

برآورد میزان فرسایش آبی و خاک تلف شده از یک خندق در سطح حوضه آتش‌بیگ

مریم بیاتی خطیبی^{۱*}

فریبا کرمی^۲

چکیده

حساسیت دامنه‌ها نسبت به فرسایش آب‌کندی در محدوده‌های مختلف جغرافیایی و شرایط اقلیمی حاکم، بسیار متفاوت است. در دامنه‌های کوهستان‌های نیمه‌خشک، تلف شدن خاک در اثر انواع فرسایش، به ویژه فرسایش آب‌کندی در اثر رواناب‌های جاری در سطوح شیب‌دار، از جدی‌ترین مسائل ژئومورفولوژیکی، هیدرولوژیکی، انسانی و از عمده‌ترین معضلات زمین‌های تحت کشت در بخش‌های مرتفع حوضه‌ها در دهه‌های اخیر محسوب می‌شود. در زیرحوضه آتش‌بیگ (در موقعیت جغرافیایی $37^{\circ} 00'$ تا $37^{\circ} 20'$ عرض شمالی و $45^{\circ} 46'$ تا $47^{\circ} 15'$ طول شرقی قرار گرفته است) آب‌کندها- به عنوان یکی از اشکال مهم حاصل از فرسایش تسریع شده در شیب‌های نسبتاً تند در دامنه‌های متشکل از سازندهای مستعد به فرسایش تشکیل و با توجه به تراکم آب‌کندهای تشکیل شده، می‌توانند مواد دامنه‌ای را در زمان کوتاهی به پای دامنه‌ها منتقل سازند. در این مقاله سعی شده است با استفاده از روش‌های کمی و به کارگیری روابط تجربی (E, Tr, Dg, \dots) فرسایش و میزان خاک تلف شده از یک خندق مجزا برآورد شده است. در ابتدا با استفاده از ضریب هیدروترمال (HTK) استعداد منطقه برای ایجاد خندق‌ها بررسی و سپس با استفاده از روابط متناسب، ویژگی‌های رواناب‌ها از نظر زمان جابجایی به صورت کمی بررسی شد و میزان رسوب حاصل از یک خندق مجزا برآورد گردید (Dg). نتایج حاصل این بررسی‌ها حاکی از این است که شدت فرسایش آب‌کندی در بخش‌های مختلف حوضه آتش‌بیگ متفاوت است. در قسمت‌های میانی حوضه شدت فرسایش بیشتر از سایر بخش‌های حوضه مشاهده می‌شود. نتایج حاصل از به کارگیری HTK نشان می‌دهد که در حدود پنج ماه از سطح حوضه مورد مطالعه از نظر پارامترهای اقلیمی برای ایجاد آب‌کندهای عمیق مساعد می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از به کارگیری رابطه‌ی آستانه‌ی فرسایش در حوضه آتش‌بیگ، می‌توان گفت که میزان فرسایش در بیشتر بخش‌های حوضه از خط آستانه بسیار بیشتر است.

کلمات کلیدی: فرسایش، فرسایش خندقی، تلف شدن خاک، حوضه آتش‌بیگ.

مقدمه

حساسیت دامنه‌ها نسبت به فرسایش آبکندی در محدوده‌های مختلف جغرافیایی و شرایط اقلیمی حاکم، بسیار متفاوت است. در دامنه‌های کوهستان‌های نیمه‌خشک، تلف شدن خاک در اثر انواع فرسایش، به ویژه فرسایش آبکندی در اثر رواناب‌های جاری در سطوح شیب‌دار، از جدی‌ترین مسائل ژئومورفولوژیکی، هیدرولوژیکی، انسانی و از عمده‌ترین معضلات زمین‌های تحت کشت در بخش‌های مرتفع حوضه‌ها در دهه‌های اخیر محسوب می‌شود که مسائل اقتصادی و اجتماعی بسیاری نیز در پی دارد (عثمان صالح^۱، ۲۰۱۱، وانگ^۲، ۲۰۱۰: ۱۲۱، چاپلوت و همکاران^۳، ۲۰۰۵: ۴۵۱). در محدوده‌های شیب‌دار، در اثر وقوع آشفته‌گی‌های سطحی، فرآیند برهنگی زمین^۴ با تمرکز آب‌های جاری در گودی‌ها و افزایش نیروی فرسایشی آب و ایجاد شیپارها (با عمقی از چند سانتی‌متر تا ۳۰ سانتی‌متر) شروع می‌شود و با ایجاد خندق‌ها (با عمق بیشتر از ۱ متر) و در نهایت تشکیل راوین‌ها (با چندین متر عمق) ادامه می‌یابد که نتیجه آن، تلف شدن مقدار متناهی از خاک‌های قابل کشت در حوضه‌ها و انباشتگی آنها در پای دامنه‌ها و در نهایت تخلیه مواد حاصل (رسوبات) از تخریب به آب‌های جاری است.

آبکندها- به عنوان یکی از اشکال مهم حاصل از فرسایش تسریع شده در شیب‌های نسبتاً تند در دامنه‌های متشکل از سازندهای مستعد به فرسایش تشکیل و با توجه به تراکم آبکندهای تشکیل شده، می‌توانند مواد دامنه‌ای را در زمان کوتاهی به پای دامنه‌ها منتقل سازند (بیاتی خطیبی، ۱۳۸۴). آبکندهای عمیق شده نیز به عنوان خطرناک‌ترین نوع فرسایش خاک هستند که متأثر از تأثیر برخی عوامل از قبیل، تغییرات کاربری اراضی، تغییرات اقلیم و انجام عملیات غیراصولی کشت، آتش‌سوزی‌ها و چرای مفرط در بخش‌های مختلف دامنه‌ها تشکیل و توسعه می‌یابند و با انتقال خاک حاصل خیز کشت و زرع و انجام سایر فعالیت‌ها در بخش‌های پرشیب حوضه‌ها را غیرممکن می‌سازند. این اشکال ژئومورفولوژیکی، با گسترش خود از بخش سر و فروریزی مواد از کناره‌ها، مواد دامنه‌ای و در واقع تنها خاک قابل کشت کوهستان‌ها را وارد دره‌ها می‌سازند و به این ترتیب، انبوهی از خاک‌های دامنه‌ای را بسوی آب‌های جاری سرازیر می‌کنند (وایت فورد و همکاران^۵، ۲۰۱۰: ۲۴، یادو و همکاران^۶، ۲۰۰۳: ۴۵). با افزایش تعداد آبکندها در بالای دامنه‌ها و افزایش عمق آنها در پایین، دامنه‌ها شدیداً آشفته می‌شوند و رسوبات قابل ملاحظه‌ای را در اختیار آب‌های جاری قرار می‌دهند. در سطوح

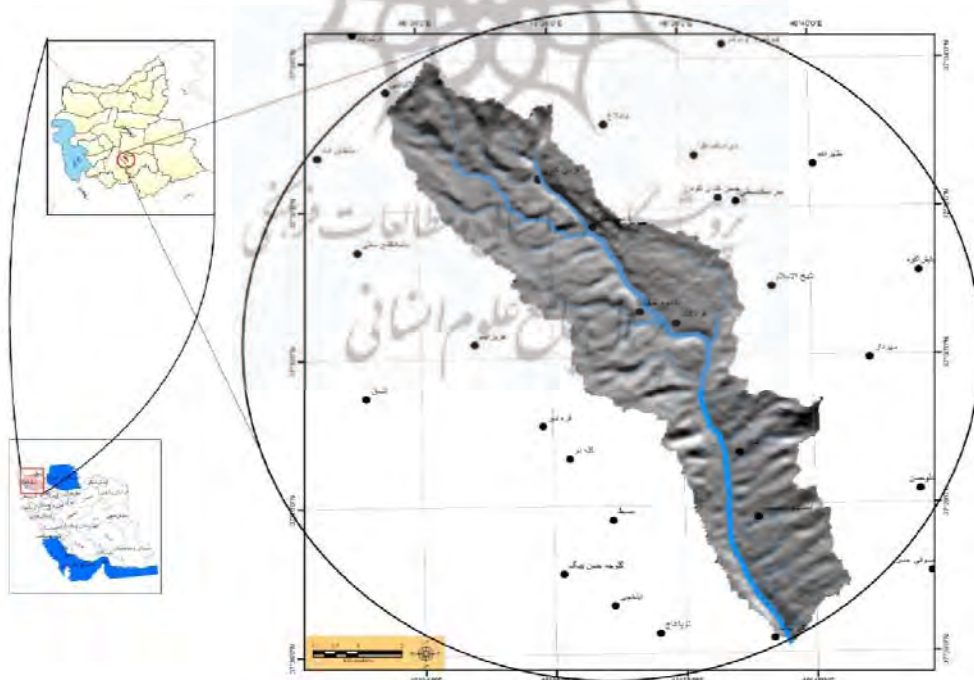
1- Osman Saleh
2- Wang
3- Chaploot et al.,
4- Land degradation
5- Whitford et al.,
6- Yadav et al.,

دامنه‌ها هرچه تعداد آبکندها زیاد و عمق آنها بیشتر باشد، در واقع نشان‌دهنده‌ی استعداد دامنه‌ها به فرسایش و همچنین حاکی از وقوع تغییرات عمده محیطی در کوهستان‌ها است (گابت و بوکتو^۱، ۲۰۰۸: ۳۰۲ و کاسالی^۲، ۲۰۰۶: ۱۲۸).

خندق‌ها حجم قابل ملاحظه‌ای از خاک دامنه‌ها را به آب‌ها تخلیه می‌کنند (بیاتی خطیبی، ۱۳۸۵). متأسفانه در ایران این اشکال ژئومورفولوژیکی به صورت کمی کمتر مطالعه شده‌اند و در محدوده‌ی مورد مطالعه اصلاً مورد بررسی قرار نگرفته‌اند. در این مقاله با عنایت به نقش خندق‌ها در فرسایش دامنه‌های منطقه سعی شده است با استفاده از روابط معتبر حجم فرسایش مورد محاسبه قرار گیرد و خاک تلف شده برآورد شود.

- موقعیت جغرافیایی حوضه‌ی آتش‌بیگ

حوضه‌ی زهکشی آتش‌بیگ یکی از زیر حوضه‌های دامنه‌های شرقی سهند هست که در موقعیت جغرافیایی $37^{\circ} 00'$ تا $37^{\circ} 20'$ عرض شمالی و $45^{\circ} 45'$ تا $47^{\circ} 15'$ طول شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). این زیرحوضه از زیرحوضه‌های مهم قرنقوچای است که سرچشمه آن از ارتفاعات اطراف به ویژه از کوه خاله‌اوشاغ می‌باشد. آب‌های حوضه‌ی آتش‌بیگ توسط دو رودخانه زهکشی می‌شود. این دو رودخانه در نزدیکی روستای آتش‌بیگ به هم متصل می‌شود و رود آتش‌بیگ را تشکیل می‌دهند.

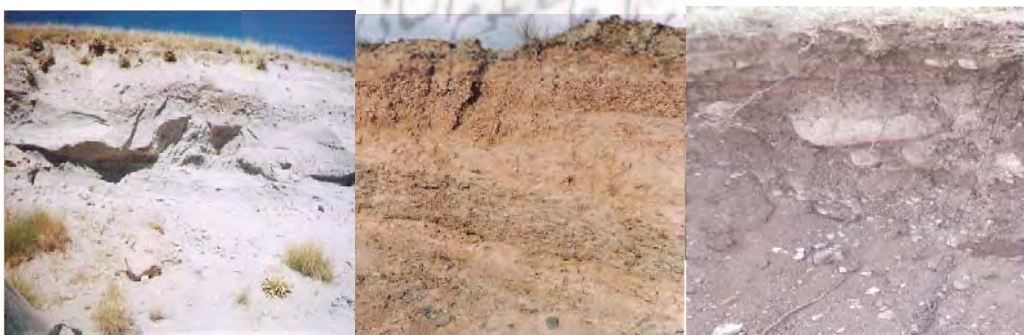


شکل (۱) موقعیت جغرافیایی حوضه‌ی آتش‌بیگ

سازندهای سطحی زیرحوضه آتشیگ به تبعیت از لیتولوژی بسیار متنوع است. ولکانوسدیمانترها از تشکیلات مهم حوضه آتشیگ محسوب می‌شود. این سری متشکل از لایه‌های توف، سینریت، آبرفت‌های دانه درشت، لایه‌های شنی، ماسه‌ای، قلوه سنگی و رسی است که در طی بازدیدهای میدانی در بیشتر قسمت‌ها شناسایی شده‌اند. بخش اعظم ارتفاعات با توف‌ها و خاکسترهای آتشفشانی پوشانیده شده است در بخش مرکزی آن سنگ‌های آذرین که اغلب قلل مرکزی آن را تشکیل داده‌اند برونزد نموده‌اند. آهک‌ها، گسترش نسبتاً ملاحظه‌ای در بخش‌های غربی و جنوب غربی در شمال شرقی یافته‌اند. بخش وسیعی از حوضه توسط طبقات کنگلومرایی ضخیم لایه‌ای پوشیده شده است. واحد کنگلومرای ضخیم دارای سیمانی سست و حاوی قلوه سنگ‌های داسیتی در اندازه‌های مختلف و غالباً درشت بافت همراه با قطعات زاویه‌دار از جنس گدازه و توف با خمیره سیلتی-رسی می‌باشد. در حوضه مورد مطالعه، نهشته‌های نسبتاً ضخیم لایه‌ای از آهک‌های تراورتن به چشم می‌خورند (شکل ۲) که بر روی خاکسترهای ولکانیکی و طبقات کنگلومرایی پلیوسن قرار گرفته‌اند. این نهشته‌ها که حاصل فعالیت چشمه‌های آهک‌ساز می‌باشند با توجه به وضعیت لایه‌بندی و ترتیب استقرار آن به کواترنر نسبت داده می‌شوند (شکل‌های ۲ تا ۴).



شکل (۲) مارن و مواد آذرآواری در حوضه آتشیگ



شکل (۳) توف‌ها و آبرفت‌ها در حوضه آتشیگ



شکل (۴) ماسه سنگ و آهک‌های حوضه‌ی آتشی‌بیگ

مواد و روش‌ها

در این مقاله، ابتدا نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، خاک، لیتولوژی، پوشش گیاهی، نمونه‌های خاک و کلیه‌ی داده‌ی مورد نیاز مانند دبی، رسوب، بارش... و نحوه‌ی کاربری زمین، تهیه و محاسبات مربوط به سنجش و ارزیابی پارامترها صورت گرفت و برای تهیه‌ی داده‌های مورد نیاز برای انجام محاسبات، اندازه‌گیری‌هایی از ابعاد مختلف آبکنده‌های سطحی در طی بازدیدهای میدانی انجام شد. در نهایت با استفاده از مدل‌های فرسایش و مدل ویکور به عنوان قاعده‌ی تصمیم‌گیری چندمعیاری فرسایش دامنه‌ای توسط رواناب‌ها در حوضه‌ی مورد نظر پهنه‌بندی شد. در پهنه‌بندی از تکنیک GIS و نرم‌افزارهای مربوطه بهره‌گیری شد و نقشه‌های مختلف حاصل از محاسبات تهیه گردید.

فرسایش آبکندی با توسل به معادلات و روابط مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرد و میزان رسوبات حاصل از آنها برآورد می‌گردد در این مقاله سعی شد ابتدا فرسایش آبکندی در محدوده‌ی مورد مطالعه به تفکیک مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد و در نهایت با بکارگیری مدل مربوطه، در بخش‌های مختلف محدوده‌ی مورد مطالعه، بخش‌های تحت فرسایش خندقی مشخص و حساسیت منطقه نسبت به آن طبقه‌بندی گردد. برای بررسی و تفکیک سهم عوامل مختلف در فرسایش سطوح شیب دارد، ابتدا حوضه به زیرحوضه‌های متعدد تقسیم شد و محاسبات به تفکیک در این زیرحوضه‌ها صورت گرفت. در این مقاله ابتدا برای بررسی استعداد منطقه برای زایش خندق‌ها، از شاخص آستانه‌ی اقلیمی استفاده شده است.

۱- تعیین آستانه‌های اقلیمی برای شروع فرسایش خندقی

قبل از هر اقدامی لازم است استعداد مناطق در رابطه با پارامترهای اقلیمی نسبت به فرسایش خطی مورد بررسی قرار گیرد. در این مقاله هم استعداد منطقه با استفاده از ضریب هیدروترمال (زاخار^۱، ۱۹۷۹) مورد بررسی قرار گرفته است (رابطه‌ی ۱).

1- Zachar

$$\text{رابطه‌ی (۱)} \quad \text{HTK} = \Sigma R / \Sigma t \cdot 10$$

در رابطه‌ی (۱): ΣR = متوسط بارش، Σt = جمع دمای بالای ۱۰ درجه

۲- برآورد زمان جابجایی در زیرحوضه‌های محدوده‌ی مورد بررسی

زمان جابجایی از طریق یک حوضه به صورت جریان صفحه‌ای و یا جریان متمرکز کم عمق به کانال‌ها آبی با استفاده از روابط متعددی قابل محاسبه است. زمان جابجایی جریانات در محدوده‌ی مورد مطالعه از طریق زیر (تیمار و همکاران^۱، ۲۰۰۸: ۲۵۸) محاسبه شده است (رابطه‌ی ۲):

$$\text{رابطه‌ی (۲)} \quad \text{Tr} = [0.42(nl)^{0.8} / p2]^{0.5} (s)^{0.4}$$

در رابطه‌ی (۲): Tr = زمان جابجایی (ساعت)، $p2$ = متوسط دوسالانه بارندگی ۲۴ ساعت = ۳/۸۴ اینچ، s = شیب (به درصد)

۳- تعیین مقدار فرسایش از یک خندق (Dg) در رابطه با ویژگی سطوح جمع‌آوری آب

علت اصلی فرسایش آبکندی بر روی دامنه‌ها و تشکیل شیارها تمرکز جریانات سطحی در یک مسیر واحد است. بنابراین لازم است ابتدا هیدرولیک شیار^۲ با استفاده از مدل‌های مربوطه مورد محاسبه قرار گیرد. سطوح بالادست خندق‌ها با توجه به ویژگی‌هایی که دارند (اغلب از نظر وسعت) می‌توانند تعیین کننده‌ی میزان فرسایش در پایین دست دامنه‌ها و اغلب در قالب فرسایش خندقی ارائه دهند. یکی از معادله‌هایی که می‌توان با توسل به آن میزان فرسایش از یک خندق را برآورد نمود رابطه‌ی Dg است (کازایی^۳، ۲۰۰۶: ۱۲۳).

$$\text{رابطه‌ی (۳)} \quad \text{Dg} = 14.3 \times 10^{-4} \text{ Ag}^{1.5}$$

در رابطه‌ی (۳): Dg = میزان فرسایش (m^3 / year)، Ag = مساحت حوضه‌ی تخلیه کننده‌ی آب به خندق (m^2)

۴- برآورد میزان فرسایش در رابطه با شیب

فرسایش در سطوح شیب‌ها با توجه به وجود انرژی کافی در دامنه‌ها در شیب بالا صورت می‌گیرد خندق‌ها و شیارها از جمله اشکال فرسایشی در سطوح شیب‌دار هستند که حجم قابل ملاحظه‌ای از مواد دامنه‌ای را به پایین انتقال می‌دهند. رابطه‌ای که بتواند با دخیل دادن شیب میزان فرسایش دامنه‌ای را برآورد کند می‌تواند در بررسی خندق‌ها بسیار مهم باشد. فرسایش خندقی در زمین‌های کشت شده نسبت به زمین‌های برهنه

1- Timar et al.,
2- Rill Hydraulics
3- Kasai

بسیار سریع‌تر است و با استفاده از فرمول زیر (زامولی و همکاران^۱، ۲۰۰۹: ۳۲) فرسایش خاک را می‌توان در روی شیب محاسبه نمود (رابطه‌ی ۴):

$$E = \sqrt{L/100(0.76 + 0.53S + 0.076S^2)} \quad \text{رابطه‌ی (۴)}$$

در رابطه‌ی (۴): E = فرسایش به تن، S = شیب دامنه به درصد، L = طول دامنه به متر

۵- تعیین آستانه‌های فرسایش خندقی در سطح حوضه در رابطه با شیب سطحی

شیب و مساحت سطوح جمع‌آوری آب دو پارامتری هستند که تأثیر زیادی بر شروع و تشدید فرسایش خندقی دارند. روابط متعددی برای برآورد نقش این دو عامل ارائه شده است که در این تحقیق از رابطه‌ی (۵) بهره‌گیری شده است (وراشترتان و همکاران^۲، ۲۰۰۷: ۴۴۵).

$$R = sAs^{0.4}(6/10000)^{0.4} > 0.025 \quad \text{رابطه‌ی (۵)}$$

رابطه‌ی (۵): R = آستانه فرسایش، As = مساحت بالا دست به متر مربع، s = شیب به درصد

۶- تعیین ظرفیت حمل رواناب‌ها در سطوح تحت فرسایش خندقی با استفاده از اندکس ظرفیت حمل

در بررسی فرسایش خندقی و شیاری کسب اطلاع در مورد ظرفیت حمل رواناب‌ها به منظور تعیین توان فرسایشی آنها بسیار مهم است. به لحاظ این اهمیت با استفاده از رابطه‌ی زیر میزان ظرفیت حمل رواناب‌ها هم در سطح حوضه و هم در محدوده‌ی خندق‌های بزرگ محاسبه شده است (رابطه‌ی ۶).

$$T = (As/22.13)^{0.6}(\sin\beta/0.00896)^{1.3} \quad \text{رابطه‌ی (۶)}$$

در رابطه‌ی (۶): T = ظرفیت حمل رواناب‌ها، As = مساحت حوضه‌ی جمع‌آوری آب، $\sin\beta$ = شیب سطح

۷- تعیین قدرت رواناب‌ها برای فرسایش خندقی و شیاری (SPI)^۳

شیب دامنه‌ها و مساحت حوضه‌ی بالادست آبکندها از عوامل تعیین‌کننده‌ی توان فرسایشی رواناب‌های سطحی است. در این تحقیق نیز با استفاده از رابطه‌ی متشکل از این دو پارامتر توان فرسایشی رواناب‌ها در سطح حوضه‌ی آتش‌بیگ برآورد شده است.

$$SPI = \ln(As \tan\beta) \quad \text{رابطه‌ی (۷)}$$

1- Zamoly et al.,

2- Verstraeten et al.,

3- The stream power index

در رابطه‌ی As = مساحت حوضه بالادست (به مترمربع)، β = شیب محلی، SPI = اندکس رطوبی یا اندکس توپوگرافی برای شروع خندق باید:

$SQ = \times As$ باید بیشتر از ۱۸ باشد یا $In(As/ \tan\beta)CTI =$ بیشتر از ۶/۸ باشد تا فرسایش خندقی شروع

شود.

بحث و نتایج

در فرسایش دامنه‌ها، به ویژه تشکیل آبکندهای عمیق و انتقال خاک دامنه‌ها به بسترهای رودخانه‌ها، عوامل و پارامترهای بسیاری دخیل هستند. در بین این عوامل، شیب، رواناب‌ها، مساحت حوضه‌های بالادست و پارامترهای اقلیمی نقش اولیه و اساسی در کندوکاری دامنه‌ها ایفا می‌کنند. در این مقاله سعی شده است به برخی از آنها که نقش و سهم آنها در تشکیل و توسعه‌ی خندق‌ها مورد بررسی قرار گرفته، اشاره گردد.

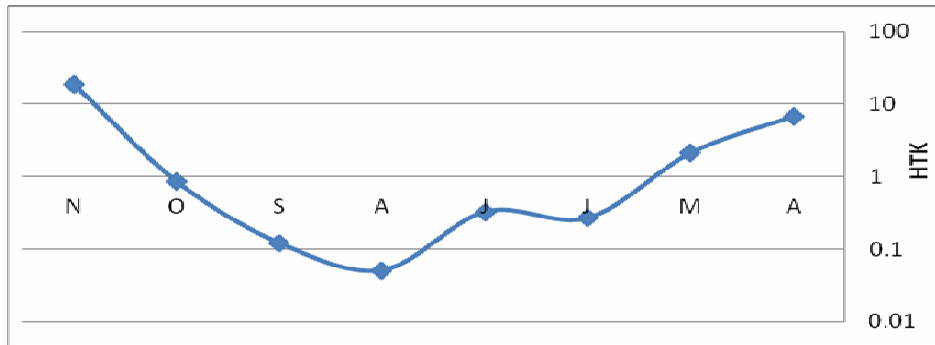
۱- تعیین آستانه‌های اقلیمی برای شروع فرسایش خندقی

یکی از پارامترهای دخیل در مساعد نمودن سطوح شیب‌دار برای ایجاد آبکندهای عمیق، اقلیم و عوامل اقلیمی مانند بارش و دما است. به همین دلیل برای تعیین استعداد مناطق برای ایجاد آبکندها به این پارامترها استناد می‌شود و عدد حاصل از رابطه‌ی HTK می‌تواند نشان دهد که در کدام ماه‌های سال سطح زمین شانس ایجاد آبکندها را دارا است. در این مطالعه نیز با استفاده از دما و بارش ایستگاه سهند به عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه به حوضه‌ی مورد مطالعه استفاده شده است (جدول ۱).

بررسی اطلاعات مندرج در جدول (۱) و شکل (۶) نشان می‌دهد که در حدود پنج ماه از سطح حوضه‌ی مورد مطالعه از نظر پارامترهای اقلیمی برای ایجاد آبکندهای عمیق مساعد می‌باشد.

جدول (۱) میزان HTK در ایستگاه سهند

پارامتر/ماه	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر
$\sum R$	۴۹/۲	۳۴/۳	۵/۸	۸/۱	۱/۳	۲/۵	۱۲/۶	۲۰/۵
$\sum t$	۷۱/۴	۱۶۰/۲	۲۱۵/۲	۲۴۶/۷	۲۵۴/۷	۰/۱۲	۱۴۸/۸	۱۰/۹
HTK	۶/۸۹	۲/۱۴	۰/۲۶۹	۰/۳۲۸	۰/۰۵۱	۰/۱۲	۰/۸۵	۱۸/۸

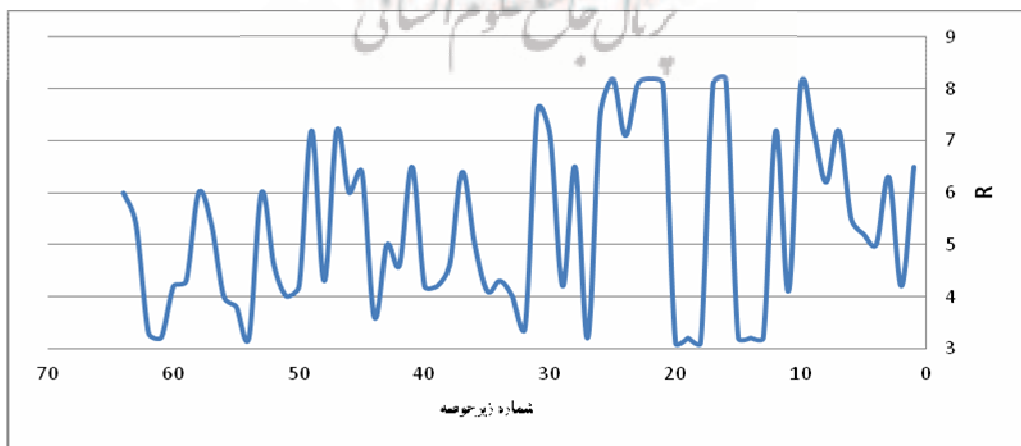


شکل (۵) میزان HTK در ایستگاه سه‌سند

۲- تعیین آستانه‌های فرسایش خندقی در سطح حوضه در رابطه با شیب سطحی

شیب و مساحت سطوح جمع‌آوری آب تأثیر زیادی بر شروع و تشدید فرسایش خندقی دارند. روابط متعددی برای برآورد نقش این دو عامل ارائه شده است که در این مقاله از رابطه‌ی مربوطه (R) بهره‌گیری شده است. بررسی نتایج حاصل از برآورد با روابط مربوطه نشان می‌دهد که مقدار حاصل از آستانه ۰/۰۲۵ بیشتر است. این بدین معنی است که مقادیر حاصل از محاسبه نشان‌دهنده‌ی این است که رواناب‌های حاصل از زیرحوضه‌های بالادست آبکندها در شیب‌های حوضه‌ها از توان کافی برخوردار هستند. با توجه به نمودار ترسیمی از کلیه‌ی زیرحوضه‌های تقسیمی نشان می‌دهد که مقدار R در قسمت‌های مختلف حوضه متفاوت است که این امر از تفاوت در نقش عوامل دخیل در تشکیل و توسعه‌ی خندق‌های محدود‌ی مورد بررسی است (شکل ۶).

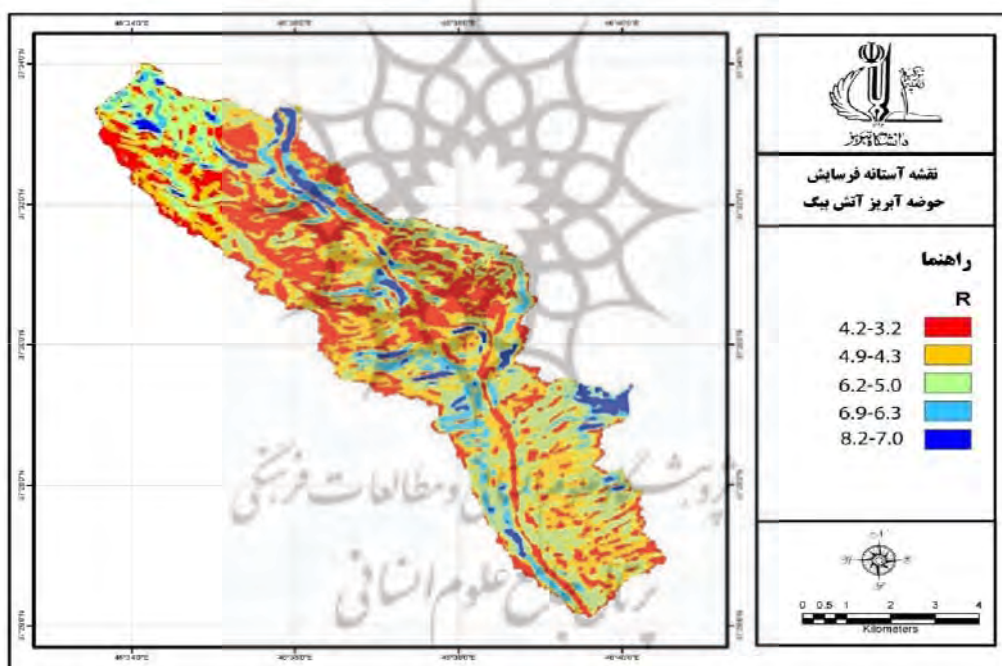
با توجه به نقشه حاصل از ترسیم آستانه‌ی فرسایش در حوضه‌ی آتش‌بیگ (شکل ۷) می‌توان مشاهده نمود که میزان فرسایش در بیشتر بخش‌های حوضه از خط آستانه بسیار بیشتر است.



شکل (۶) آستانه‌های فرسایش در زیرحوضه‌های آتش‌بیگ

۳- برآورد زمان جابجایی روانابها در زیرحوضه‌های محدوده‌ی مورد بررسی

زمان جابجایی روانابها به عنوان مسئول کندوکاری سطوح زمین از طریق یک حوضه به صورت جریان صفحه‌ای و یا جریان متمرکز کم عمق به کانالها آبی با استفاده از روابط متعددی قابل محاسبه است. رابطه‌ی Tr که نقش ترکیبی بارش و شیب را در جابجایی روانابها و به طور غیرمستقیم نقش آنها را در کندوکاری دامنه‌ها نشان می‌دهد در این تحقیق مد نظر قرار گرفته و با استفاده از داده‌های بارش و شیب در سطوح مختلف حوضه‌ی زمان جابجایی روانابها برآورد شده است (شکل ۸). زمانی جابجایی تابع عوامل مختلف به ویژه شیب و بارش است. نتایج رابطه بکار گرفته شده که زمان جابجایی را در حوضه آتشی بیگ برآورد کرده، نشان می‌دهد که زمان جابجایی روانابها در بخش‌های مختلف حوضه‌ی مورد مطالعه بسیار متفاوت است. اطلاعات و نتایج حاصل حاکی از این است که در بخش میانی حوضه‌ی این زمان طولانی است (شکل ۸ و ۹).

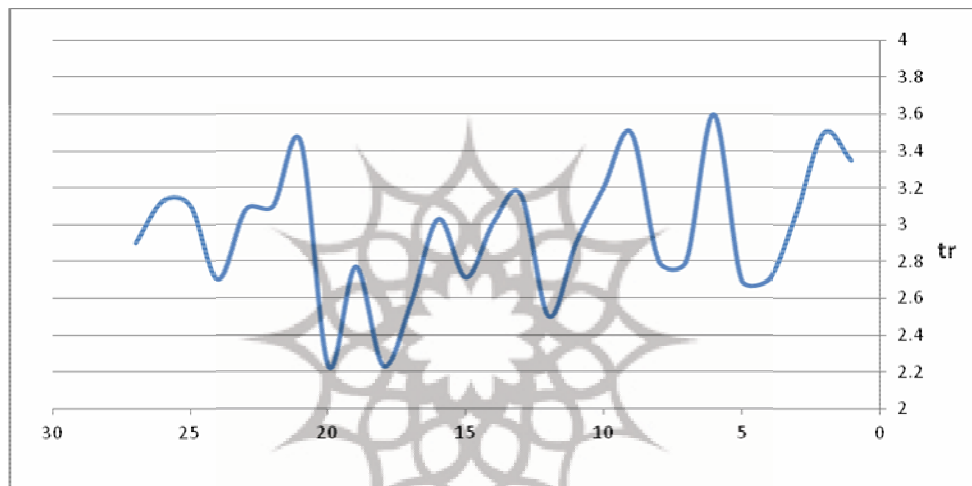


شکل (۷) میزان آستانه فرسایش در سطح حوضه آبریز آتش بیگ

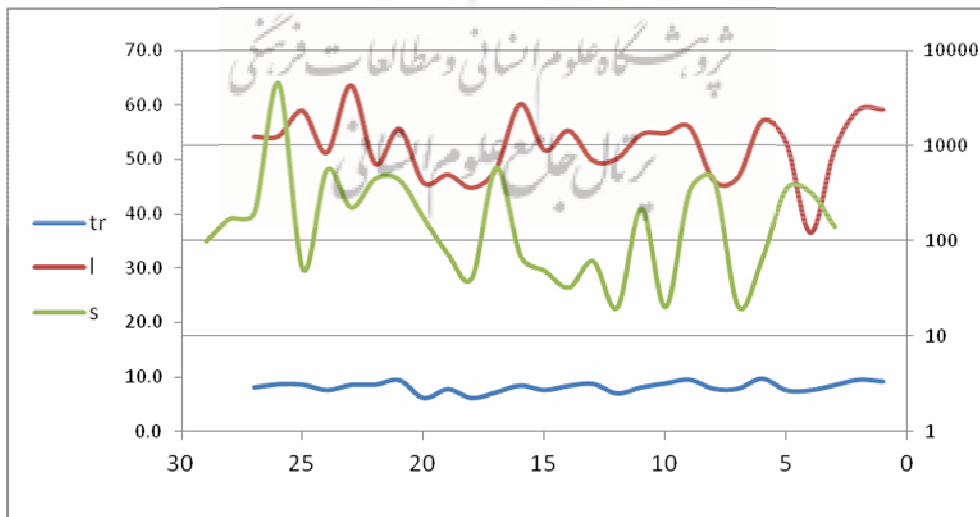
اطلاعات نمایش داده شده در نقشه نشان می‌دهد (شکل ۱۰) که در طرف چپ رودخانه‌های اصلی، در سطح شیبها زمان رسیدن روانابها به بخش پایین دامنه‌ها در زمان کوتاه‌تری صورت می‌گیرد. از نظر فرسایش، می‌توان چنین تفسیر کرد که در این محدوده‌ها باید بیشتر در معرض فرسایش قرار گیرند به دلیل اینکه روانابها در زمان کوتاهی با رسیدن به روانابهای دیگر متمرکز شده و در نتیجه از قدرت کندوکاری بیشتری برخوردار هستند.

۴- برآورد میزان فرسایش از یک خندق (Dg) در رابطه با مساحت سطوح جمع‌آوری آب

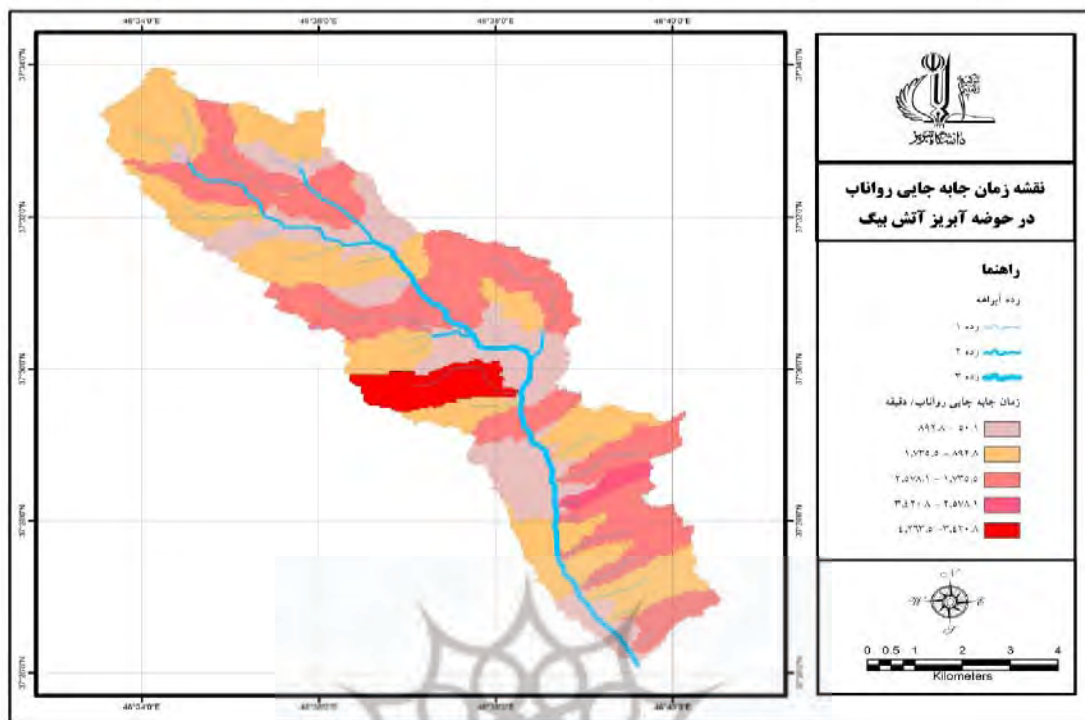
قسمت بالای خندق‌ها با دیواره‌ی تندی به قسمت‌های بالای دامنه وصل می‌گردند و توسعه‌ی خندق‌ها از این قسمت صورت می‌گیرد. با توجه به این که شیب این قسمت‌ها بالاست، رواناب‌ها به صورت تندآب‌ها از این قسمت‌ها جاری می‌گردند. به همین سبب رواناب‌ها از توان بالایی برای سایش برخوردارند (شکل ۱۲). سطوح بالادست خندق‌ها با توجه به وسعت حوضه‌ی بالادست سرخندق‌ها، تعیین‌کننده‌ی میزان فرسایش در پایین دست دامنه‌ها هستند و اغلب این نوع فرسایش در قالب فرسایش خندقی ارائه دهند. یکی از معادله‌هایی که می‌توان با توسل به آن میزان فرسایش از یک خندق را برآورد نمود رابطه‌ی Dg است (کازایی، ۲۰۰۹).



شکل (۸) زمان جابجایی رواناب‌ها در زیر حوضه‌های آتش‌بیگ (محور افقی مربوط به شماره زیرحوضه‌ها است)



شکل (۹) رابطه‌ی زمان جابجایی رواناب‌ها با شیب و طول آبراهه‌ها در زیر حوضه‌های آتش‌بیگ (محور افقی مربوط به شماره‌ی زیرحوضه‌ها است)

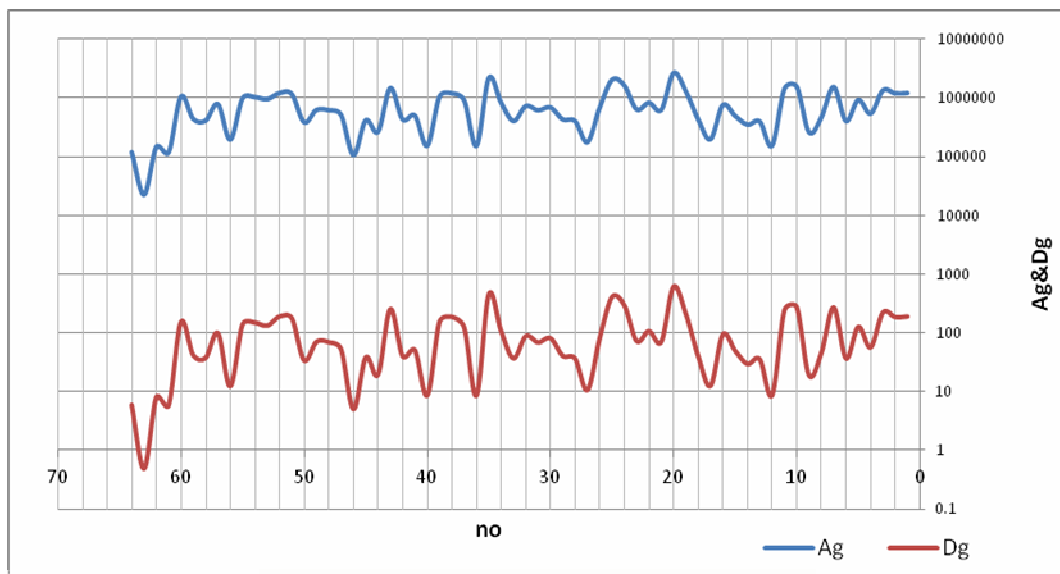


شکل (۱۰) زمان جابه جایی روانابها در سطح حوضه آتشیبگ

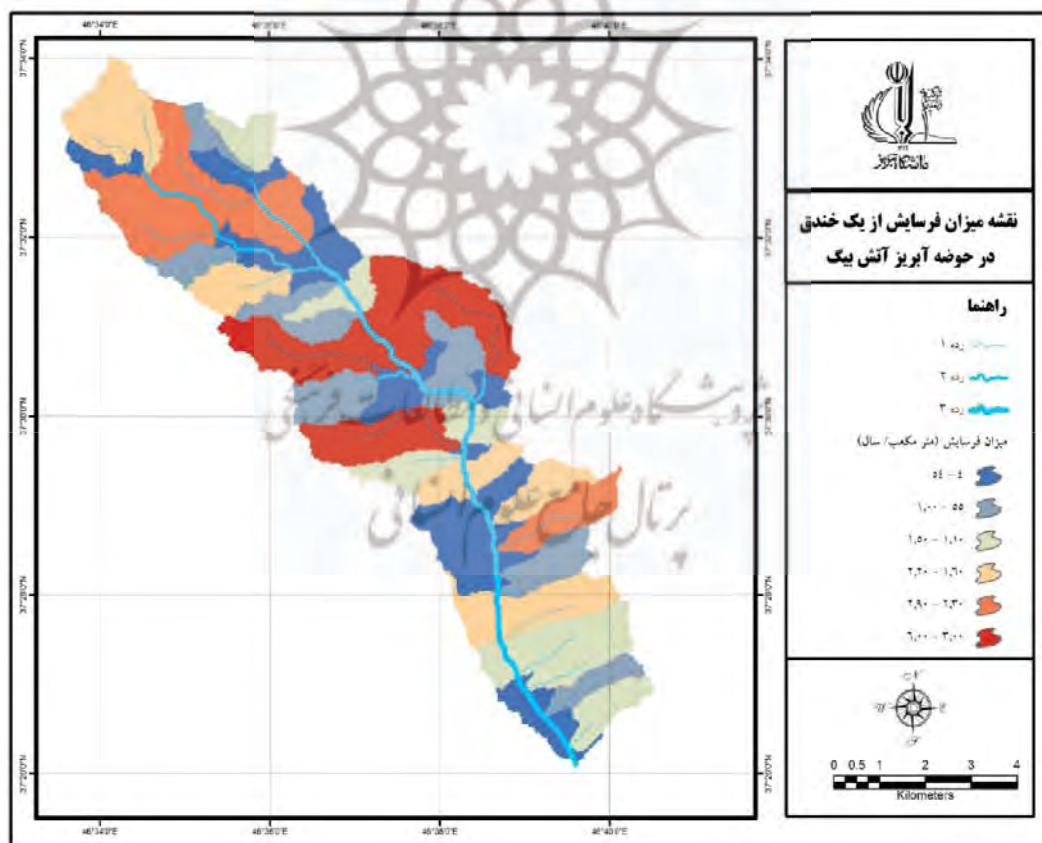
بررسی نتایج حاصل از رابطه‌ی بکار گرفته شده نشان می‌دهد که میزان فرسایش حاصل از یک خندق در رابطه‌ی مستقیم با مساحت حوضه‌های بالادست خندق‌ها است. به عبارت دیگر در هر قسمتی از حوضه که مساحت زیرحوضه‌ها افزایش یافته است، میزان فرسایش حاصل از خندق‌ها در زیرحوضه‌های بالادست حوضه آتشیبگ افزایش می‌یابد و در بخش‌هایی از حوضه بویژه در بخش‌های میانی از میزان آن کاسته می‌شود (شکل ۱۳ و ۱۲).



شکل (۱۱) آبکندهای عمیق با دیواره‌ها تند در زیرحوضه آتشیبگ



شکل (۱۲) میزان فرسایش از یک خندق در زیر حوضه‌های آتشی بیگ (محور افقی مربوط به شماره‌ی زیر حوضه‌ها است)



شکل (۱۳) میزان فرسایش از یک خندق در سطح حوضه‌ی آتشی بیگ

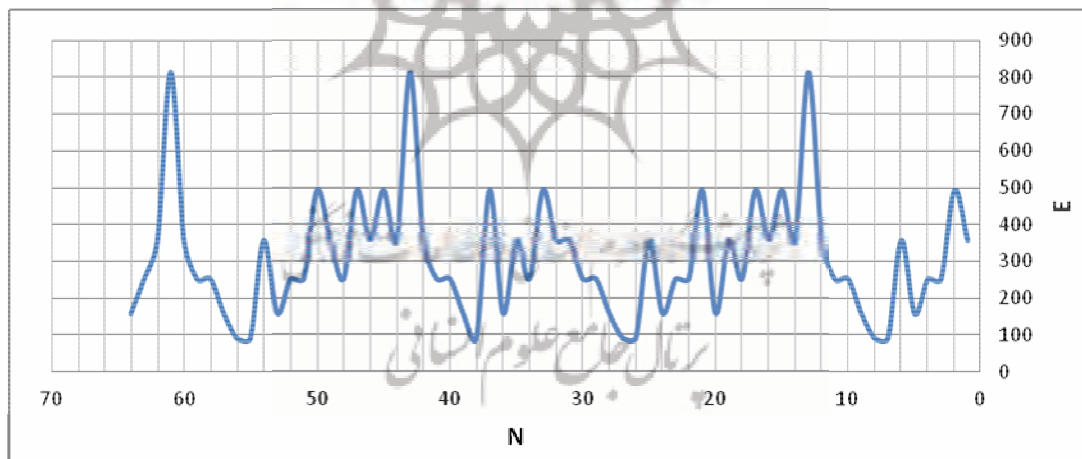
۵- برآورد میزان فرسایش در رابطه با شیب و طول دامنه

فرسایش در سطوح شیب‌ها با توجه به وجود انرژی کافی در دامنه‌ها در شدت بالا صورت می‌گیرد خندق‌ها و شیپارها از جمله اشکال فرسایشی در سطوح شیب‌دار هستند که حجم قابل ملاحظه‌ای از مواد دامنه‌ای را به پایین انتقال می‌دهند. رابطه‌ای که بتواند با دخیل دادن شیب و طول دامنه‌ی میزان فرسایش دامنه‌ای را برآورد کند می‌تواند در بررسی خندق‌ها بسیار مهم باشد. بررسی شیب سطوح در بخش‌های مختلف حوضه (جدول و شکل) نشان می‌دهد که مقدار شیب در قسمت‌های مختلف بسیار متفاوت است. شیب‌های منتهی به آبراهه اصلی و ارتفاعات انتهایی حوضه از شیب قابل ملاحظه‌ای برخوردارند.

جدول (۲) درصد مساحت کلاس‌های شیب

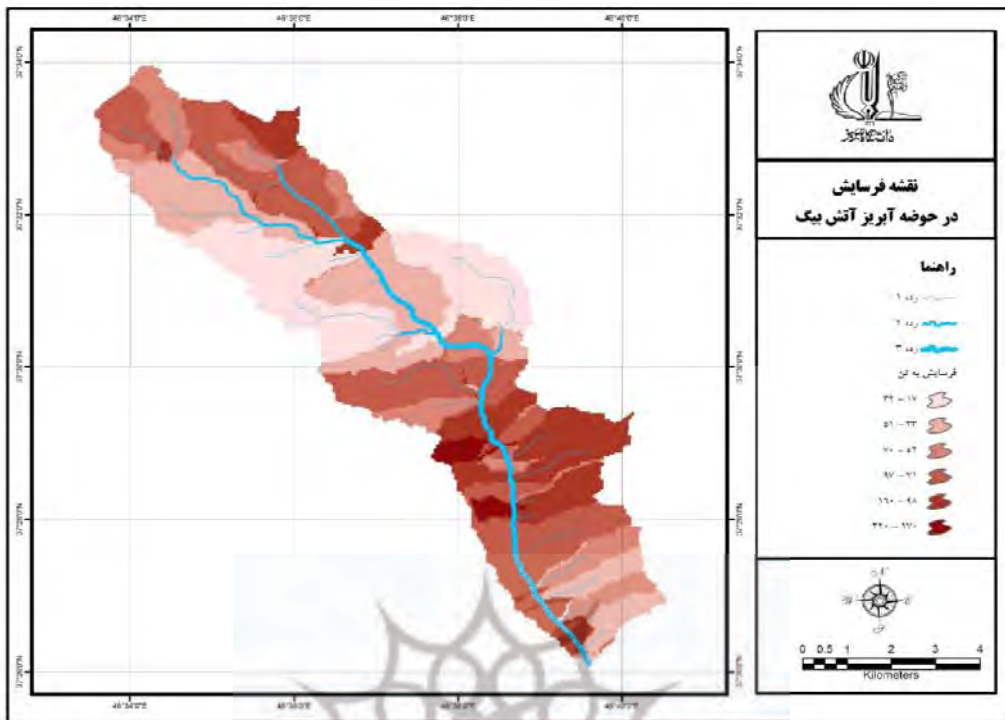
دامنه شیب به درصد	بالاتر از ۶۰	۶۰-۳۰	۳۰-۲۰	۲۰-۱۲	۱۲-۸	۸-۵	۵-۲	۲-۰
درصد مساحت کلاس‌های شیب	۰,۳۰	۴,۸۲	۷,۸۵	۲۰,۵۳	۱۸,۴۹	۲۱,۲۶	۲۰,۵۷	۶,۱۸

با عنایت به تأثیر عامل مهم شیب در نیرو بخشی به عوامل فرسایش دیگر، در این تحقیق سعی شده است از روابطی استفاده شود که در برآورد فرسایش از عامل شیب بهره‌گیری شده باشد. فرسایش در زمین‌های کشت شده نسبت به زمین‌های برهنه بسیار سریع‌تر است.



شکل (۱۴) میزان فرسایش در شیب‌های مختلف زیر حوضه‌های آتشیگ (محور افقی مربوط به شماره زیر حوضه‌ها است)

بررسی اشکال حاصل از برآورد فرسایش با استفاده از رابطه‌ی مربوطه نشان می‌دهد (شکل‌های ۱۴ و ۱۵) در بخش‌های خروجی حوضه و همچنین در قسمت‌های انتهایی حوضه میزان فرسایش بالا است. در قسمتی میانی از شدت فرسایش کاسته می‌شود (شکل‌های ۱۴ و ۱۵).

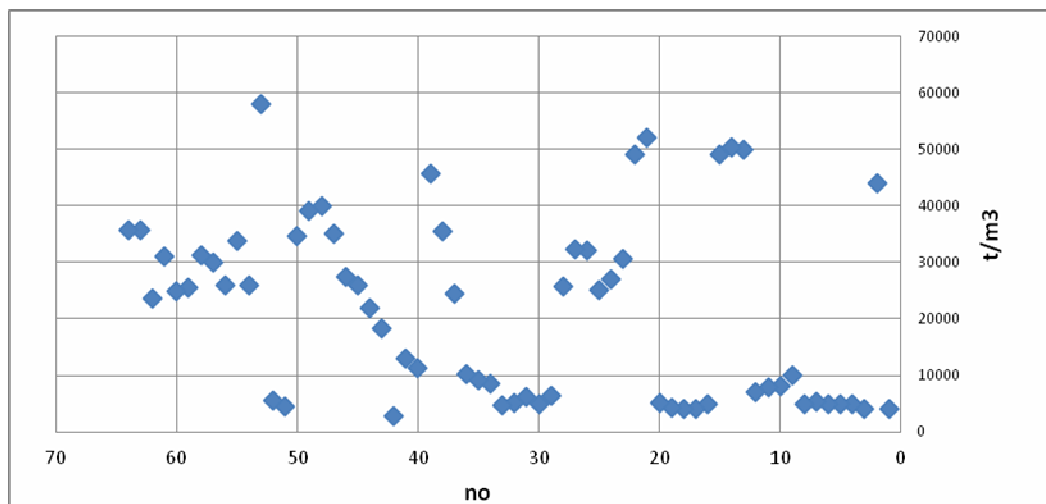


شکل (۱۵) میزان فرسایش در سطح حوضه‌ی آتش بیگ در رابطه با شیب

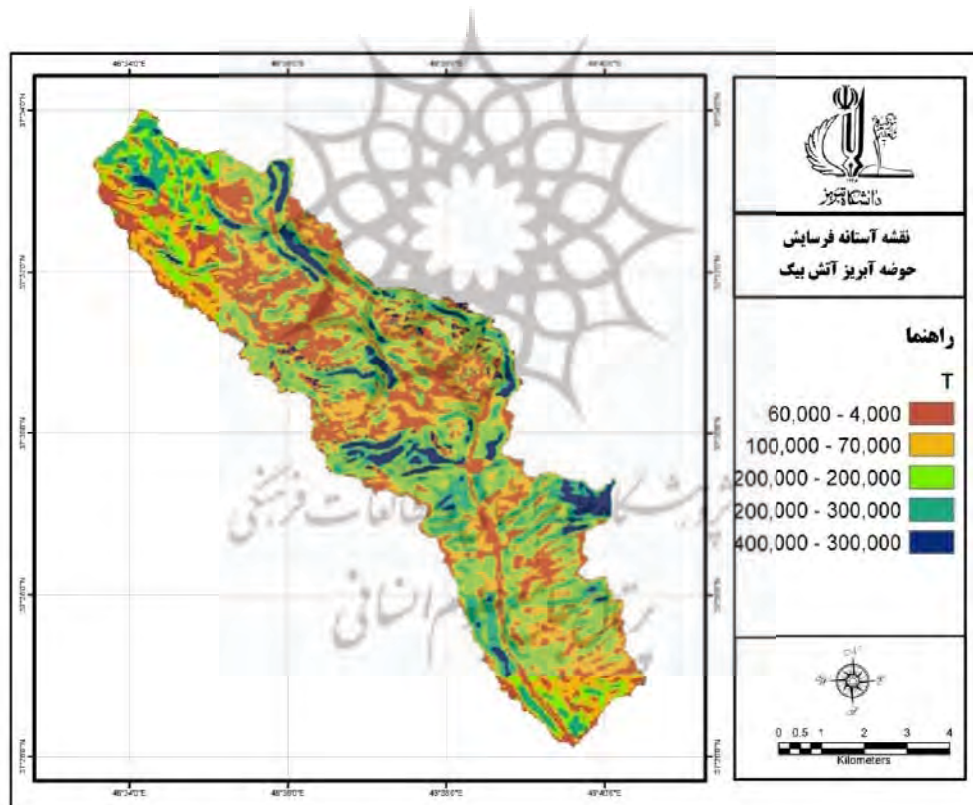
۶- تعیین ظرفیت حمل رواناب‌ها در سطوح تحت فرسایش خندقی

در بررسی فرسایش خندقی و شیاری کسب اطلاع در مورد ظرفیت حمل رواناب‌ها به منظور تعیین توان فرسایشی آنها بسیار مهم است. به لحاظ این اهمیت با استفاده از رابطه‌ی زیر میزان ظرفیت حمل رواناب‌ها هم در سطح حوضه و هم در محدوده‌ی خندق‌های بزرگ محاسبه شده است.

بررسی نتایج حاصل از برآورد ظرفیت حمل رسوبات حاصل از فرسایش ناشی جریان رواناب‌ها نشان می‌دهد که (شکل ۱۶) مقدار حاصل از برآوردها در بخش‌های نزدیک به پایاب حوضه نسبت به بخش‌های دیگر زیاد است (شکل‌های ۱۷ و ۱۷). اما در بخش‌های دیگر به ویژه در بخش‌های میانی نیز میزان آن قابل ملاحظه است (شکل ۱۷).



شکل (۱۶) ظرفیت حمل روانابها در زیرحوضه‌های آتشیبگ (محور افقی مربوط به شماره‌ی زیرحوضه‌ها است)

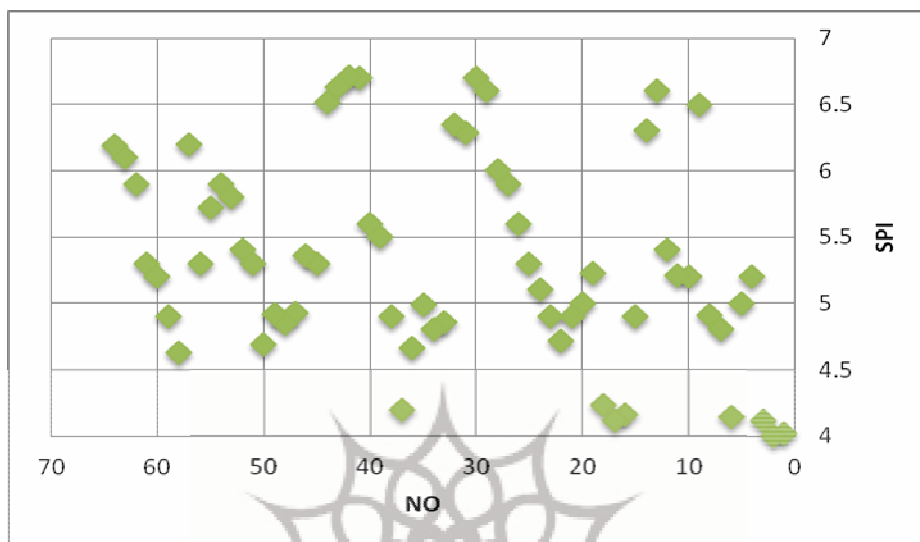


شکل (۱۷) ظرفیت حمل روانابها در سطح حوضه آتشیبگ

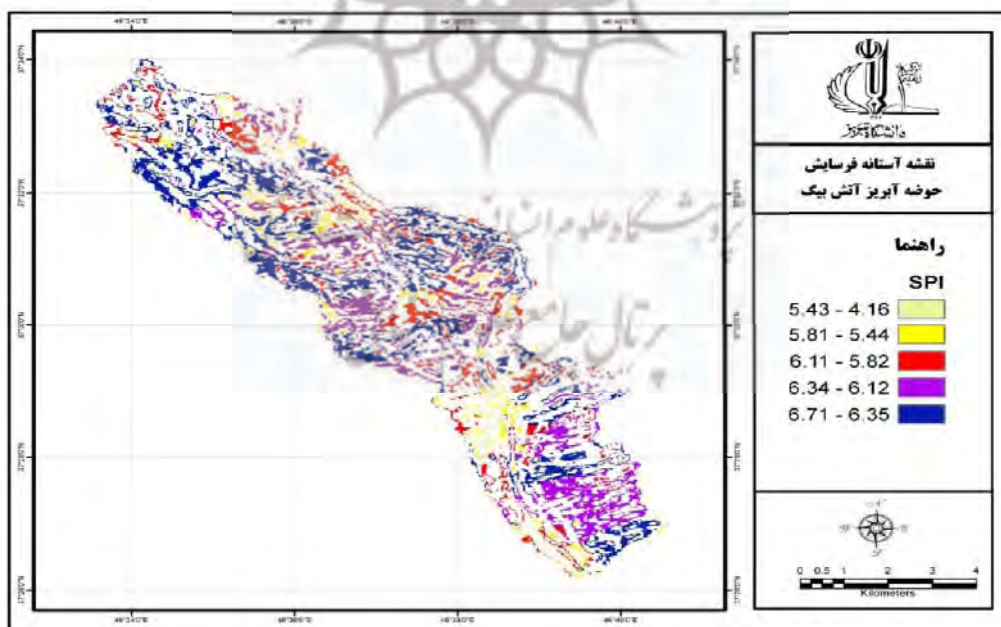
۷- برآورد توان سایشی روانابها در حوضه آتشیبگ

شیب دامنه‌ها و مساحت حوضه‌ی بالادست آبکده‌ها از عوامل تعیین کننده‌ی توان فرسایشی روانابهای سطحی است. در این تحقیق نیز با استفاده از رابطه‌ی متشکل از این دو پارامتر توان فرسایشی روانابها در

سطح حوضه‌ی آتش‌بیگ برآورد شده است. یکی دیگر از روابطی که آستانه‌ی فرسایش را نشان می‌دهد، رابطه‌ی SPI است. در این تحقیق برآوردهایی که با استفاده از این رابطه صورت گرفته نشان می‌دهد که در بخش‌هایی از حوضه مقدار حاصل از آستانه (یعنی ۶) بیشتر است (شکل ۱۸ و ۱۹).



شکل (۱۸) توان فرسایشی رواناب‌ها در زیرحوضه‌های آتش‌بیگ (محور افقی مربوط به شماره‌ی زیرحوضه‌ها است)



شکل (۱۹) آستانه‌های توان فرسایشی رواناب‌ها در سطح زیرحوضه‌ی آتش‌بیگ

نتیجه‌گیری

میزان فرسایش در سطوح شیب‌دار با عوامل زیادی در رابطه است. این عوامل می‌توانند در بخش‌های مختلف در رابطه با عوامل دیگر با شدت وضعف بر روی میزان فرسایش تأثیر بگذارند. اصولاً هدف مطالعه در محیط‌های حساس به فرسایش شناسایی نقش و تأثیر چنین عواملی است. تا براساس یافته‌ها، اقدامات حفاظتی با در نظر گرفتن واقعیت‌های محلی صورت گیرد.

در محدوده‌های نیمه‌خشک، فرسایش در سطوح شیب‌ها با توجه به وجود انرژی کافی در دامنه‌ها در شدت بالا صورت می‌گیرد خندق‌ها و شیارها از جمله اشکال فرسایشی در سطوح شیب‌دار هستند که حجم قابل ملاحظه‌ای از مواد دامنه‌ای را به پایین انتقال می‌دهند. روابطی که بتواند با دخیل دادن شیب و طول دامنه میزان فرسایش دامنه‌ای را برآورد کند می‌تواند در بررسی خندق‌ها بسیار مهم باشد. با توجه به چنین اهمیتی، در این مقاله مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این بررسی در بخش‌های مختلف حوضه نشان می‌دهد که مقدار شیب در قسمت‌های مختلف بسیار متفاوت است. شیب‌های منتهی به آبراه اصلی و ارتفاعات انتهایی حوضه از شیب قابل ملاحظه‌ای برخوردارند.

در بررسی فرسایش خندقی و شیاری کسب اطلاع در مورد ظرفیت حمل رواناب‌ها به منظور تعیین توان فرسایشی آنها بسیار مهم است. به لحاظ این اهمیت، ظرفیت حمل رواناب‌ها در حوضه‌ی مورد مطالعه برآورد گردید. نتایج حاصل از این برآورد نشان می‌دهد که در رابطه با دیگر عوامل، ظرفیت حمل رسوبات حاصل از فرسایش ناشی جریان رواناب‌ها در محدوده‌های مختلف بسیار متفاوت است. ظرفیت حمل رواناب‌ها در بخش‌های نزدیک به پایاب حوضه نسبت به بخش‌های دیگر زیاد است، اما در بخش‌های دیگر به ویژه در بخش‌های میانی نیز میزان آن قابل ملاحظه است.

بررسی‌ها همچنین حاکی از این است که میزان فرسایش حاصل از یک خندق در رابطه‌ی مستقیم با مساحت حوضه‌های بالادست خندق‌ها است. به عبارت دیگر در هر قسمتی از حوضه که مساحت زیرحوضه‌ها افزایش یافته است، میزان فرسایش حاصل از خندق‌ها در زیرحوضه‌های بالادست حوضه‌ی آتشیگ افزایش می‌یابد و در بخش‌هایی از حوضه به ویژه در بخش‌های میانی از میزان آن کاسته می‌شود.

در مدیریت حوضه‌هایی که رودخانه‌های مهمی در آن جاری است، بررسی وضعیت رسوب‌زایی زیرحوضه‌هایی مربوط به شاخاب‌های تغذیه‌کننده‌ی این رودخانه‌ها، از اهمیت زیادی برخوردار است. مطالعه‌ی آبکندها، علل تشکیل و محدوده‌ی پراکنش آنها از دیدگاه مدیریت و حفاظت آبخیزها از بایدها محسوب می‌شود. بدون چنین مطالعه‌ی کاهش رسوب رودخانه‌ها، حفظ سطح دامنه‌ها و جلوگیری از تلف شدن خاک‌ها غیرممکن به نظر می‌رسد.

منابع

- بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۵)، «پژوهشی پیرامون علل تشکیل و توسعه‌ی آبکندها در کوهستان‌های نیمه‌خشک»، علوم زمین، شماره‌ی ۶۰، صص ۷۱-۵۶.
- بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۴)، «تحلیل و بررسی نقش عوامل توپوگرافی و مورفونز در خندق‌زایی»، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره‌ی ۴۹، صص ۷۰-۵۳.
- بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۵)، «ویژگی‌های خندق‌ها و عوامل کنترل‌کننده‌ی فرآیندها خندق‌زایی» جغرافیا و توسعه، شماره‌ی، صص ۱۰۱-۸۳.
- بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۵)، «بررسی و تحلیل فرسایش آبراهه‌ای با استناد به شواهد ژئومورفولوژیکی»، مدرس علوم انسانی، شماره‌ی ۴۵، صص ۱۳۵-۱۱۵.
- Bakker, M., Gerard Govers., Anne van Doorn, Fabien Quetier, Dimitris Chouvardas, Mark Rounsevell (2008), “**The Response of Soil Erosion and Sediment Export to Land-use Change in Four Areas of Europe: The Importance of Landscape Pattern**”, *Geomorphology* 98 , PP. 213–226.
- Bartley, R., Aaron Hawdon, David A. Post ., Christian H. Roth (2007), “**A Sediment Budget for a Grazed Semi-arid Catchment in the Burdekin Basin, Australia**”, *Geomorphology* 87, PP. 302–321.
- Bright, J., John Boardman (2009), “**Evidence from Field-based Studies of Rates of Soil Erosion on Degraded Land in the Central Karoo**”, South Africa,*Geomorphology* 103, PP. 455–465.
- Calvo-Cases, A., Boix-Fayos, C. Imeson, A.C. (2003), “**Runoff Generation, Sediment Movement and Soil Water Behaviour on Calcareous (limestone) Slopes of Some Mediterranean Environments in Southeast Spain**”, *Geomorphology* 50 (2003), PP. 269–291.
- Castillo ,V., J. Albaladejo, C. Boix-Fayos. M. Martínez-Mena., E. Arnau-Rosalén., A. Calvo-Cases (2006), “**Measuring Soil Erosion by Field Plots: Understanding the Sources of Variation**”, *Earth-Science Reviews*, 78 , PP. 267–285.
- Duvert,C.,Nicolas Gratiot.,Olivier Evrard., Oldrich Navratil., Julien Némery., Christian Prat., Michel Esteves (2010), “**Drivers of Erosion and Suspended Sediment Transport in Three Headwater Catchments of the Mexican Central Highlands**”, *Geomorphology* 123, PP. 243–256.
- Feng, X., Yafeng Wang., Liding Chen., Bojie Fu., Gangshuan Bai (2010), “**Modeling soil Erosion and Its Response to Land-use Change in Hilly Catchments of the Chinese Loess Plateau**”, *Geomorphology*, 118 , PP. 239–248.

- Kusai, M., Marutani, T. (2006), "**Estimation of Temporally Averaged Sediment Delivery Variation**", Earth Surface Processes and Land Forms, Wo, 26, PP. 1-16
- Gabet, E., Andy Bookter (2008), "**A Morphometric analysis of Gullies Scoured by Post-fire Progressively Bulked Debris Flows in Southwest Montana**", USA, Geomorphology, 96, PP. 298-309.
- Govers, G., Rafael Giménez Kristof Van Oost (2007), "**Rill Erosion: Exploring the Relationship between Experiments**", Modelling and Field Observations Earth-Science Reviews, 84, PP. 87-102.
- Hughes, A., Jon M. Olley., Jacky C. Croke, Lucy A. McKergow (2009), "**Sediment Source Changes over the Last 250 Years in a Dry-tropical Catchment, Central Queensland**", Australia, Geomorphology, 104, PP. 262-275.
- Knapen, A., J. Poesen, G. Govers, G. Gyssels, J. Nachtergaele (2007), "**Resistance of Soils to Concentrated Flow Erosion: A Review**", Earth-Science Reviews, 80, PP. 75-109.
- Kakembo, V., W.W. Xanga, K. Rowntree (2009), "**Topographic Thresholds in Gully Development on the Hillslopes of Communal Areas in Ngqushwa Local Municipality**", Eastern Cape, South Africa, Geomorphology, 110 (2009), PP. 188-194.
- Khairulmaini Osman Salleh and Fatemeh Mousazadeh (2011), "**Gully Erosion in Semiarid Regions**", Procedia Social and Behavioral Sciences, 19, PP. 651-661
- Malik, I. (2008) "**Dating of Small Gully Formation and Establishing Erosion Rates in old Gullies under Forest by Means of Anatomical Changes in Exposed Tree Roots (Southern Poland)**", Geomorphology, 93, PP. 421-436.
- Lubo, G., Yun Lei, Ren Yi., Cui Zhewei., Bi Huaxing (2011), "**Spatial and Temporal Change of Landscape Pattern in the Hilly-gully Region of Loess Plateau Procedia Environmental Sciences**", 8, PP. 103-111.
- Lesschen, J., J.M. Schoorl., L.H. Cammeraat (2009), "**Modelling Runoff and Erosion for a Semi-arid Catchment Using a Multi-scale Approach Based on Hydrological Connectivity**", Geomorphology, 109, PP. 174-183.
- Parkner, T., Mike Page., Mike Marden., Tomomi Marutani (2007), "**Gully Systems under Undisturbed Indigenous Forest, East Coast Region, New Zealand**", Geomorphology, 84, PP. 241-253.
- Sheng-ming Ren, Bo Sun, Yin Liang (2011), "**Quantitative Analysis on the Influence of Long-term Soil and Water Conservation Measures Harnessing on Runoff and Sediment Yield of Watershed**", Procedia Environmental Sciences 10 (2011), PP. 1732-1740.
- Zachar, D. (1982), "**Soil Erosion**", Elsevier Pub., P. 547.