

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

مریم بیاتی خطیبی^{۱*}

فریبا کرمی^۲

چکیده

حساسیت دامنه‌ها نسبت به فرسایش آبکندي 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 آبکندي در اثر رواناب‌های جاری در سطوح شیبدار، از جدی‌ترین مسائل ژئومورفولوژیکی، هیدرولوژیکی، انسانی و از عمدت‌ترین معضلات زمین‌های تحت کشت در بخش‌های مرتفع حوضه‌ها در دهه‌های اخیر محسوب می‌شود. در زیر‌حوضه‌ی آتش‌بیگ (در موقعیت جغرافیایی $40^{\circ} 37' \text{ E}$ تا $45^{\circ} 46' \text{ E}$ طول شرقی قرار گرفته است) آبکندها- به عنوان یکی از اشکال مهم حاصل از فرسایش تسریع شده در شیبدارهای نسبتاً تندر دامنه‌های متشكل از سازنده‌های 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 ($E, Tr, Dg, ...$) فرسایش و میزان خاک تلف شده از یک خندق مجزا برآورد شده است. در ابتدا با استفاده از ضریب هیدرورترمال (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 آبکندي در بخش‌های مختلف حوضه‌ی 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 حوضه‌ی آتش‌بیگ، می‌توان گفت که میزان فرسایش خندقی، تلف شدن خاک، حوضه‌ی آتش‌بیگ.

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

مقدمه

حساسیت دامنه‌ها نسبت به فرسایش آبکندي 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 آبکندي در اثر رواناب‌های جاری در سطوح شیب‌دار، از جدی‌ترین مسائل ژئومورفولوژیکی، هیدرولوژیکی، انسانی و از عمدت‌ترین 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 آشفتگی‌های سطحی، فرآیند بر亨گی زمین^۴ با تمرکز آبهای جاری در گودی‌ها و افزایش نیروی فرسایشی آب و ایجاد شیارها (با عمقی از چند سانتی‌متر تا ۳۰ سانتی‌متر) شروع می‌شود و با ایجاد خندق‌ها (با عمق بیشتر از ۱ متر) و در نهایت تشكیل راوین‌ها (با چندین متر عمق) ادامه می‌یابد که نتیجه آن، تلف شدن مقدار متنابهی از خاک‌های قابل کشت در حوضه‌ها و انباستگی 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 متشكل از سازندهای مستعد به فرسایش تشكیل و با توجه به تراکم آبکندهای تشكیل 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 خیزکشت 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 سازیزیر 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- Chaploat et a.,

4- Land degradation

5- Whitford et al.,

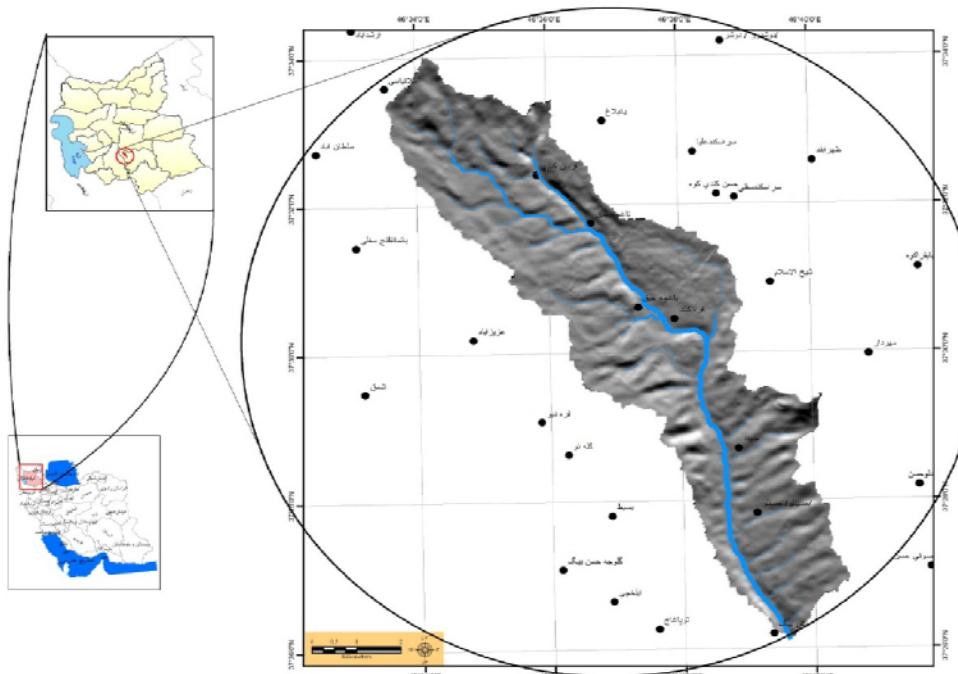
6- Yadav et al.,

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؛ کاسالی^۲، ۱۲۸: ۲۰۰۶).

خندق‌ها حجم قابل ملاحظه‌ای از خاک دامنه‌ها را به آب‌ها تخلیه می‌کنند (بیاتی خطيبي، ۱۳۸۵). متأسفانه در ایران این اشكال ژئومورفولوژيکی 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 زیر‌حوضه‌های دامنه‌های شرقی سهند هست که در موقعیت جغرافیایی $37^{\circ} 00' \text{ تا } 37^{\circ} 20'$ عرض شمالی و $45^{\circ} 15' \text{ تا } 47^{\circ} 00'$ طول شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). این زیر‌حوضه از زیر‌حوضه‌های مهم قرنوچای است که سرچشممه آن از ارتفاعات اطراف به ویژه از کوه خاله اوشاغ 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

1- Gabet and Booktev
2- Casali et al,

سازنده‌های سطحی زیرحوضه آتشبیگ به تبعیت از لیتولوژی بسیار متنوع است. ولکانوسدیمانترها از تشکیلات مهم حوضه‌ی آتشبیگ محسوب می‌شود. این سری متشکل از لایه‌های توف، سینریت، آبرفت‌های دانه درشت، لایه‌های شنی، ماسه‌ای، قلوه سنگی و رسی است که در طی بازیدهای میدانی در بیشتر قسمت‌ها شناسایی شده‌اند. بخش اعظم ارتفاعات با توف‌ها و خاکسترها آتشفشاری پوشانیده شده است در بخش مرکزی آن سنگ‌های آذرین که اغلب قلل مرکزی آن را تشکیل داده‌اند بروند نموده‌اند. آهک‌ها، گسترش نسبتاً ملاحظه‌ای در بخش‌های غربی و جنوب غربی در شمال شرقی یافته‌اند. بخش وسیعی از حوضه توسط طبقات کنگلومراپی ضخیم لایه‌ای پوشیده شده است. واحد کنگلومراپی 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 به‌چشم می‌خورند (شکل ۲) که بر روی خاکسترها ولکانیکی و طبقات کنگلومراپی پلیوسن قرار گرفته‌اند. این نهشته‌ها که حاصل فعالیت چشممه‌های 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 حوضه‌ی آتشبیگ



شکل (۳) توف‌ها و آبرفت‌ها در حوضه‌ی آتشبیگ



شکل (۴) ماسه سنگ و آهک‌های حوضه‌ی آتش‌بیگ

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 نحوه 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 آبکندهای 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 روابط 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 آبکندي با توصل به معادلات و روابط مختلف مورد بررسی قرار می‌گيرد و ميزان رسوبات حاصل از آنها برآورد می‌گردد در اين مقاله سعی شد ابتدا فرسایش آبکندي در محدوده‌ی مورد مطالعه به تفكيك مورد مطالعه و بررسی قرار گيرد و در نهايتي با بكارگيري مدل مربوطه، در بخش‌های مختلف محدوده‌ی مورد مطالعه، بخش‌های تحت فرسایش خندقی مشخص و حساسيت منطقه نسبت به آن طبقه‌بندی گردد. برای بررسی و تفكيك سهم عوامل مختلف در فرسایش سطوح شيب دارد، ابتدا حوضه به زيرحوضه‌های متعدد تقسيم شد و محاسبات به تفكيك در اين زيرحوضه‌ها صورت گرفت. در اين مقاله ابتدا برای بررسی استعداد منطقه برای زايis خندق‌ها، از شاخص آستانه‌ی اقليمي استفاده شده است.

۱- تعیین آستانه‌های اقليمي برای شروع فرسایش خندقی

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

$$HTK = \frac{\Sigma R}{\Sigma t} \cdot 10 \quad (1)$$

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

۲- برآورد زمان جابجایی در زیر حوضه‌های محدوده‌ی مورد بررسی

زمان جابجایی از طریق یک حوضه به صورت جریان صفحه‌ای و یا جریان مرمرکز 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، ۲۵۸: ۲۰۰۸) محاسبه شده است (رابطه‌ی (۲)):

$$Tr = [0.42(nl)^{0.8}/p^2]^{0.5}(s)^{0.4} \quad (2)$$

در رابطه‌ی (۲): Tr =زمان جابجایی (ساعت)، p^2 =متوسط دوسالانه بارندگی ۲۴ ساعت = $13/84$ اینچ، S =شیب (به درصد)

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

علت اصلی فرسایش آبکنندی بر روی دامنه‌ها و تشکیل شیارها تمرکز جریانات سطحی در یک مسیر واحد است. بنابراین لازم است ابتدا هیدرولیک شیاری^۲ با استفاده از مدل‌های مربوطه مورد محاسبه قرار گیرد. سطوح بالادست خندق‌ها با توجه به ویژگی‌هایی که دارند (غلب 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 توصل به آن میزان فرسایش از یک خندق را برآورد نمود رابطه‌ی Dg است (کازایی^۳، ۲۰۰۶: ۱۲۳).

$$Dg = 14.3 \times 10^{-4} Ag^{1.5} \quad (3)$$

در رابطه‌ی (۳): Dg =میزان فرسایش ($m^3/year$) = 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 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. 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 (زمولی و همکاران^۱، ۲۰۰۹: ۳۲) فرسایش خاک را می‌توان در روی شب 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 = شب دامنه به درصد، L = طول دامنه به متر

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

شب 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، sAs = مساحت بالا دست به متر مربع، s = شب به درصد

۶- تعیین طرفیت حمل رواناب‌ها در سطوح تحت فرسایش خندقی با استفاده از اندازه 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 محدوده خندق‌های بزرگ محاسبه شده است (رابطه‌ی (۶)).

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

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

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

شب دامنه‌ها و مساحت حوضه‌ی بالادست آبکندها 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.

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

1- Zamoly et al.,

2- Verstraeten et al.,

3- The stream power index

در رابطه‌ی $AS = \text{مساحت حوضه بالادست} (\text{به مترمربع})$, $\beta = \text{شیب محلی}$, $SPI = \text{اندکس رطوبی}$ یا انداخته توپوگرافی برای شروع خندق باید:

$$In(As/ tan\beta)CTI = 18/8 \text{ باشد تا فرسایش خندقی شروع شود.}$$

بحث و نتایج

در فرسایش دامنه‌ها، به ویژه تشکیل آبکندهای عمیق و انتقال خاک دامنه‌ها به بسترها 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.

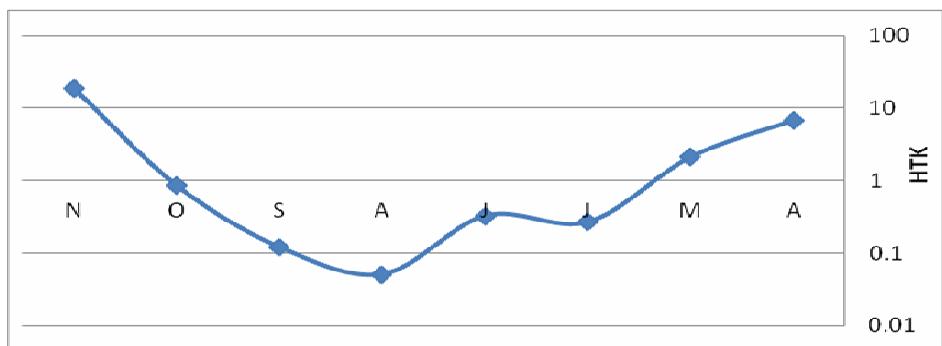
۱- تعیین آستانه‌های اقلیمی برای شروع فرسایش خندقی

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 شناس 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	مای	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

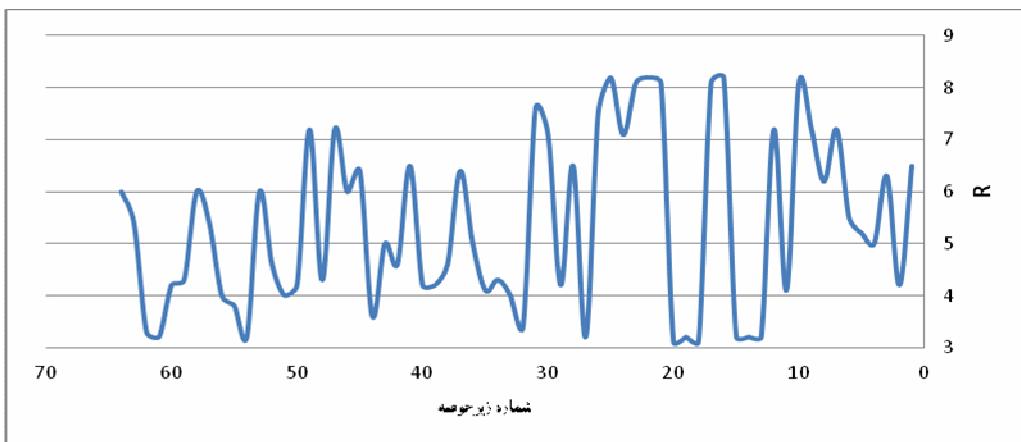


شکل (۵) میزان HTK در ایستگاه سهند

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 ارایه 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 0.025 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 محدوده‌ی مورد بررسی است (شکل ۶).

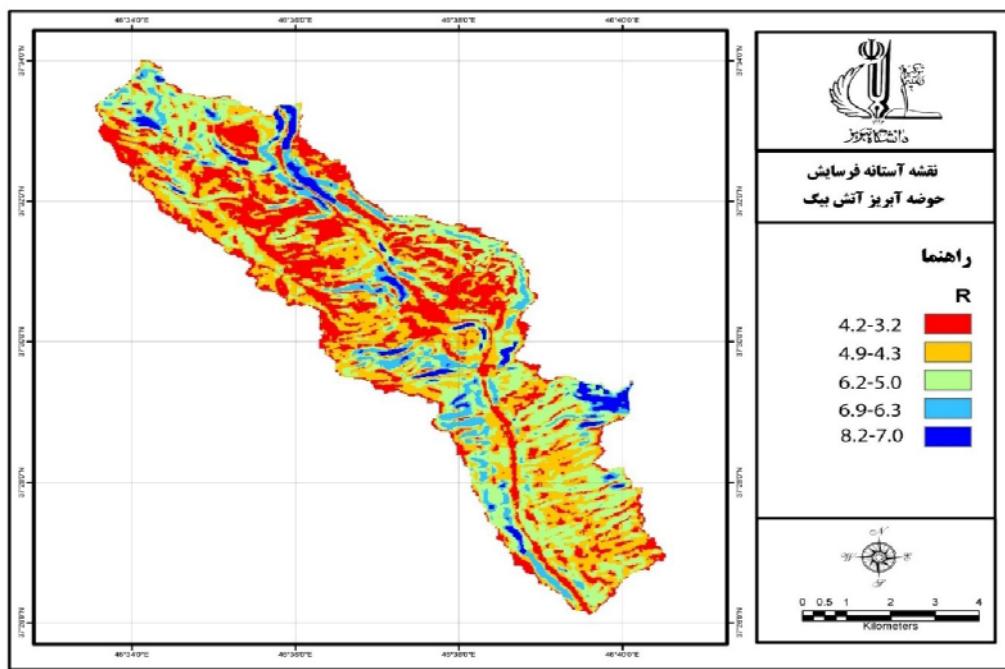
با توجه به نقشه حاصل از ترسیم آستانه‌ی فرسایش در حوضه‌ی آتش‌بیگ (شکل ۷) می‌توان مشاهده نمود که میزان فرسایش در بیشتر بخش‌های حوضه از خط آستانه بسیار بیشتر است.



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 متمنکر کم عمق به کانال‌ها آبی با استفاده از روابط متعددی قابل محاسبه است. رابطه 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 حوضه‌ی آتش‌بیگ برآورد کرده، نشان می‌دهد که زمان جابجایی رواناب‌ها در بخش‌های مختلف حوضه مورد مطالعه بسیار متفاوت است. اطلاعات و نتایج حاصل حاکی از این است که در بخش میانی حوضه این زمان طولانی است (شکل ۸ و ۹).

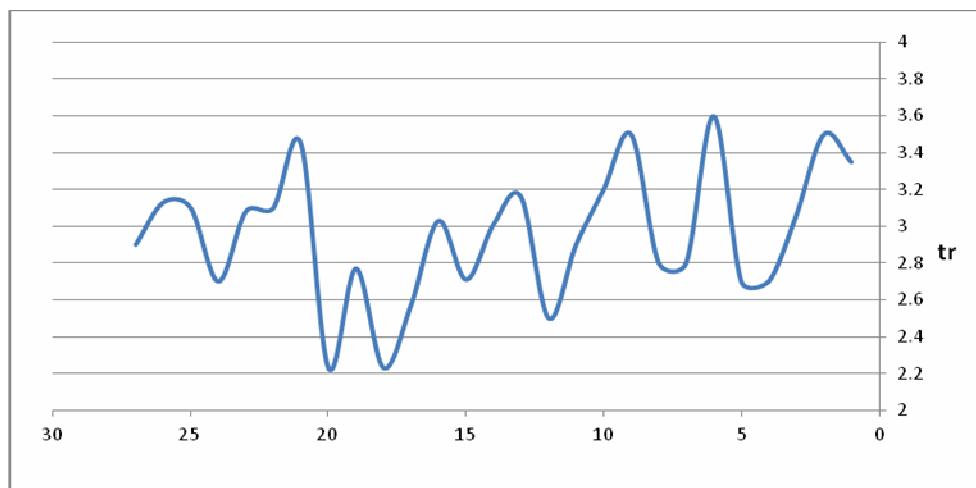


شکل (۷) میزان آستانه فرسایش در سطح حوضه‌ی آبریز آتش‌بیگ

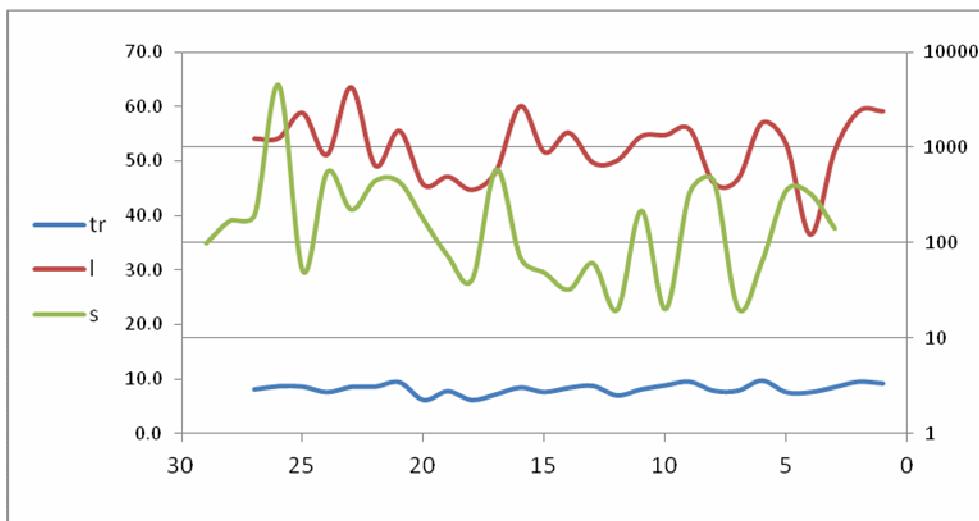
اطلاعات نمایش داده شده در نقشه نشان می‌دهد (شکل ۱۰) که در طرف چپ رودخانه‌های اصلی، در سطح شیب‌ها زمان رسیدن رواناب‌ها به بخش پایین دامنه‌ها در زمان کوتاهتری صورت می‌گیرد. از نظر فرسایش، می‌توان چنین تفسیر کرد که در این محدوده‌ها دامنه‌ها باید بیشتر در معرض فرسایش قرار گیرند به دلیل اینکه رواناب‌ها در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

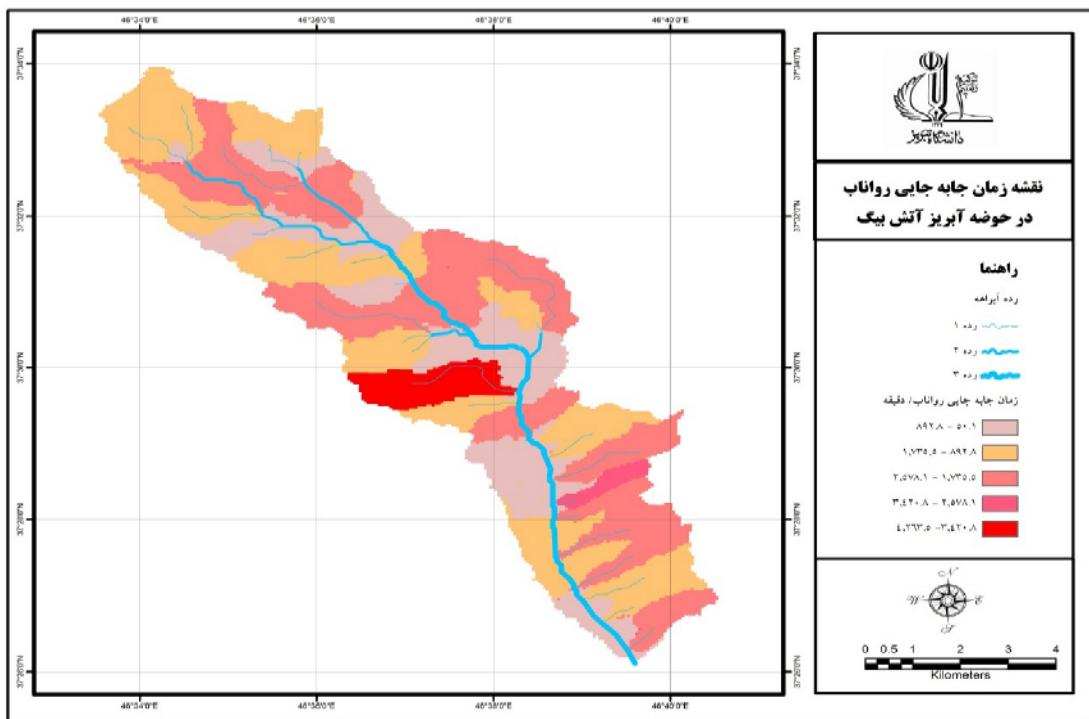
قسمت بالای خندق‌ها با دیواره‌ی تندي به قسمت‌های بالای دامنه وصل می‌گردند و توسعه‌ی خندق‌ها از این قسمت صورت می‌گيرد. با توجه به اين که شيب اين قسمت‌ها بالاست، رواناب‌ها به صورت تنداي‌ها از اين قسمت‌ها جاري می‌گردد. به همین سبب رواناب‌ها از توان بالايی برای سایش برخوردارند (شکل ۱۲). سطوح بالادست خندق‌ها با توجه به وسعت حوضه‌ی بالادست سرخندق‌ها، تعیین‌کننده‌ی میزان فرسایش در پايان دست دامنه‌ها هستند و اغلب اين نوع فرسایش در قالب فرسایش خندقی ارائه دهند. يكی از معادله‌هایی که می‌توان با توصل 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 شيب و طول آبراهه‌ها در زیر‌حوضه‌های آتش‌بیگ (محور افقی مربوط به شماره زیر‌حوضه‌ها است)

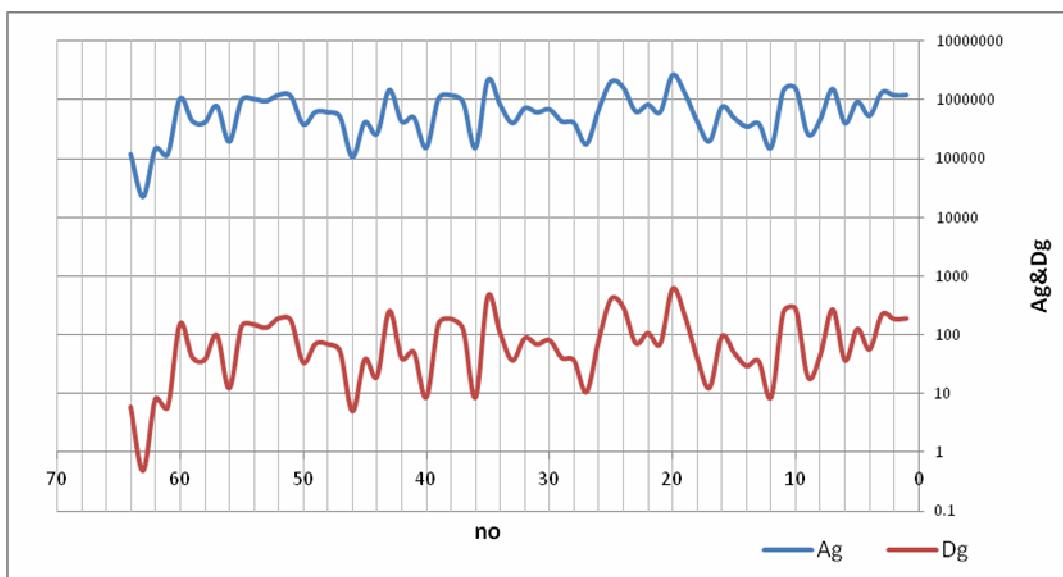


شکل (۱۰) زمان جابجای رواناب‌ها در سطح حوضه‌ی آتش‌بیگ

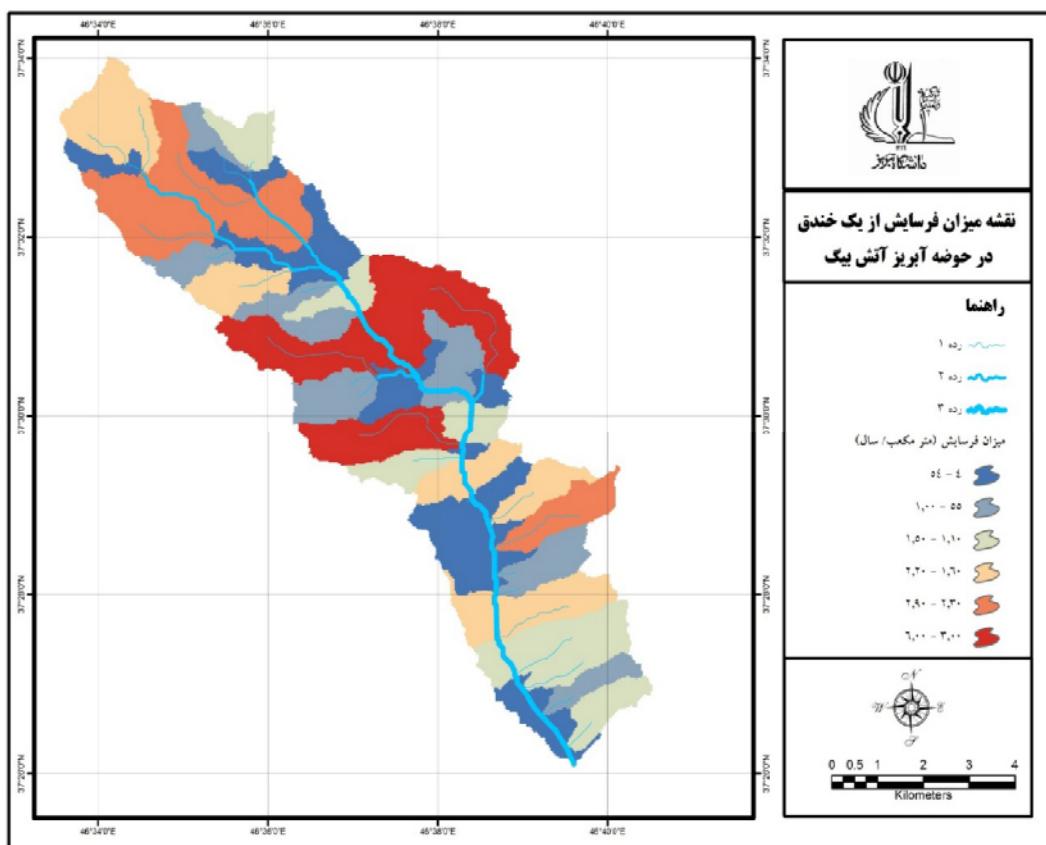
بررسی نتایج حاصل از رابطه‌ی بکار گرفته شده نشان می‌دهد که میزان فرسایش حاصل از یک خندق در رابطه‌ی مستقیم با مساحت حوضه‌های بالادست خندق‌ها است. به عبارت دیگر در هر قسمتی از حوضه که مساحت زیرحوضه‌ها افزایش یافته است، میزان فرسایش حاصل از خندق‌ها در زیرحوضه‌های بالادست حوضه آتش‌بیگ افزایش می‌یابد و در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



شکل (۱۱) آبکندهای عمیق با دیواره‌ها تندر زیرحوضه‌ی آتش‌بیگ



شکل (۱۲) میزان فرسایش از یک خندق در زیرحوضه‌های آتشبیگ (محور افقی مربوط به شماره‌ی زیرحوضه‌ها است)



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

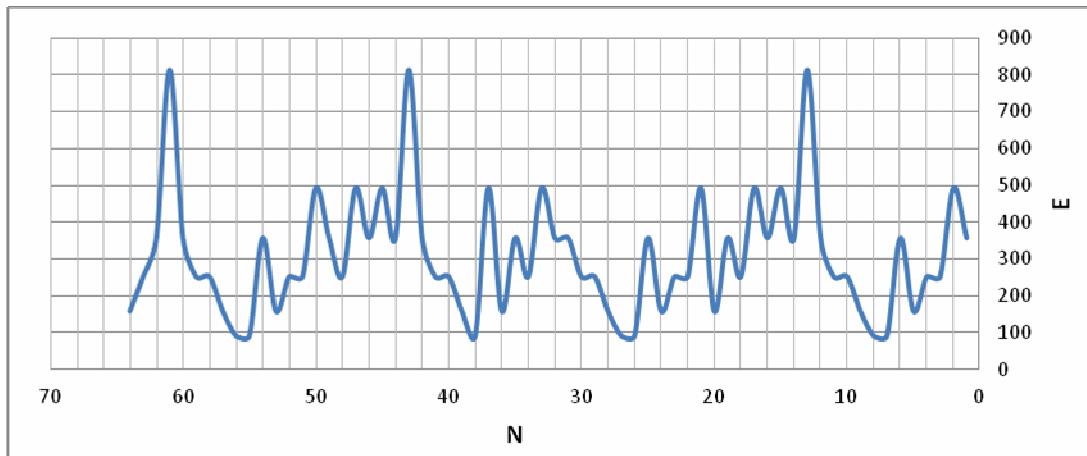
۵- برآورد میزان فرسایش در رابطه با شیب و طول دامنه

فرسایش در سطوح شیب‌ها با توجه به وجود انرژی کافی در دامنه‌ها در شدت بالا صورت می‌گیرد خندق‌ها و 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 و طول دامنه 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

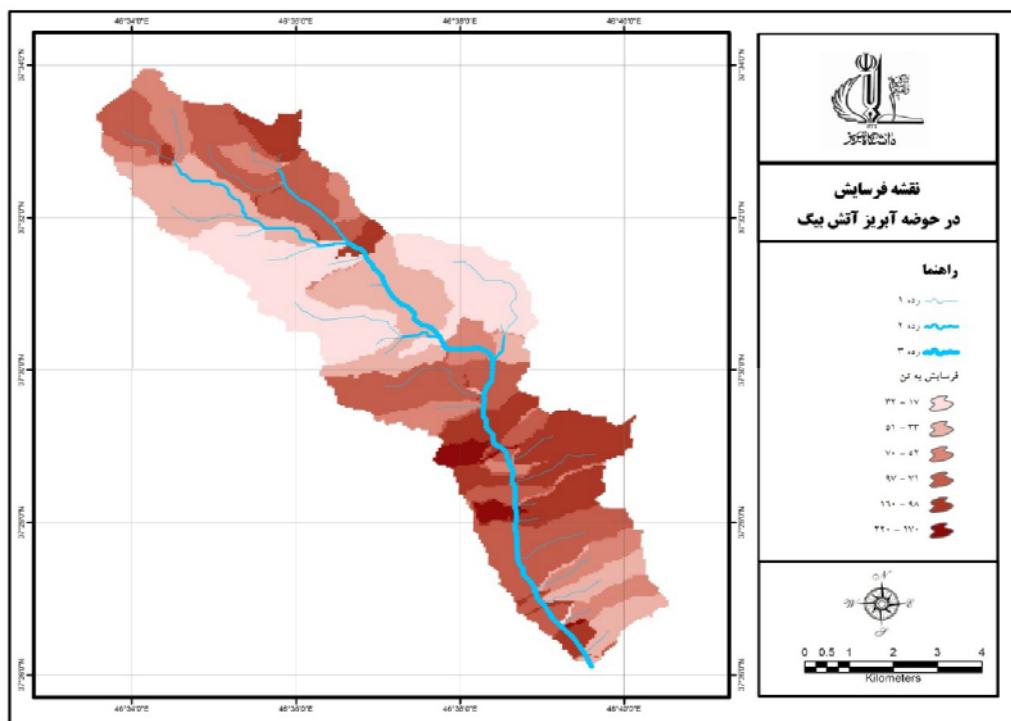
دامنه شیب به درصد	بالاتر از ۶۰	۶۰-۳۰	۳۰-۲۰	۲۰-۱۲	۱۲-۸	۸-۵	۵-۲	۲-۰
درصد مساحت کلاس‌های شیب	۰,۳۰	۴,۸۲	۷,۸۵	۲۰,۵۳	۱۸,۴۹	۲۱,۲۶	۲۰,۵۷	۶,۱۸

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 زیرحوضه‌های آتشبیگ (محور افقی مربوط به شماره زیرحوضه‌ها است)

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

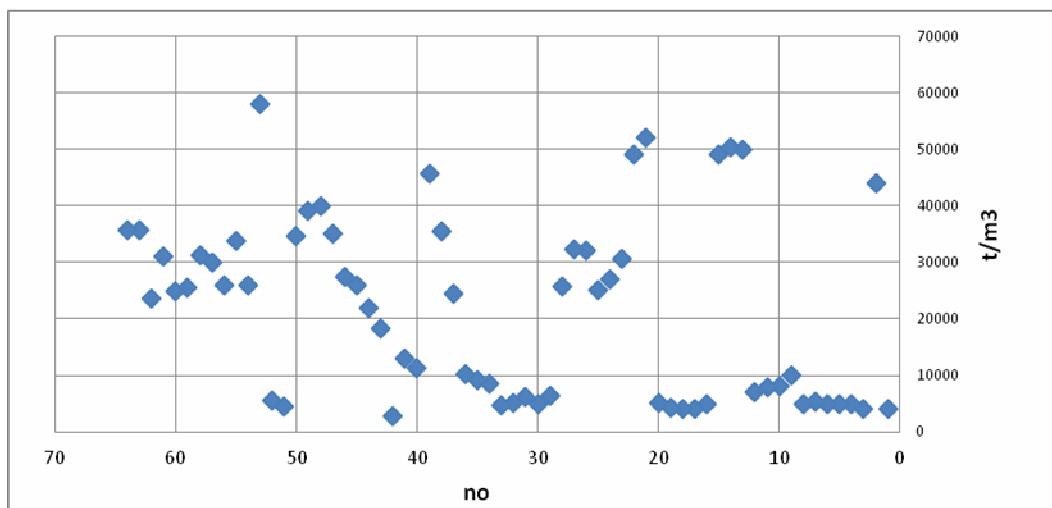


شکل (۱۵) میزان فرسایش در سطح حوضه‌ی آتش‌بیگ در رابطه با شبکه

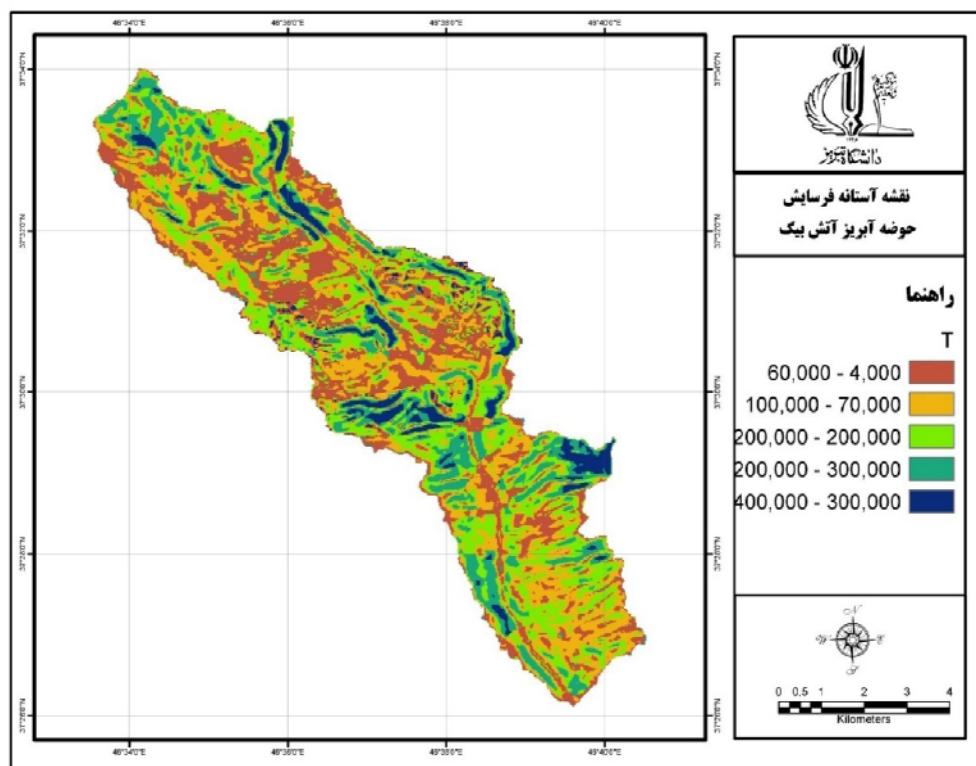
۶- تعیین طرفیت حمل رواناب‌ها در سطوح تحت فرسایش خندقی

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 آتش‌بیگ (محور افقی مربوط به شماره‌ی زیرحوضه‌ها است)

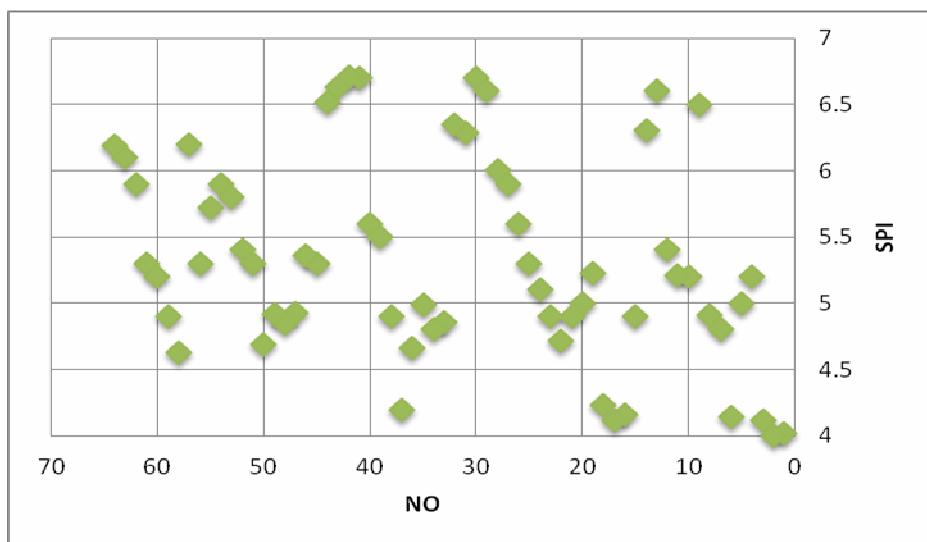


شکل (۱۷) طرفیت حمل رواناب‌ها در سطح حوضه‌ی آتش‌بیگ

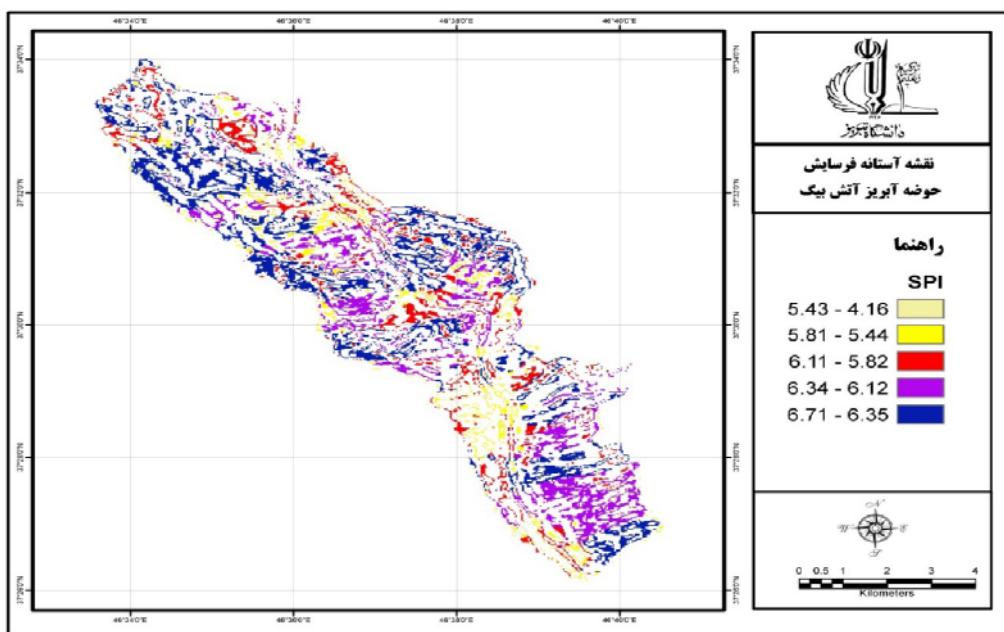
۷- برآورد توان سایشی رواناب‌ها در حوضه‌ی آتش‌بیگ

شیب دامنه‌ها و مساحت حوضه‌ی بالادست آبکدها از عوامل تعیین کننده‌ی توان فرسایشی رواناب‌های سطحی است. در این تحقیق نیز با استفاده از رابطه‌ی مت Shankel 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 باشد 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 آبراهه 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 آتش‌بیگ 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 مطالعه‌ای 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 مورفوژنز در خندق‌زایی»، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره‌ی ۴۹، ۷۰ صص ۵۳-۷۰.
- بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۵)، «ویژگی‌های خندق‌ها و عوامل کنترل‌کننده‌ی فرآیندها خندق‌زایی» جغرافیا و توسعه، شماره‌ی ۱۰۱، صص ۸۳-۱۰۱.
- 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 Vation**”, Earth Surface Processes and Land Forns, 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. Nachtergael (2007), “**Resistance of Soils to Concentrated Flow Erosion: A Review**”, Earth-Science Reviews, 80, PP. 75–109.
- Kakembo, V., W.W. Xanga, K. Rountree (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**”, Elsever Pub., P. 547.