).

عامل ششم- پوشش گیاهی

تاثیر پوشش گیاهی در خاک و فرسایش آن مربوط به فعالیت ریشه و نوع و مقدار هوموسی که در محل مربوطه تولید می‌گردد، می‌باشد (کردوانی، ۱۳۷۴: ۷۶). بنابراین هرچه پوشش گیاهی انبوه باشد، سطح خاک را محافظت نموده و از شدت فرسایش آن می‌کاهد. انواع پوشش زمین عبارتند از پوشش گیاهی، لاشبرگ و پوشش سنگی. وجود هریک از پوشش‌های فوق می‌تواند از ضربات قطرات باران بکاهد و در نتیجه سبب کاهش تولید رسوب شود. در روش PSIAC برای پوشش زمین درجه رسوب دهی بین 10 تا 10 در نظر گرفته شده است. برای تعیین امتیاز عامل پوشش زمین در روش اصلاح شده PSIAC از رابطه زیر (رفاهی، ۱۳۷۵: ۲۴۸) استفاده شده است.



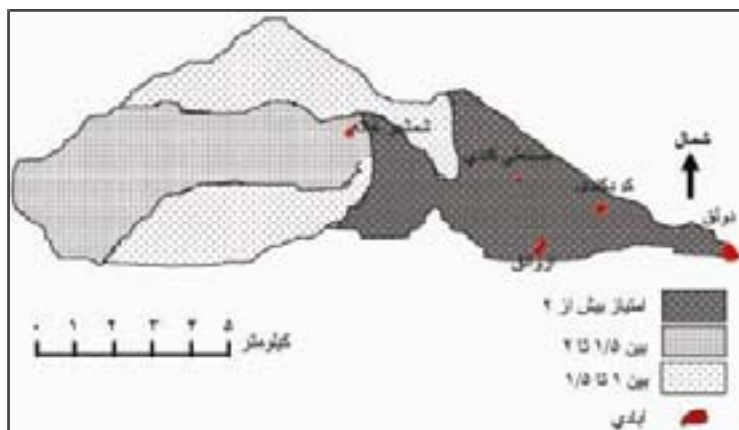
شکل شماره ۶. نقشه امتیاز عامل پستی و بلندی در زیر حوضه آبریز یدی بولوک چای

$$X_{6=2Pb}$$

در این فرمول X_6 امتیاز پوشش زمین و Pb درصد اراضی لخت و فاقد پوشش می‌باشد. با توجه به فرمول ابتدا درصد اراضی لخت و فاقد پوشش گیاهی با استفاده از عکس‌های هوایی (سازمان جغرافیایی، ۱۳۳۵) مورد ارزیابی قرار گرفت و سپس امتیاز عامل پوشش گیاهی به دست آمد. بر این اساس اراضی بدون پوشش در حوضه جنوبی ۷ درصد و امتیاز عامل پوشش زمین بین ۱ تا ۱/۵ (به طور میانگین ۱/۴)، در حوضه شالی کندی اراضی لخت ۱۰ درصد و امتیاز عامل پوشش زمین بین ۱/۵ تا ۲، در حوضه شفیع گونئی زمین فاقد پوشش ۷ درصد و امتیاز عامل پوشش زمین بین ۱ تا ۱/۵ (میانگین ۱/۴) و در حوضه شرقی اراضی بدون پوشش ۱۱ درصد و امتیاز عامل پوشش بیش از ۲ (۲/۲) محاسبه شد (شکل شماره ۷).

عامل هفتم- نحوه استفاده از زمین

نحوه استفاده از زمین در افزایش حاصلخیزی خاک‌ها یا از بین رفتن آنها بسیار موثر می‌باشد، (رجایی، ۱۳۷۳: ۷۴). فعالیت‌های انسان از زمانی که شروع به بهره برداری از زمین نموده در جهت تشدید فرسایش بوده است (رفاهی، ۱۳۸۲: ۲۹۸). از عمده‌ترین این فعالیت‌ها می‌توان به عملیات آماده نمودن زمین مانند شخم، چرای مفراط دام‌ها، بهره برداری غیر اصولی از جنگل‌ها، احداث معادن، توسعه مناطق شهری و احداث جاده‌ها اشاره نمود. حوضه یدی بولوک چای عمدتاً دارای کاربری کشاورزی و دامداری می‌باشد. کشاورزی در منطقه بیشتر حالت سنتی و بدون در نظر گرفتن اصول زراعی انجام می‌گیرد.



شکل شماره ۷. نقشه امتیاز پوشش زمین در زیر حوضه‌های یدی بولوک چای

در شیب‌های تند عمدتاً زمین‌های کشاورزی در جهت شیب شخم زده می‌شوند که از عوامل عمده فرسایش تشدید می‌شمار می‌رود. دامداری نیز حالت سنتی دارد و از زمان ذوب برف‌ها در فصل بهار تا ریزش برف پاییزی زمین‌های مرتعی تحت چرای بی رویه و مفراط قرار دارد. در سال‌های اخیر اثر این عامل تشدید شده است. زیرا در گذشته هر مرتعی پروانه چرا داشت و صاحب مرتع در حفاظت و نگهداری آن سعی تمام می‌کرد و مرتع حتی‌الامکان در بخشی از سال قرق می‌شد، در نتیجه اثر حفاظتی پوشش گیاهی بر خاک بیشتر بود. در

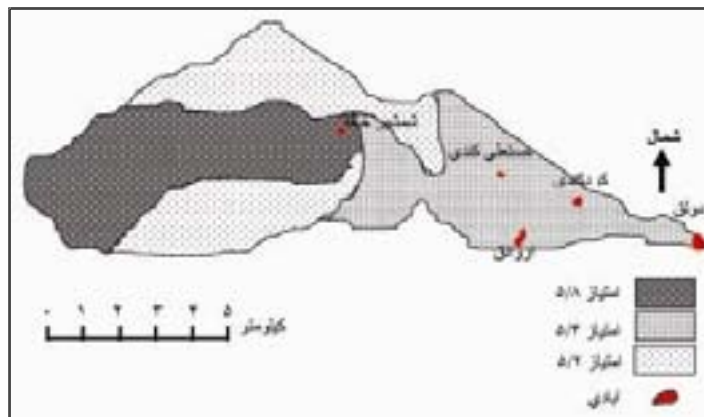
سال‌های اخیر دولت بهره برداری از بسیاری از مراتع منطقه را مشاع نموده است. مشاع بودن مراتع باعث شده که از یک طرف تعداد دام‌ها در مرتع کنترل نشود و از طرف دیگر حالت قرق بودن از بین رفته و در نتیجه اثر حفاظتی پوشش گیاهی تا حدود زیادی از بین رفته است. به علاوه در مناطق کوهستانی به منظور دسترسی به محل اطراق عشایر جهاد سازندگی اقدام به احداث جاده‌هایی نموده که در آنها کمترین توجهی به منابع طبیعی و عوامل مورفوزنیک نشده است. این عامل نیز به عنوان عامل تشدید کننده فرسایش محسوب می‌شود. غیر از موارد ذکر شده در سال‌های اخیر استخراج معادن در منطقه آغاز شده است. استفاده از معادن نیز بدون کوچکترین توجهی به محیط زیست و عوامل مورفوزنیک صورت می‌گیرد. مجموعه عوامل فوق حوضه یدی بولوک چای را با وجود داشتن سنگ‌های مقاوم، پوشش گیاهی غنی، خاک‌های با چسبندگی زیاد و غیره در معرض فرسایش قرار داده و اگر جلو این اقدامات بدون احتیاط گرفته نشود، امکان دارد خسارت غیر قابل جبرانی به منطقه وارد شود.

در هر حال درجه رسوب دهی عامل کاربری زمین بین ۱۰- تا ۱۰+ تغییر می‌نماید. در صورتی که در سطح حوضه فعالیت‌های کشاورزی معمول نباشد و یا درصد کم تحت زراعت اصولی و صحیح از نظر حفاظت آب و خاک باشد و یا سطح حوضه پوشیده از گیاهان انبوه باشد و کمتر مورد تعلیف قرار گیرد، نقش عامل فوق در میزان فرسایش خاک و تولید رسوب منفی است (۱۰-). در صورتی که در بیش از نیمی از سطح حوضه عملیات کشاورزی بدون رعایت اصول حفاظت خاک صورت گیرد و یا چرای سنگین اعمال گردد نقش عامل فوق مثبت است. در روش جدید PSIAC برای به دست آوردن امتیاز عامل کاربری زمین از رابطه زیر (رفاهی، ۱۳۷۵: ۲۴۹) استفاده می‌شود:

$$X_{7=20-2Pc}$$

در رابطه فوق X_7 امتیاز درجه رسوب دهی عامل نحوه استفاده از اراضی و Pc مقدار تاج پوشش برحسب درصد می‌باشند. بر اساس رابطه فوق ابتدا درصد تاج پوشش گیاهی با استفاده عکس‌های هوایی در هریک از زیر حوضه‌ها به دست آمد و سپس امتیاز نهایی عامل نحوه استفاده از زمین محاسبه گردید. بر این اساس در حوضه جنوبی ۷ تاج پوشش گیاهی ۷۴

درصد و امتیاز عامل کاربری زمین ۵/۲، در حوضه شالی کندی تاج پوشش ۷۱ درصد و امتیاز عامل کاربری زمین ۵/۸، در حوضه شفیع گوئی تاج پوشش ۷۴ درصد و امتیاز عامل کاربری اراضی ۵/۲ و در حوضه شرقی تاج پوشش ۷۳ درصد و امتیاز عامل نحوه استفاده از زمین ۵/۴ محاسبه گردید (شکل شماره ۸).



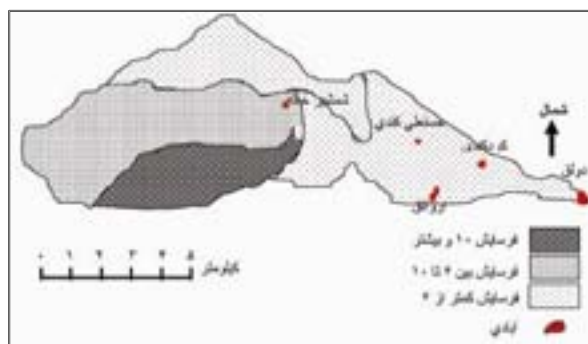
شکل شماره ۸. نقشه امتیاز عامل نحوه استفاده از زمین در زیر حوضه‌های یدی بولوک چای

عامل هشتم- اشکال مختلف فرسایش

برای بررسی نقش عامل اشکال فرسایش در تولید رسوب، فرسایش سطحی موجود در حوضه مانند فرسایش بارانی، فرسایش ورقه‌ای، فرسایش شیاری و فرسایش خندقی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد البته به جز فرسایش آبراهه‌ای (رفاهی، ۱۳۸۲: ۳۰۰)، به دلیل اهمیت این عامل در تولید رسوب امتیاز آن از صفر تا ۲۵ متغیر می‌باشد. در صورتی که در سطح زمین هیچ گونه فرسایش مشاهده نشود، امتیاز صفر و در صورتی که بیش از ۵۰ درصد سطح زمین درگیر فرسایش‌هایی از نوع شیاری و خندقی باشد، امتیاز ۲۵ منظور می‌گردد. برای تعیین امتیاز عامل انواع فرسایش در حوضه‌ها در روش اصلاح شده PSIAC از رابطه زیر (رفاهی، ۱۳۷۵: ۲۵۰) استفاده می‌شود:

$$X_{8=25S.S.F.}$$

در فرمول بالا X_8 امتیاز عامل وضعیت فعلی فرسایش و S.S.F. امتیاز عامل سطحی خاک در مدل BLM^۱ می‌باشد. حوضه یدی بولوک چای با استفاده از مشاهدات میدانی و عکس‌های هوایی (سازمان جغرافیایی، ۱۳۳۵) مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت و بر این اساس داده‌های زیر برای هریک از زیر حوضه‌ها محاسبه گردید. در حوضه جنوبی حدود ۱۱۳ هکتار از کل حوضه (۶۶۲ هکتار) تحت تاثیر انواع فرسایش قرار دارند (سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل، ۱۳۸۳: ۲۱۹) و در روش جدید نمره S.S.F. برای این حوضه ۴۰ از کل امتیاز (۱۰۰) داده شده است و امتیاز نهایی عامل انواع فرسایش در این حوضه بیشتر از ۱۰ محاسبه گردیده است. در حوضه شفیع گونئی ۲۱ هکتار از کل حوضه (۷۱۶ هکتار) تحت تاثیر انواع مختلف فرسایش می‌باشد (سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل، ۱۳۸۳: ۲۱۹). امتیاز S.S.F. در این حوضه ۷ و امتیاز عامل فرسایش در این حوضه کمتر از ۶ (۱/۷۵) محاسبه گردیده است. انواع مختلف فرسایش ۱۸۵ هکتار از کل حوضه (۱۵۵۹ هکتار) از اراضی حوضه شالی‌کندی را تحت تاثیر خود قرار داده‌اند و در روش جدید نمره S.S.F. ۲۸ و امتیاز عامل فرسایش بین ۶ تا ۱۰ (متوسط ۷) به دست آمده است. بالاخره در حوضه شرقی ۳۳ هکتار از کل حوضه (۱۸۵۵ هکتار) تحت تاثیر انواع فرسایش به غیر از فرسایش رودخانه‌ای قرار دارند، نمره S.S.F. ۵ و امتیاز عامل فرسایش در این حوضه کمتر از ۶ (۱/۲۵) تخمین زده شده است (شکل ۹).



شکل شماره ۹. امتیاز عامل وضعیت فرسایش در زیر حوضه‌های یدی بولوک چای

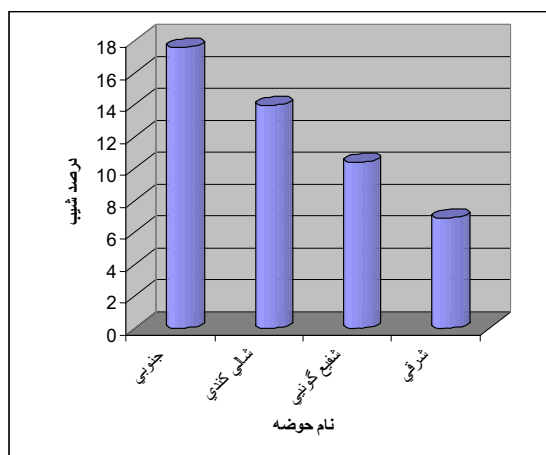
عامل نهم- فرسایش رودخانه‌ای

در اغلب آبراهه‌ها و رودخانه‌های اصلی فرسایش کناری مشاهده می‌شود و دائماً بستر رودخانه‌ها در حال تغییر می‌باشد، بنابراین یکی از عوامل مهم تولید رسوب، فرسایش رودخانه‌ای محسوب می‌شود (احمدی، ۱۳۷۴: ۵۴۸). از جمله عوامل موثر در فرسایش رودخانه‌ای و حمل رسوب می‌توان شیب متوسط بستر رودخانه، نوع سنگ‌ها و انرژی بالقوه جریان سیلاب‌ها را نام برد. در زیر حوضه‌های یدی بولوک چای به غیر از حوضه شرقی که دارای شیب کمتر از ۱۰ می‌باشد، بقیه از شیب نسبتاً زیادی برخوردارند (شکل شماره ۱۰).

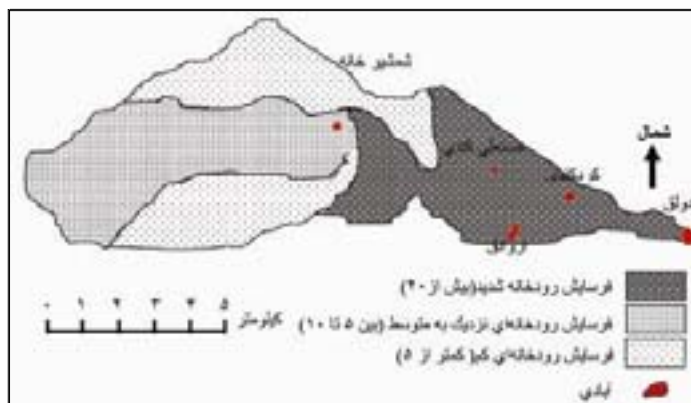
این حوضه عمدتاً از سنگ‌های آذرین تشکیل شده، بنابراین زیاد مستعد فرسایش نمی‌باشند. پوشش گیاهی به عنوان عامل بازدارنده فرسایش کناری محسوب می‌شود و منطقه مورد مطالعه از پوشش گیاهی خوب برخوردار می‌باشد. با توجه به گفته‌های بالا بایستی میزان فرسایش کنار رودخانه‌ای در حوضه یدک بولوک چای کم باشد. برای پی بردن به میزان دقیق فرسایش رودخانه‌ای در مدل PSIAC از صفر تا ۲۵ به این عامل امتیاز داده شده است. برای مشخص کردن امتیاز عامل فرسایش آبراهه‌ای در روش جدید PSIAC از رابطه زیر (رفاهی، ۱۳۷۵: ۲۵۲) استفاده می‌شود:

$$X_{9=1.67SSF.g}$$

در این فرمول X_9 امتیاز عامل فرسایش رودخانه‌ای و $SSF.g$ نمره نهایی فرسایش خندقی در مدل BLM می‌باشد. براساس این مدل در حوضه‌های جنوبی و شفیع گونئی نمره نهایی فرسایش خندقی ۲ در حوضه شالی کندی ۵ و در حوضه شرقی ۱۲ محاسبه گردید. با توجه به اعداد به دست آمده امتیاز عامل فرسایش آبراهه‌ای برای حوضه‌های جنوبی و شفیع گونئی کمتر از ۵ (۳/۳۴)، حوضه شالی کندی بین ۵ تا ۱۰ (۸/۳۵) و برای حوضه شرقی بیش از ۱۰ (۲۰) به دست آمده است (شکل شماره ۱۱). علت فرسایش زیاد در حوضه شرقی فرسایش پذیر بودن سازندهای زمین شناسی سست (کنگلومرا همراه با نهشته‌های توف، خاکسترهای آتشفشانی و لاهار) می‌باشد.



شکل شماره ۱۰. درصد شیب متوسط آبراهه اصلی زیر حوضه‌های یدی بولوک چای



شکل شماره ۱۱. امتیاز عامل فرسایش آبراهه‌ای در زیر حوضه‌های یدی بولوک چای

برآورد تولید رسوب در حوضه یدی بولوک چای

پس از تعیین امتیاز ۹ عامل موثر در مدل PSIAC که در جدول شماره ۴ ارائه شده، به منظور تعیین میزان رسوب زایی در هریک از اجزای واحد اراضی از جدول شماره ۵ استفاده می‌شود. بر اساس جداول شماره ۴ و ۵ تمام زیر حوضه‌های یدی بولوک چای از نظر فرسایش و تولید رسوب در کلاس سوم قرار می‌گیرند که شدت رسوب دهی در آنها متوسط می‌باشد.

جدول شماره ۴. جمع امتیازهای عوامل نه‌گانه فرسایش در مدل PSIAC

ردیف	عامل / حوضه	جنوبی	شالی‌کندی	شفیع‌گوئی	شرقی	کل حوضه
۱	زمین‌شناسی	۳	۳	۳	۵/۲۵	۳/۶
۲	خاک	۹	۸/۲	۹	۶/۸	۸/۲۵
۳	آب و هوا	۷/۶	۷/۶	۷/۶	۶/۶	۷/۳۵
۴	رواناب	۱۰/۸	۹/۳	۱۰/۷	۸/۹	۹/۹
۵	توپوگرافی	۱۳/۳	۱۱/۱	۱۰/۱	۴/۲	۹/۷
۶	پوشش زمین	۱/۴	۲	۱/۴	۲/۲	۱/۷۵
۷	کاربری اراضی	۵/۲	۵/۸	۵/۲	۵/۴	۵/۴
۸	انواع فرسایش	۱۰	۷	۱/۷۵	۱/۲۵	۵
۹	فرسایش آبراهه‌ای	۳/۳۴	۸/۳۵	۳/۳۴	۲۰	۸/۸
۱۰	جمع امتیاز	۶۳/۶	۶۲/۳	۵۲/۱	۶۰/۶	۵۹/۷

جدول شماره ۵. تعیین میزان تولید رسوب سالانه و کلاس فرسایش خاک در روش PSIAC

کلاس رسوب دهی و فرسایش	شدت رسوب دهی	تولید رسوب سالانه (متر مکعب در کیلومتر مربع)	نمرات نشاندهنده شدت رسوب دهی
V	خیلی زیاد	>۱۴۲۹	>۱۰۰
IV	زیاد	۱۴۲۹-۴۷۶	۱۰۰-۷۵
III	متوسط	۴۷۶-۲۳۸	۷۵-۵۰
II	کم	۲۳۸-۹۵	۵۰-۲۵
I	خیلی کم	<۹۵	۲۵-۰

به منظور اعمال دقت بیشتر و کم کردن خطا برای برآورد تولید رسوب از رابطه بین

درجه رسوب دهی و میزان تولید رسوب استفاده می‌شود:

$$Q_s = 38.77e^{0.0353R}$$

که در آن:

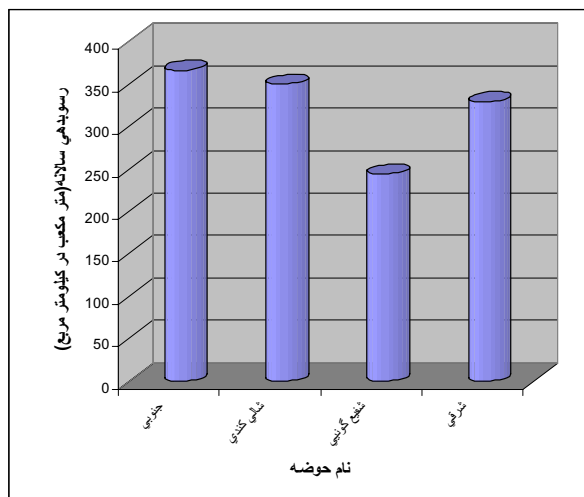
Qs: میزان رسوب دهی سالانه برحسب متر مکعب در کیلومتر مربع.

R: درجه رسوب دهی یعنی مجموع امتیازات عوامل مختلف در نظر گرفته شده در مدل

PSIAC

E: لگاریتم پایه نپرین

بر اساس رابطه فوق میزان رسوب دهی سالانه در هریک از زیر حوضه‌های یدی بولوک چای محاسبه گردید که عبارت است از: حوضه جنوبی ۳۶۶، حوضه شالی کندی ۳۴۹/۶، حوضه شفیع گونئی ۲۴۳/۹ و حوضه شرقی ۳۲۹/۲ متر مکعب در کیلومتر مربع در سال (شکل ۱۲ و جدول ۶).



شکل شماره ۱۲. میزان رسوب دهی سالانه در زیر حوضه‌های یدی بولوک چای بر اساس مدل PSIAC

استفاده از رابطه فوق برای محاسبه میزان رسوب در اغلب شرایط میزان رسوب را بیش از میزان مشاهده شده برآورد می‌کند بر این اساس جانسون و گمبهارت براساس تجزیه و تحلیل داده‌های لیفست^۱ (که از مقایسه رسوبدهی مشاهده‌ای و درجه رسوبدهی یعنی R در حوضه‌های مختلف حاصل شده بود) ضرایب معادله فوق را اصلاح نموده و معادله زیر را ارائه دادند (رفاهی، ۱۳۸۲: ۳۰۳).

$$Q_s = 18/6e^{0/036R}$$

براساس رابطه فوق میزان رسوب دهی سالانه در حوضه عبارت است از: در حوضه جنوبی ۱۸۳/۶، در حوضه شالی کندی ۱۷۵/۲، در حوضه شفیع گونئی ۱۲۱/۴ و در حوضه

شرقی ۱۶۴/۸ متر مکعب در کیلومتر مربع در سال. براساس رابطه اخیر تمام زیر حوضه های یدی بولوک چای در کلاس دوم رسوب دهی قرار می گیرند که شدت فرسایش و رسوب دهی در آنها کم می باشد (جدول شماره ۶). در این زمینه میزان چگالی یا وزن مخصوص رسوبات را علیزاده ۱/۴ پیشنهاد می کند.

برآورد میزان تولید رسوب در حوضه یدی بولوک چای در ... ۱۴۳

جدول شماره ۶. تعیین میزان رسوب و کلاس فرسایش در زیر حوضه‌های یدی بولوک چای

نام حوضه	جنوبی	شالی کندی	شفیع‌گوئی	شرقی	کل حوضه
مساحت حوضه (km ²)	۶/۶	۱۵/۶	۷/۲	۱۸/۶	۴۸
رسوب ویژه (m ³ /km ² /y) مدل PSIAC	۳۶۶	۳۴۹/۶	۲۴۳/۹	۳۲۹/۲	۳۱۹
رسوب ویژه (m ³ /km ² /y) در مدل جانسون و گمبهارت	۱۸۳/۶	۱۷۵/۲	۱۲۱/۴	۱۶۴/۸	۱۵۹/۵
رسوب ویژه (ton/km ² /y) در مدل PSIAC	۵۱۲/۴	۴۸۹/۴	۳۴۱/۵	۴۶۰/۱	۴۴۶/۶
رسوب ویژه (ton/km ² /y) در مدل جانسون و گمبهارت	۲۵۷	۲۴۵/۳	۱۷۰	۲۳۰/۷	۲۲۳/۳
بار رسوبی (ton/y) در مدل PSIAC	۳۳۸۲	۷۶۳۵	۲۴۵۹	۸۵۵۸	۲۱۴۳۷
بار رسوبی (ton/y) در مدل جانسون و گمبهارت	۱۶۹۶	۳۸۲۷	۱۲۲۴	۴۲۹۱	۱۰۷۱۸
رسوب ویژه (t/ha) در مدل PSIAC	۵/۱۲	۴/۹	۳/۴	۴/۶	۴/۵
رسوب ویژه (t/ha) در مدل جانسون و گمبهارت	۲/۵۷	۲/۴۵	۱/۷	۲/۳	۲/۲۳
شدت رسوب دهی در مدل PSIAC	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط
شدت رسوب دهی در مدل جانسون و گمبهارت	کم	کم	کم	کم	کم
کلاس رسوب دهی در مدل PSIAC	۳	۳	۳	۳	۳
کلاس رسوب دهی در مدل جانسون و گمبهارت	۲	۲	۲	۲	۲

منابع

۱. احمدی، ح. (۱۳۷۴)، «ژئومورفولوژی کاربردی»، جلد ۱ فرسایش آبی، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۱۴ ص.
۲. رجایی، ع. (۱۳۷۳)، «کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین و مدیریت محیط»، انتشارات قومس، ۳۴۴ ص.
۳. رجایی، ع. (۱۳۷۳)، «ژئومورفولوژی کاربردی در برنامه‌ریزی و عمران ناحیه‌ای»، انتشارات قومس، ۳۲۸ ص.
۴. رفاهی، ح. (۱۳۸۲)، «فرسایش آبی و کنترل آن»، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۷۱ ص.
۵. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (۱۳۵۴)، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰۰ ثمرین و نقدی بالا.
۶. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (۱۳۳۵)، عکسهای هوایی ۱:۵۵۰۰۰ منطقه.
۷. سازمان جهاد کشاورزی استان اردبیل (۱۳۸۳)، گزارش مطالعات تلفیق و طراحی حوضه آبخیز سبلان، ۳۴۰ ص.
۸. سازمان زمین شناسی کشور (۱۹۹۷)، نقشه‌های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اردبیل و سراب.
۹. سازمان هواشناسی کشور، آمار و داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های اردبیل، سرعین، نیر.
۱۰. کردوانی، پ. (۱۳۷۴)، «جغرافیای خاک‌ها»، چاپ ششم، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۵۰ ص.
۱۱. کوک، آر. یو و جی. سی. دورکمپ (۱۳۷۷)، «ژئومورفولوژی و مدیریت محیط» ترجمه‌ی شاپور گودرزی نژاد، جلد اول، انتشارات سمت، ۳۸۴ صفحه.
12. Schwab, O, Delmar D. Fangmeier, W. G. Elliot and R. K. Frevert (1993), "*Soil and Water Conservation Engineering*", Fourth Edition, Wiley & Sons, Inc, New York, P507.