



سنجش کمی توان فرسایشی روانابها در سطوح شیبدار نواحی کوهستانی مطالعه موردی: زیر حوضه آتش بیگ

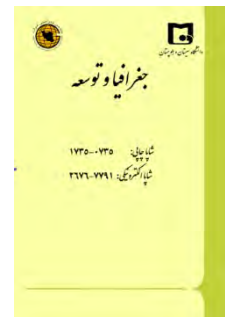
دکتر مریم بیاتی خطیبی* دکتر بهروز ساری صراف^۲

مقاله پژوهشی

چکیده

روانابها در سطوح دامنه‌ها اولین کندوکاری را انجام می‌دهند و در صورت تشدید، آشفته‌گی‌های قابل‌ملاحظه‌ای در سطح دامنه‌ها ایجاد می‌کنند. این نیروهای هیدرودینامیک در صورت جاری شدن بر روی شیب‌هایی با سازه‌های سست، از قدرت فوق‌العاده‌ای برای کندوکاری و ایجاد شیارهای متعدد برخوردار می‌شوند. توجه و بررسی ویژگی‌های سایشی روانابها در سطوح شیبدار و عوامل دخیل در تغییر ویژگی‌های آنها، می‌تواند حفاظت این سطوح را به‌طور اصولی ممکن سازد و با توسل به نتایج حاصل از بررسی این عوامل و نحوه جریان روانابها بر روی دامنه‌ها، می‌توان میزان فرسایش و رسوب حاصل را برآورد کرد و با برآورد میزان فرسایش حاصل از سایش روانابها تدابیر لازم را در جهت حفظ دامنه‌ها اتخاذ کرد. سطح دامنه‌های زیرحوضه آتش بیگ (واقع در دامنه‌های شرقی سهند و در موقعیت جغرافیایی '۰۰° ۳۷' تا '۲۰° ۳۷' عرض شمالی و '۴۵° ۴۶' تا '۱۵° ۴۷' طول شرقی) توسط آبکندها بسیار آشفته شده‌است. فرسایش آبکندی در رابطه با ویژگی‌های رواناب‌های جاری قابل‌مطالعه است. در این مقاله با استفاده از معادلات تجربی ویژگی‌های روانابها مطالعه و محاسبه شده‌است (v, Tc, Tr, ...). نتایج نشان‌دهنده این است که در بخش‌های مختلف زیرحوضه روانابها متأثر از عوامل دیگر سرعت متفاوتی دارند. در نهایت با استفاده از معادلات متناسب فرسایش آبکندی در سطح حوضه برآورد (CTI) و نقشه‌های مربوط ترسیم شده‌است. این نتایج نشان می‌دهد که میزان CTI در بخش‌هایی از حوضه بالاتر از آستانه ۵ است. این بدین معنی است در بخش‌هایی از حوضه روانابها از قدرت کافی برای سایش شیبها برخوردارند. نقشه ترسیمی نشان می‌دهد که در بخش‌های میانی حوضه، روانابها بیشتر از قدرت سایشی برخوردار هستند.

جغرافیا و توسعه، شماره ۶۷، تابستان ۱۴۰۱
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۱
تاریخ بازنگری داوری: ۱۴۰۰/۱۰/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۰
صفحات: ۶۹-۸۶



واژه‌های کلیدی:
رواناب، فرسایش آبکندی، توان روانابها، سرعت جریان، حوضه آتش بیگ.

مقدمه

فرسایش دامنه‌ها توسط روانابها با عوامل متعددی در رابطه است. توجه و بررسی ویژگی‌های روانابها در سطوح شیبدار و عوامل دخیل در تغییر ویژگی‌های آنها، می‌تواند حفاظت این سطوح را امکان‌پذیر سازد و با توسل به نتایج حاصل از بررسی این عوامل و نحوه جریان روانابها بر روی دامنه‌ها، می‌توان میزان فرسایش را برآورد کرد و با برآورد میزان فرسایش حاصل از سایش روانابها، تدابیر لازم در جهت حفظ دامنه‌ها را اتخاذ کرد. سابقه بررسی کمی روانابها به دهه چهل برمی‌گردد. میلر (Miller, 1946: 659) از

دامنه‌ها در واقع، منشأ ایجاد مهم‌ترین عوامل مهم هیدرودینامیکی و هیدروژئومورفولوژیکی و محل تمرکز اولیه روانابها محسوب می‌شوند. به عبارت دیگر، روانابها به‌عنوان عامل مهم هیدروژئومورفیک، کندوکاو اولیه را در سطوح دامنه‌ها انجام می‌دهند. تشکیل خندق‌ها و شیارهای متعدد در سطوح دامنه، حاصل چنین فرسایشی هستند. تشکیل چنین اشکال فرسایشی، از تشدید فرسایش خطی و از قدرت سایشی روانابها در سطوح شیبدار حکایت می‌کنند.

M_bayati@tabrizu.ac.ir

b.sarraf@tabrizu.ac.ir

۱- استاد ژئومورفولوژی گروه GIS، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول)

۲- استاد آب و هواشناسی گروه آب و هواشناسی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی دانشگاه تبریز

این مقاله برگرفته از طرح تحقیقاتی با عنوان: برآورد رسوب حاصل از فرسایش دامنه‌ای توسط روانابها و بررسی اثرات آن در ساختارهای انسانی پای دامنه‌ها، مطالعه موردی: دامنه‌های حوضه آتش بیگ می‌باشد.

نحوه کندوکاری و حمل رسوبات در شیارها را مورد بررسی قرار دادند.

گورز و گاردنر و همکاران (*Gardner et al, 2003:23*) و *Govers et al., 2007: 88* نیز فرسایش‌پذیری خاک‌ها، در اثر ایجاد شیارها بر روی دامنه‌ها را بررسی کرد و با نظیرسازی‌های آزمایشگاهی نحوه تشکیل شیارها و مقادیر رسوبات حاصل از آن را مطالعه کردند. هاتما و همکاران (*Hatma et al., 2013:223*) نیز اثر ذوب برف بر روی تشکیل شیارها و میزان فرسایش خاک در اثر فرسایش شیار را مورد مطالعه قرار دادند و نقش عوامل مختلف، مانند شیب را با استفاده از مدل جهانی فرسایش خاک تحلیل کرد.

محدوده حوضه زهکشی آتش‌بیگ، از محدوده‌های مهم کشت انواع محصولات دیمی و آبی حوضه کوهستان سهند به شمار می‌آیند، فرسایش آبکندی تشدید و تسریع شده می‌تواند خسارات جبران‌ناپذیری در پی داشته باشد. از این نظر بررسی و شناسایی محدوده‌های تحت فرسایش خاک توسط رواناب‌ها و در اثر توسعه آبکندها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این تحقیق سعی شده‌است با توسل به روابط مربوط، نحوه جریان رواناب‌ها و میزان فرسایش حاصل را بررسی و برآورد کرد.

- موقعیت جغرافیایی حوضه آتش بیگ

حوضه زهکشی آتش‌بیگ یکی از زیرحوضه‌های مهم دامنه‌های شرقی سهند است که در موقعیت جغرافیایی $37^{\circ} 00'$ تا $37^{\circ} 20'$ عرض شمالی و $45^{\circ} 46'$ تا $47^{\circ} 15'$ طول شرقی قرار گرفته‌است (شکل ۱). این زیرحوضه از زیرحوضه‌های مهم قرقوچای در شرق کوهستان سهند است که سرچشمه حوضه جمع‌آوری آب‌ها این زیرحوضه از ارتفاعات اطراف به‌ویژه از کوه خاله اوشاغ است. در نزدیکی روستای آتش‌بیگ، دو رودخانه اصلی با

اولین پژوهشگرانی محسوب می‌شود که تحقیقات گسترده‌ای در زمینه نقش رواناب‌ها در میزان فرسایش خاک‌ها را آغاز کرد و تجربیات خود را در کتابی با همین عنوان «رواناب‌ها و فرسایش خاک»^۱ گردآوری و منتشر کرد. بعد از میلر، کلینه (*Cline, 1961: 442-446*) با انتشار کتابی با عنوان تغییرات مدل‌های مطالعه خاک^۲، جینی (*Jenny, 1960: 63*) با انتشار کتاب هیلگارد و زایش علم مدرن خاک^۳ و روهه (*Ruhe, 1970:12*) با انتشار کتاب دیگری (مطالعات ژئومورفولوژی خاک^۴)، به غنای اطلاعات در زمینه خاک و انواع فرسایش آن افزودند (به نقل از بیاتی خطیبی، ۱۳۸۵ و ۱۳۸۴: ۱۱۶). برای پیش‌بینی میزان فرسایش آبکندی، لازم است عوامل فرسایش در محیط‌های مختلف شناسایی و میزان نقش آن‌ها مورد تحلیل قرار گیرد.

واندرکرکوه و همکاران (۲۰۰۰) از پژوهشگرانی هستند که عوامل کنترل فرسایش خطی، به‌ویژه فرسایش خندقی را در محیط‌های نیمه‌خشک مدیترانه شناسایی کرده و میزان نقش آن‌ها را تحلیل کردند (*Bouaziz et al., 2011: 238; Bracken, 2005: 184; Vanderkerckhove et al., 2000:1205*).

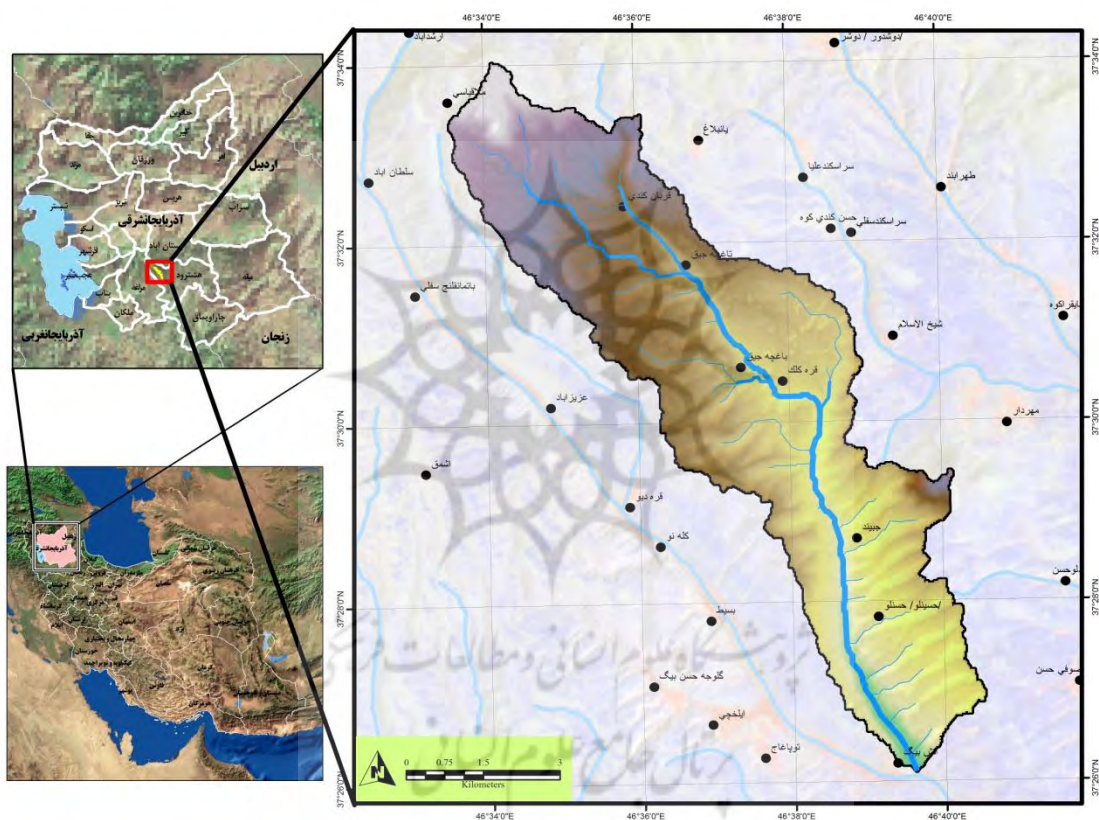
سردان و همکاران (۲۰۰۲) اثر وقوع بارندگی‌ها بر تشدید فرسایش شیار بر روی دامنه‌های تحت کشت را مورد بررسی قرار دادند و نقش کشت‌وکار در تشدید فرسایش شیار بر روی شیب‌ها را ثابت کردند. (*Carlos et al., 2010: 692; Cerdan, et al., 2002: 99-108*)

شنگ و همکاران و رایس و مارزولف (*Sheng et al, 2011:1734; Ries & Marzolf, 2003: 309-328*) با استفاده از عکس‌های هوایی متوالی، رشد آبکندها و میزان خاک تلف‌شده را مورد تحلیل قرار دادند. فنگ و همکاران نیرینگ و پلیاکوف (*Feng et al, 2010: 240; Nearing et al., 2007:40*) نیز شرایط و

1. Water runoff and soil erosion
2. Changing model of soil
3. Hilgard and birth modern soil science
4. Soil geomorphology studies

روستای آتشیبگ که رودخانه اصلی نیز به این نام خوانده می‌شود، بزرگ‌ترین روستای این زیرحوضه است. محدوده زیرحوضه آتشیبگ از محدوده‌های بسیار مهم کشت و دامپروری دامنه‌های شرقی سهند محسوب می‌شود (شکل‌های ۱ و ۲) به لحاظ نزدیکی به آب و حاصل‌خیزی آبرفت‌های دشت‌های سیلابی اغلب روستاها در کنار رودخانه مستقر شده‌اند.

نام‌های قرانقو و جببید (اولی با سرچشمه‌گیری از کوه سهند و دومی از کوه آغ‌داغ) به هم ملحق می‌شوند و رودخانه آتشیبگ را تشکیل می‌دهند و در نهایت با پیوستن به رودخانه قرنقو و بعد به رود قزل‌اوزن و ارس، به دریای خزر می‌ریزند. به لحاظ اهمیت جریان رودخانه اصلی در حیات‌ساکنان این حوضه، روستاهای این زیرحوضه در اطراف رودخانه اصلی مستقر شده‌اند (روستاهای سلطان‌آباد، کرادیو، گلوجه حسن‌بیگ و...).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه آتشیبگ

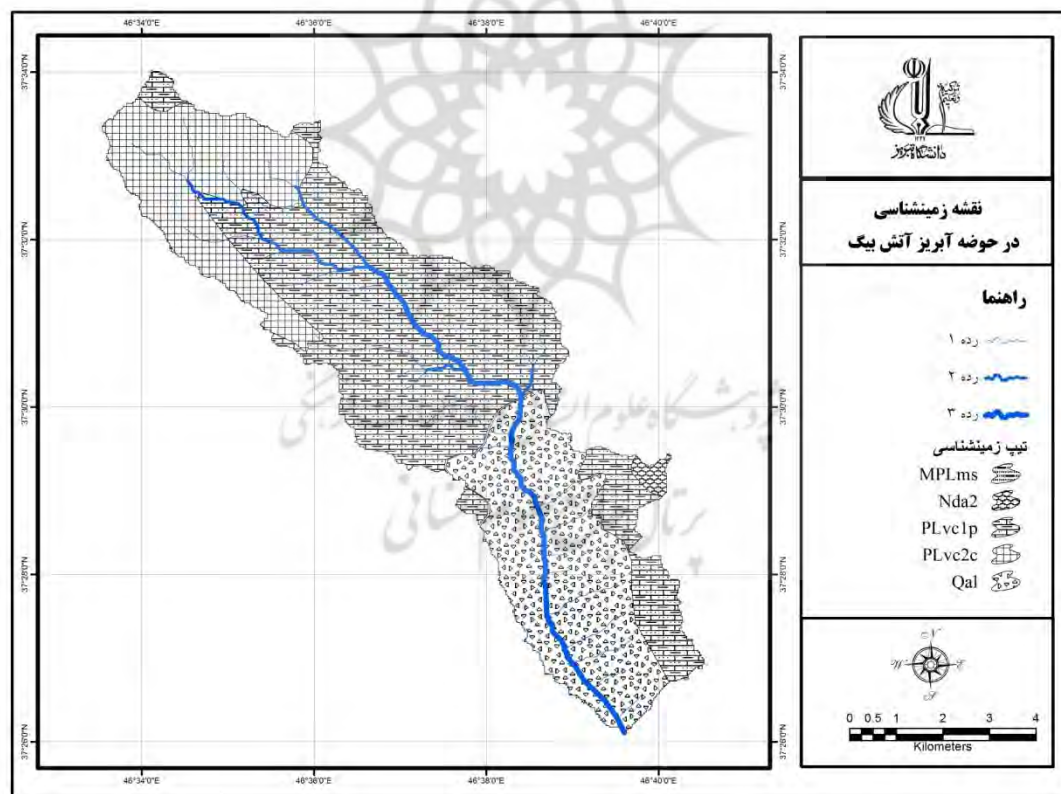
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۳

متوسط به بالا بوده، اما آهک بالای خاک، از مهم‌ترین مشکلات خاک‌های روستا است. ولکانوسدیمانترها از تشکیلات مهم این زیرحوضه محسوب می‌شود (شکل ۲). این سری متشکل از لایه‌های توف، سینریت، آبرفت‌های دانه‌درشت، لایه‌های شنی، ماسه‌ای، قلوه‌سنگی و رسی و در بعضی از نقاط همراه با کائولین است که در طی بازدیدهای میدانی در بیشتر دره‌ها

اقلیم این محدوده مدیترانه‌ای نیمه‌خشک قرار دارد. مطابق با آمار سازمان هواشناسی شهرستان هشترود و استان آذربایجان شرقی، بیشترین و کمترین دمای هوا در گرم‌ترین و سردترین ماه‌های سال، به ترتیب در تیر و بهمن در محدوده ۴۱ تا ۲۳- درجه سانتی‌گراد است. از نظر میزان بارش، یک منطقه نیمه‌خشک است. بیشتر خاک‌های روستای این محدوده از نظر حاصل‌خیزی

کنگومرایی پلیوسن قرار گرفته‌اند. این نهشته‌ها که حاصل فعالیت چشمه‌های آهک‌ساز هستند با توجه به وضعیت لایه‌بندی و ترتیب استقرار آن به کوتاه‌تر نسبت داده می‌شوند. در حالت کلی، بررسی ویژگی‌های لیتولوژیکی حوضه آتش‌بیگ نشان می‌دهد که گسترش کنگومرهای پلیستوسن، آبرفت‌های دوره کوتاه‌تر و مواد آذرین جدید قابل‌ملاحظه است (شکل ۲). همان‌طور که ذکر شد، سازندهای دیگری نیز در سطح حوضه وجود دارد، اما به لحاظ گستره کم آن‌ها در نقشه قابل‌ارائه نیستند.

تناوبی از چنین تشکیلاتی شناسایی شده‌اند. بخش اعظم این توده با توفها و خاکسترهای آتشفشانی پوشانیده شده‌است. آهک‌ها، گسترش نسبتاً قابل‌ملاحظه‌ای در بخش‌های غربی و جنوب‌غربی در شمال‌شرقی یافته‌اند. کنگومرا از جمله سنگ‌های گسترده‌شده در این زیرحوضه هستند. بخش وسیعی از حوضه توسط طبقات کنگومرایی ضخیم لایه‌ای پوشیده شده‌است. واحد کنگومرای رویی از نظر سنی جوان‌تر هستند. در حوضه مورد مطالعه، نهشته‌های نسبتاً ضخیم لایه‌ای از آهک‌های تراورتن به چشم می‌خورند که بر روی خاکسترهای ولکانیکی و طبقات



شکل ۲: نقشه لیتولوژی توده کوهستانی سهند و محدوده آتش‌بیگ

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۳

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، ابتدا نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، خاک، لیتولوژی، پوشش گیاهی، نمونه‌های خاک و همه داده‌های مورد نیاز، مانند دبی، رسوب، بارش و نحوه کاربری زمین تهیه و محاسبات مربوط به سنجش و ارزیابی پارامترها صورت گرفت و به منظور تهیه داده‌های مورد نیاز برای انجام محاسبات، اندازه‌گیری‌هایی از ابعاد مختلف آبکندهای سطحی در طی بازدیدهای میدانی انجام شد. با استفاده از مدل ویکور به عنوان قاعده تصمیم‌گیری چندمعیاری فرسایش دامنه‌ای توسط رواناب‌ها در حوضه مورد نظر پهنه‌بندی شد. برای استفاده از این مدل، مراحل زیر طی شد:

مرحله اول:

در این مرحله، ماتریس تصمیم‌گیری با توجه به تعداد معیارها به صورت رابطه زیر تشکیل خواهد شد. این ماتریس براساس n آلترناتیو و m شاخص خواهد بود که در آن x_{ij} عملکرد گزینه i ($i: 1, 2, 3, \dots, m$) در رابطه با معیار j ($j: 1, 2, 3, \dots, n$) است.

	x_{11}	x_{22}	x_{1n}
x_{ij}	x_{21}	x_{22}	x_{2n}

	x_{m2}	x_{m2}	x_{mn}

مرحله دوم:

بی‌مقیاس کردن یا استانداردسازی ماتریس در مرحله دوم تصمیم‌گیری قرار می‌گیرد. در این مرحله سعی می‌شود همه معیارها، به معیارهای بی‌بعد تبدیل شود.

مرحله سوم:

ورن‌دهی معیارها در سومین مرحله صورت می‌گیرد. به منظور وزن‌دهی به معیارها از روش‌های مختلف

(مانند ANP, CRITIC, ...) و بردار ویژه آنتروپی شانون استفاده می‌شود. در این مرحله انحراف معیار و ضریب همبستگی بین بردارها محاسبه می‌شود. با تعیین پارامترهای فوق، تضاد موجود بین معیارها با استفاده از رابطه زیر تعیین می‌شود.

$$C_{jk} = \sum_{k=1}^m (1 - r_{jk})$$

وزن هر عامل توسط رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$W_j = C_i / \sum_{k=1}^m c_k$$

مرحله چهارم:

در این مرحله بهترین و بدترین مقدار از میان مقادیر موجود برای هر معیار تعیین می‌شود. بهترین مقدار (f_j) و بدترین مقدار (f_i) برای معیارها محاسبه می‌شود.

مرحله پنجم:

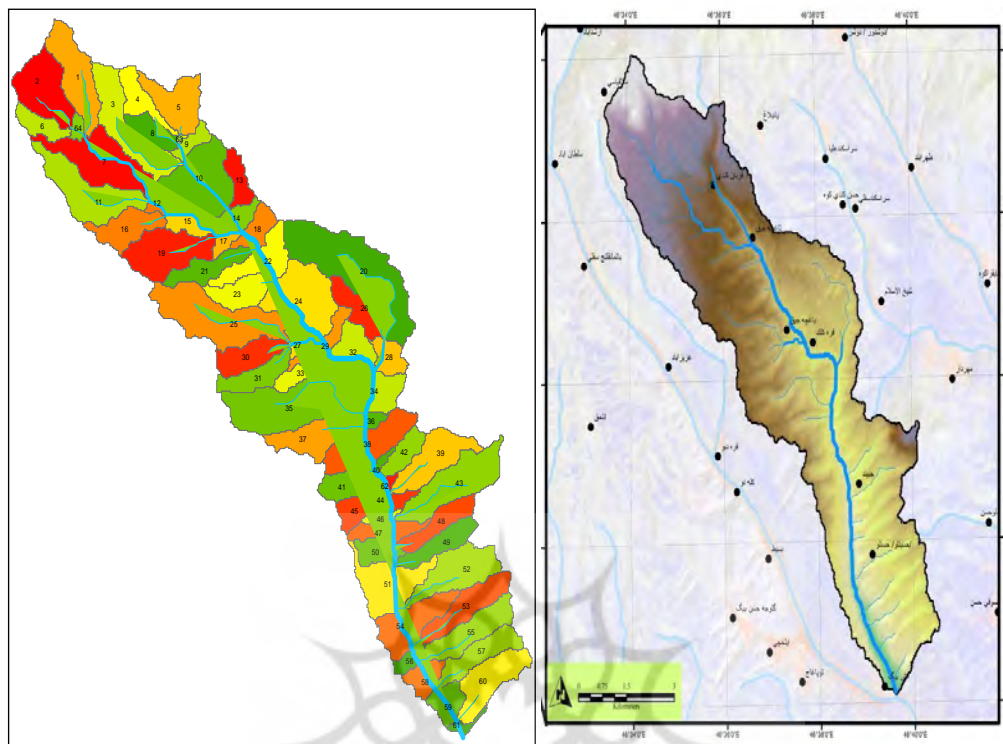
در این مرحله مقدار سودمندی یا حداکثر مطلوبیت (S) و مقدار تأسف (R) تعیین می‌شود.

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j (f_j - f_{ij}) / (f_j - f_i) \quad R_i = \max (w_i (f_i - f_{ij}) / (f_j - f_i))$$

مرحله ششم:

محاسبه شاخص ویکتور یا مقدار Q در این مرحله تعیین و در نهایت گزینه‌های Q, S, R به ترتیب از کوچک به بزرگ مرتب می‌شود و در نهایت گزینه برتر انتخاب می‌شود.

برای بررسی و تفکیک سهم عوامل مختلف در فرسایش سطوح شیب‌دار، ابتدا حوضه به زیرحوضه‌های متعدد تقسیم شد (شکل ۳) و محاسبات به تفکیک در این زیرحوضه‌ها صورت گرفت. در نهایت با استفاده از مدل فرسایش و بهره‌گیری از تکنیک GIS و نرم‌افزارهای مربوط، محاسبات صورت گرفته و نقشه‌های مختلف حاصل از محاسبات تهیه شد.



شکل ۳: نقشه پراکندگی مناطق روستایی (راست) و تقسیم‌بندی حوضه به زیرحوضه‌های متعدد (چپ)

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۳

مقاله از رابطه بسیار ساده ۱ برای تعیین زمان تمرکز در دامنه‌های محدوده مورد مطالعه استفاده شده است:

$$Tc = 5/3L \quad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه (۱):

Tc = زمان تمرکز بر حسب ساعت، L = طول آبراهه به متر

۲- نحوه برآورد سرعت جابه‌جایی رواناب‌ها در سطوح شیب‌دار

سرعت و زمان جابه‌جایی رواناب‌ها در محدوده مورد مطالعه به روش رابطه ۲، تعیین شده است.

$$V_1 = 3.16 (S)^{0.5} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه (۲):

V = سرعت جابه‌جایی، S = شیب سطحی به درصد

علت اصلی فرسایش آبکندی بر روی دامنه‌ها و تشکیل آبکندهای اولیه، تمرکز جریانات سطحی در یک مسیر واحد و افزایش توان فرسایشی آن‌ها با توجه به سرعت جریان است؛ بنابراین لازم است ابتدا هیدرولیک شیاری^۱ با استفاده از مدل‌های مربوط مورد محاسبه قرار گیرد. برای رسیدن به اهداف تحقیق سعی شده است ابتدا سرعت و زمان جابه‌جایی رواناب‌ها که علت اصلی کندوکاو دامنه‌ها هستند، با استفاده از روابط مربوط، مورد برآورد قرار گیرند:

۱- نحوه برآورد زمان تمرکز رواناب‌های منتهی به ایجاد آبکندها در سطوح شیب‌دار

طول و شیب دامنه‌ها تعیین‌کننده زمان تمرکز در بخش سطوح شیب‌دار دامنه‌ها و در نتیجه توان کندوکاوی رواناب‌ها در سطح دامنه‌ها است. در این

۳- نحوه برآورد زمان جابه‌جایی در زیرحوضه‌های محدوده مورد بررسی

زمان جابه‌جایی از طریق یک حوضه به صورت جریان صفحه‌ای یا جریان متمرکز کم عمق به کانال‌های آبی با استفاده از روابط متعددی قابل محاسبه است. زمان جابه‌جایی جریان‌های صفحه‌ای در محدوده مورد مطالعه در زیرحوضه‌های محدوده مورد مطالعه از طریق رابطه ۳ محاسبه شده است:

رابطه (۳)

$$Tr = [0.42(nl)^{0.8}/p2]^{0.5}(s)^{0.4}$$

در رابطه (۳):

Tr = زمان جابه‌جایی (ساعت)، $p2$ = متوسط دوسالانه بازنگی ۲۴ ساعت = ۳،۸۴ اینچ، s = شیب (به درصد)

۴- نحوه برآورد زمان تأخیر رواناب برای رسیدن به سر آبکندها

برای تعیین زمان تأخیر و زمان تمرکز روانابها در حوضه‌ها و در محدوده‌های مورد نظر به منظور رسیدن به نتیجه مورد قبول، از روش‌ها و روابط متعدد بهره‌گیری می‌شود. یکی از معتبرترین روش مورد استفاده روش سازمان حفاظت خاک آمریکا است که برای تعیین زمان تأخیر از آن استفاده شده است (رابطه ۴).

$$L = 1^{0.8}(s+1)^{0.7}/1900y^{0.5} \quad (4)$$

در رابطه (۴):

L = زمان تأخیر حوضه بر حسب ساعت، l = طول رودخانه اصلی بر حسب فوت، y = شیب آبراهه اصلی بر حسب درصد

۵- نحوه تعیین قدرت فرسایش روانابها و سنجش توان آب‌های جاری در فرسایش آبکندی

در این تحقیق، هم در سطح حوضه و هم در محدوده خندق‌های بزرگ قدرت روانابها با توجه به مساحت

حوضه جمع‌آوری آب و شیب سطوح قدرت روانابها با استفاده از رابطه ۵ تعیین شده است.

$$CTI = \ln(As/\tan\beta) \quad (5)$$

در رابطه (۵):

As = وسعت حوضه (m^2) ، β = گرادیان حوضه، اگر CTI بیشتر از ۵ باشد، به این معنی است که در شیب‌ها، آب‌ها از قدرت سایش برخوردارند.

۶- نحوه تعیین حجم آبراهه‌ها در سطح حوضه آبریز آتش‌بیگ

پراکندگی آبراهه‌ها در سطح حوضه در واقع از میزان فرسایش‌پذیری سطوح حکایت می‌کنند. به عبارت دیگر هرچه حجم آبراهه‌ها در حوضه زیاد باشد، به منزله سطوح بیشتر برای فرسایش بیشتر است. در این تحقیق برای تعیین حجم آبراهه‌ها و تراکم آبراهه‌ها در سطح حوضه آتش‌بیگ از روابط ۶ و ۷ استفاده شده است:

$$V = 20.408L^{-0.287} \quad (6)$$

$$D = \sum L/A \quad (7)$$

در روابط (۶ و ۷):

V = حجم آبراهه‌ها، L = طول آبراهه (به متر)، A = مساحت زیرحوضه، D = تراکم آبراهه‌ها

۷- نحوه تعیین ظرفیت حمل روانابها در سطوح

تحت فرسایش خندقی با 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 رابطه زیر، میزان ظرفیت حمل روانابها، هم در سطح حوضه و هم در محدوده خندق‌های بزرگ محاسبه شده است.

از سایش شیب‌ها توسط رواناب‌هایی است که در شیب‌ها جاری هستند.

بررسی ویژگی‌های زیرحوضه با روش هیپسومتری نیز حاکی از فعال بودن حوضه از نظر فرسایش است. نحوه قرارگیری منحنی‌های تئوریک و واقعی در شکل ۴ نشان می‌دهد که مساحتی بالغ بر ۲۷۰ کیلومتر که معادل ۵۳ درصد از مساحت حوضه است، در محدوده‌ای قرار گرفته که در آن فرایندهای فرسایشی فعالیت دارند. نقطه تعادل در این حوضه در ارتفاع ۲۱۰۰ متری قرار گرفته است. محدوده‌ای که عمل نهشته‌گذاری در آن صورت می‌گیرد، از این ارتفاع شروع شده و تا انتهای حوضه ادامه می‌یابد. این محدوده بسیار کم‌وسعت است. شکل کلی نمودار (شکل ۴-الف) نمایانگر قرارگیری حوضه در مرحله جوانی با گرایش به رسیدن به مرحله بلوغ است. بررسی شکل ۴-ب همچنین حاکی از این است که نیمرخ از نظم برخوردار نیست. این بدین معنی است که فرسایش در چنین حوضه‌ای همچنان صورت خواهد گرفت تا زمانی که تعادل نهایی حاصل شود.

رابطه (۸)

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

در رابطه (۸):

T = ظرفیت حمل رواناب‌ها، As = مساحت حوضه جمع‌آوری آب، $\sin\beta$ = شیب سطح و از هیپسومتری بی‌بعد برای تعیین قدرت کل سایش در سطح حوضه استفاده شده است.

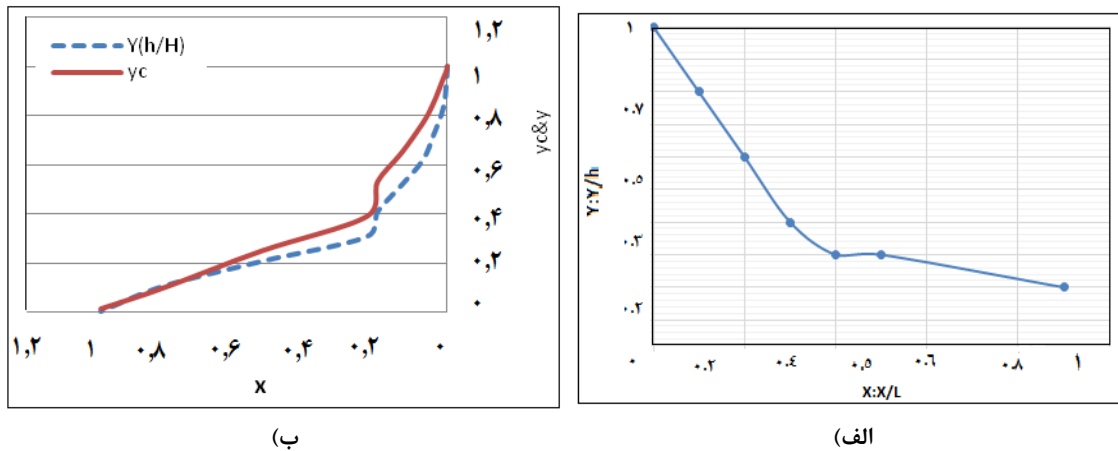
یافته‌های تحقیق

حوضه زهکشی آتش‌بیگ نیز با دامنه‌های آشفته و با دامنه‌های کندوکاری‌شده با آیکندهای متعدد، از رسوب‌زاترین زیرحوضه‌ها محسوب می‌شود. رواناب‌های جاری در سطح دامنه‌های برهنه حوضه یا در سطوحی که تراکم پوشش گیاهی در آن‌ها کم است، با توان بیشتری عمل فرسایش را انجام می‌دهند. نتایج بررسی‌ها بر روی سطوح فرسایش یافته زیرحوضه آتش‌بیگ، نشان می‌دهد که با وجود وسعت کم حوضه، تعداد آبراهه‌های رده یک در این زیرحوضه نسبتاً زیاد است (جدول ۱). این امر خود به‌طور غیرمستقیم حاکی

جدول ۱: ویژگی‌های آبراهه‌های حوضه آتش‌بیگ

۲۰۶۱۰			طول بزرگ‌ترین آبراهه (به متر)
۹۴۰			اختلاف ارتفاع (به متر)
۴/۵۶			شیب آبراهه (درصد)
۴/۰۱			زمان تمرکز (به ساعت)
۶۸	۱	رده	تعداد آبراهه در هر رده
۱۲	۲		
۳	۳		
۱	۴		
۴/۲۲			ضریب انشعاب
۱/۷۹			تراکم کل
خوب			کیفیت شیمیایی رواناب
کم			استعداد طغیانی

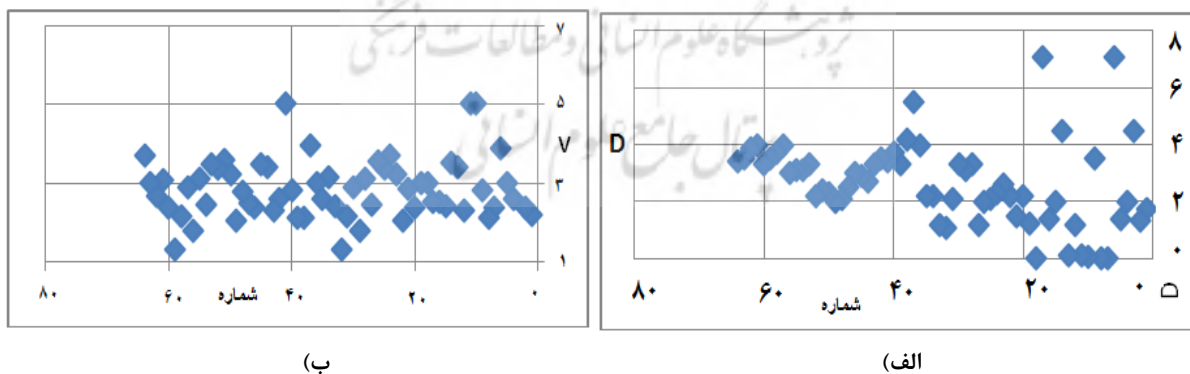
مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳



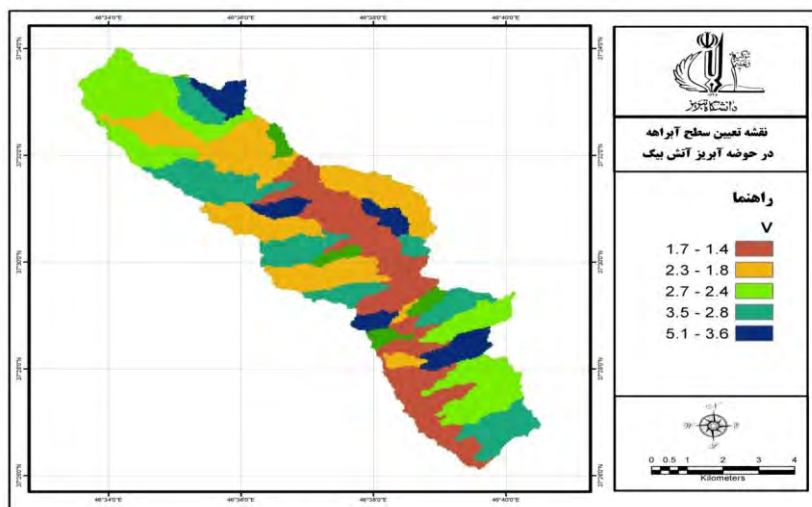
شکل ۴: الف- نمودار هیپسومترى بی‌بعد. ب- رابطه ارتفاع و طول آبراهه اصلی در حوضه آتش‌بیگ تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۳

رواناب‌ها در سطح حوضه زیاد است. یعنی در بیشتر بخش‌ها بیش از میزان ۳ است (شکل ۵). تراکم آبره‌ها نیز در بخش اعظم سطح این حوضه بیشتر از مقدار ۳ است. بیشترین تراکم در حوضه‌های بالادست به‌ویژه زیرحوضه ۷ و زیرحوضه ۱۸ دیده می‌شود (شکل ۵) نقشه ترسیمی نیز نشان می‌دهد (شکل ۵) که در بخش‌های میانی زیرحوضه تراکم و حجم آبراهه‌ها در حد پایینی قرار دارد.

تعیین حجم آبراهه‌ها در سطح حوضه آبریز آتش‌بیگ پراکندگی آبراهه‌ها در سطح حوضه در واقع از میزان فرسایش‌پذیری سطوح حکایت می‌کند. هرچه حجم آبراهه‌ها در حوضه بیشتر باشد، به منزله وجود سطوح بیشتر برای فرسایش بیشتر است. در این مقاله برای تعیین حجم و تراکم آبراهه‌ها در سطح حوضه آتش‌بیگ از روابط مربوط (رابطه ۶ و ۷) استفاده شده‌است. نتایج حاصل حاکی از این است که حجم



شکل ۵: الف- میزان تراکم زهکشی؛ ب- حجم آبراهه‌ها در زیرحوضه‌های آتش‌بیگ تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۳

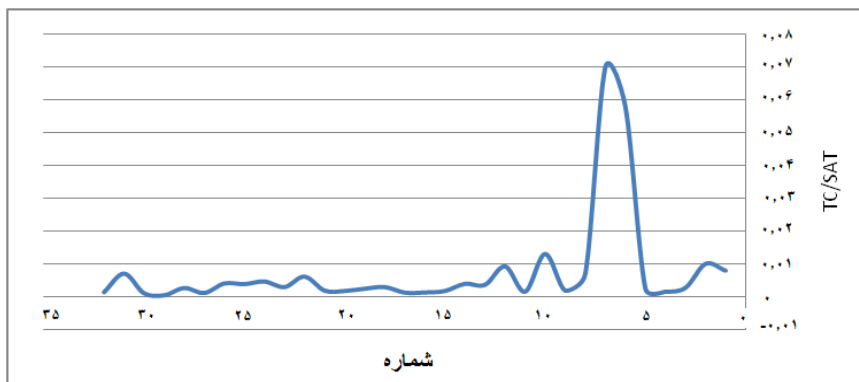


شکل ۶: نقشهٔ حجم آبراهه‌ها در سطح حوضهٔ آتش‌بیگ تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۳

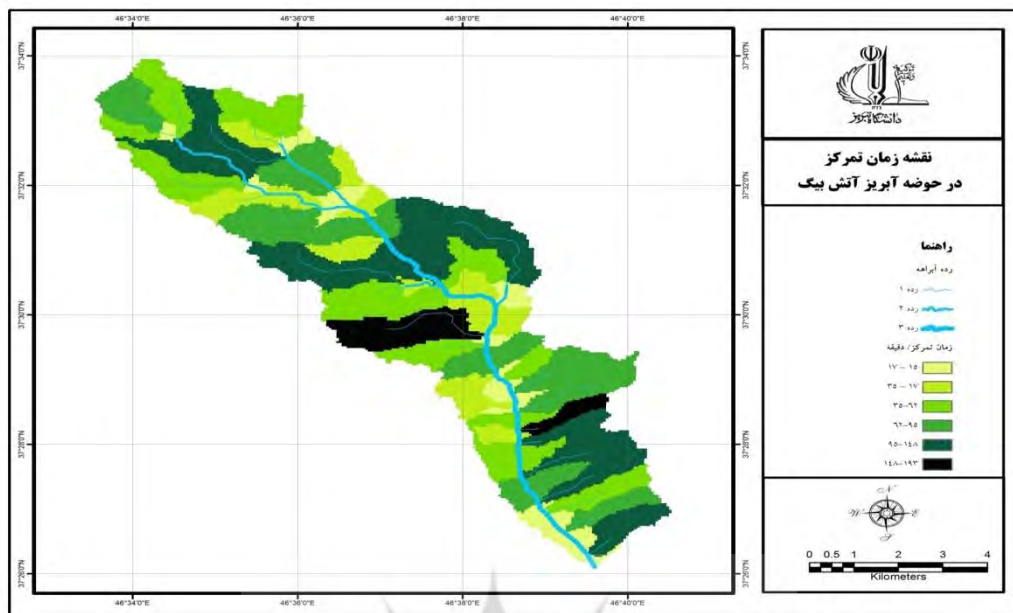
برآورد زمان تمرکز رواناب‌های منتهی به ایجاد آبکندها در سطوح شیب‌دار

بخش‌های دیگر حوضه، زمان تمرکز در حد دقیقه است؛ به عبارت دیگر رواناب‌ها به سرعت آب‌های خود را به پای دامنه‌ها تخلیه می‌کنند. این بدین معنی است که در بخش‌هایی که سرعت رواناب‌ها بیشتر است، آب‌های متمرکز از توان فرسایشی زیادی در سطح دامنه‌ها برخوردارند. چنانکه نقشهٔ زمان تمرکز نشان می‌دهد (شکل ۷) از نظر زمان تمرکز رواناب‌ها بخش‌های مختلف حوضه متفاوت است (شکل ۸). این تفاوت به‌طور مسلم در میزان فرسایش نیز منعکس می‌شود.

طول و شیب دامنه‌ها تعیین‌کنندهٔ زمان تمرکز در بخش سطوح شیب‌دار دامنه‌ها و در نتیجه تعیین‌کنندهٔ توان کندوکاو رواناب‌ها در سطح دامنه‌ها است. در این تحقیق از رابطهٔ بسیار ساده (رابطهٔ ۱) برای تعیین زمان تمرکز در دامنه‌های محدودهٔ مورد مطالعه استفاده شده است. همان‌طور که نتایج حاصل از محاسبات در شکل‌های (۷ و ۸) نشان می‌دهد، در بخش‌های بالادست حوضه آتش‌بیگ به‌ویژه در زیرحوضه‌های ۶ و ۷ زمان تمرکز طولانی است؛ اما در



شکل ۷: نمودار زمان تمرکز رواناب‌ها در زیرحوضه‌های آتش‌بیگ (۱۳۹۳) تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۳



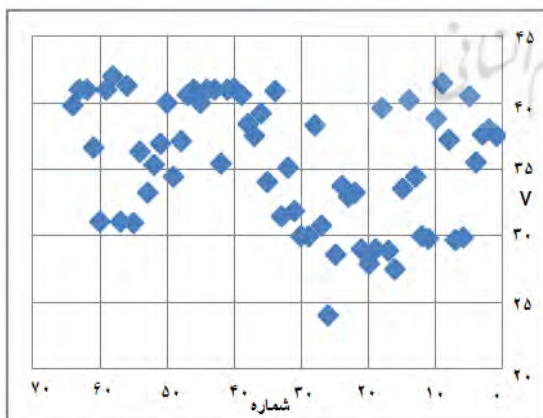
شکل ۸: نقشه میزان زمان تمرکز روانابها در سطح حوضه آتشیگ

تهیه و ترسیم: نگارنگان، ۱۳۹۳

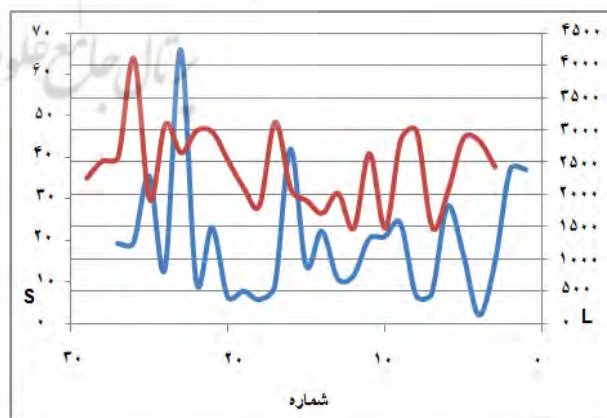
جابه‌جایی در زیرحوضه‌های واقع در بخش‌های میانی حوضه کمتر از سایر قسمت‌های حوضه آتشیگ است. در بخش‌های انتهایی میزان سرعت روانابها افزایش می‌یابد. با توجه به نقشه ترسیمی (شکل ۱۰) می‌توان مشاهده کرد که در بعضی از زیرحوضه‌ها مانند زیرحوضه ۹، این سرعت به اوج می‌رسد.

برآورد سرعت جابه‌جایی روانابها در سطوح شیب‌دار

سرعت و زمان جابه‌جایی روانابها که به روش معتبری دیگری تعیین شده‌است، می‌تواند نتایج دیگری را از وضعیت جریان روانابها ارائه دهد. نتایج حاصل از برآوردها (شکل ۹) نشان می‌دهد که سرعت



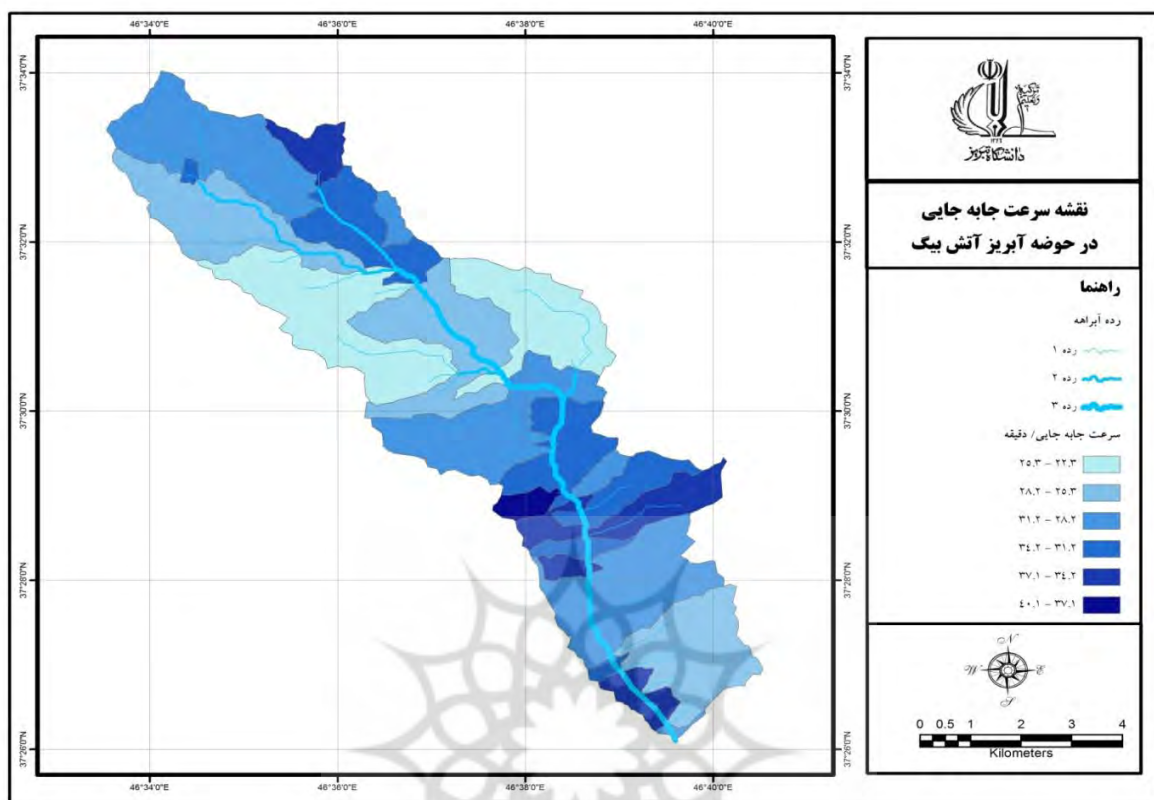
(ب)



(الف)

شکل ۹: الف- طول و شیب آبراهه‌ها؛ ب- سرعت جابه‌جایی روانابها در زیرحوضه‌های آتشیگ

تهیه و ترسیم: نگارنگان، ۱۳۹۳



شکل ۱۰: نقشه سرعت جابه‌جایی رواناب‌ها در زیرحوضه‌های آتش‌بیگ

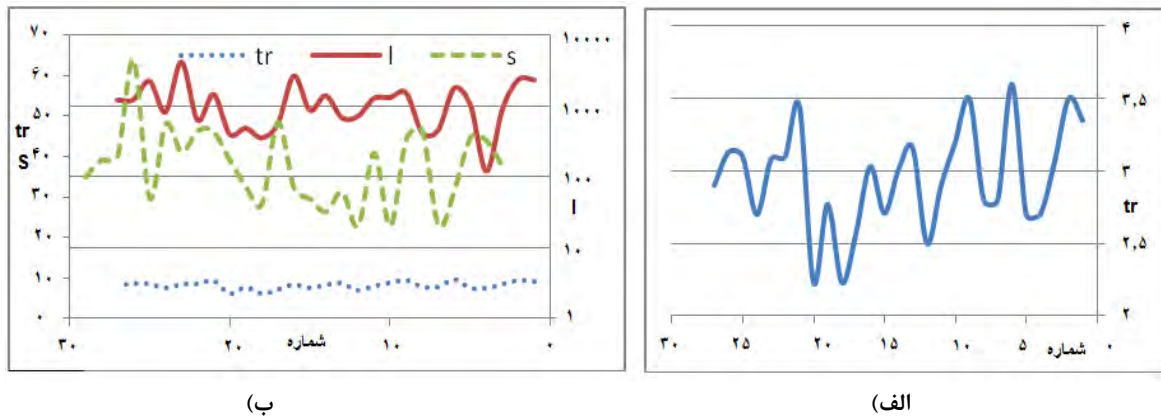
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۳

- برآورد زمان جابه‌جایی در زیرحوضه‌های محدوده

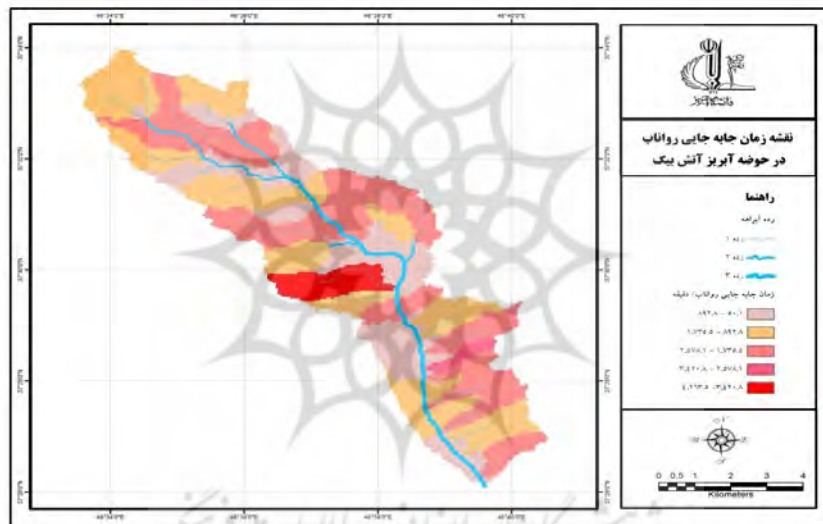
مورد بررسی

نقشه نشان می‌دهد (شکل ۱۱) که در طرف چپ رودخانه‌های اصلی، در سطح شیب‌ها زمان رسیدن رواناب‌ها به بخش پایین دامنه‌ها در زمان کوتاه‌تری صورت می‌گیرد. این بدین معنی است که این رواناب‌ها زمان کمتری برای نفوذ دارند و بخش اعظم رواناب‌ها به پایین دامنه انتقال می‌یابد. همچنین نمودارهای ترسیمی حاکی از این است که با افزایش شیب سرعت رواناب‌ها نیز افزایش می‌یابد (شکل ۱۱-ب).

زمانی جابه‌جایی جریان‌های سطحی تابع عوامل مختلف به‌ویژه شیب و بارش است. نتایج رابطه به‌کارگرفته‌شده (رابطه ۳) که زمان جابه‌جایی را در حوضه آتش‌بیگ برآورد می‌کند، نشان می‌دهد که زمان جابه‌جایی رواناب‌ها در بخش‌های مختلف حوضه مورد مطالعه بسیار متفاوت است (شکل ۱۱). در بخش میانی حوضه این زمان طولانی است. اطلاعات نمایش داده‌شده در



شکل ۱۱: الف- نمودار زمان جابه‌جایی رواناب‌ها؛ ب- رابطه‌ی زمان جابه‌جایی با شیب و طول آبراه‌ها در زیر حوضه‌های آتش‌بیگ تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۳

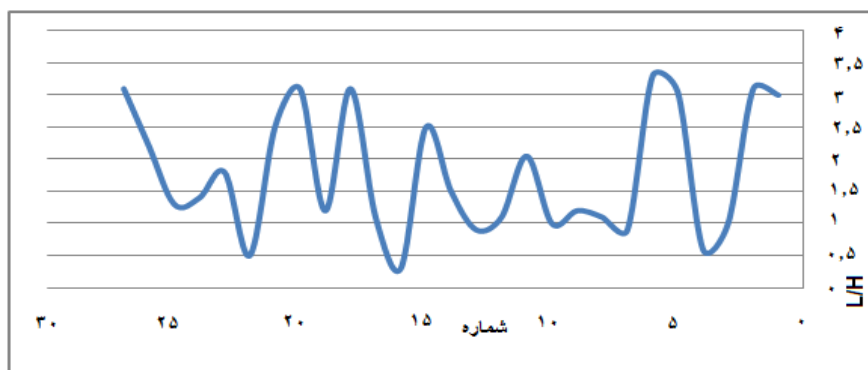


شکل ۱۲: نقشه‌ی زمان جابه‌جایی رواناب‌ها در سطح حوضه‌ی آتش‌بیگ (۱۳۹۳) تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۳

رسیدن به نتیجه‌ی مورد قبول، از روش‌ها و روابط متعدد بهره‌گیری شده‌است (رابطه ۴). یکی از معتبرترین روش‌های مورد استفاده، روش سازمان حفاظت خاک آمریکا است که برای تعیین زمان تأخیر از آن استفاده شده‌است. بررسی اطلاعات ارائه‌شده در شکل ۱۳ با استفاده از رابطه‌ی مربوطه، نشان می‌دهد که زمان تأخیر رسیدن رواناب‌ها به آبراه‌های پایین‌تر در بخش‌های مختلف حوضه‌ی آتش‌بیگ با توجه به تفاوت در عوامل و فاکتورهای دخیل، متفاوت است (شکل ۱۴).

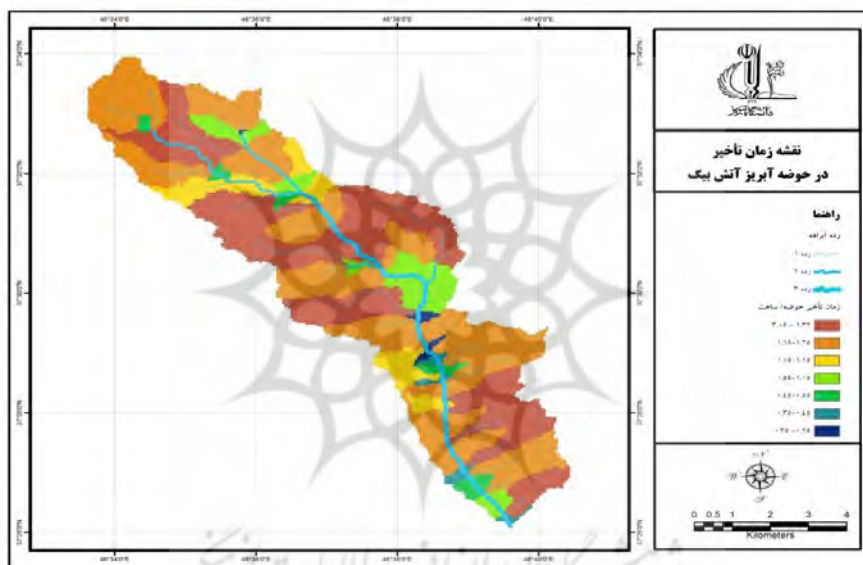
نقشه‌ی ترسیمی (شکل ۱۲) نشان می‌دهد سرعت جریان در بخش میانی بسیار زیاد است. یعنی در این قسمت باید انتظار فرسایش دامنه‌ای شدیدی داشت. یعنی شرایط از نظر شرایط دامنه‌ای (عوامل دخیل در ایجاد رواناب‌های سریع) مانند طول و شیب دامنه برای ایجاد رواناب‌های قوی و سریع مساعد است.

برآورد زمان تأخیر رواناب برای رسیدن به سرخندق‌ها برای تعیین زمان تأخیر و زمان تمرکز رواناب‌ها در حوضه‌ها و در محدوده‌های مورد نظر و به‌منظور



شکل ۱۳: نمودار زمان تأخیر روانابها در زیرحوضه‌های آتش‌بیگ

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۳



شکل ۱۴: نقشه زمان تأخیر روانابها در سطح زیرحوضه آتش‌بیگ

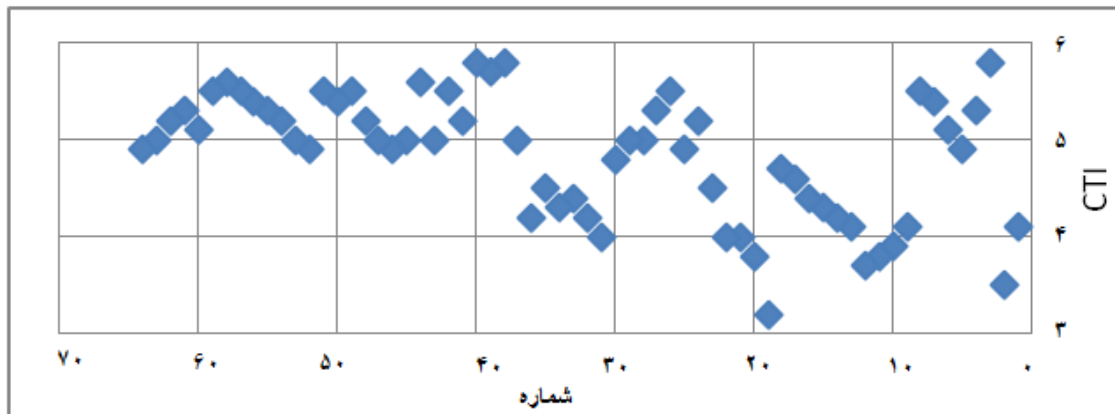
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۳

شده‌است. اگر CTI بیشتر از ۵ باشد، به این معنی است که در شیب‌ها آب‌ها از قدرت سایش برخوردارند. نتایج بررسی‌ها و محاسبات و برآوردها با رابطه فوق در قالب نمودار و نقشه (شکل ۱۶) ارائه شده‌است. این نتایج نشان می‌دهد که میزان CTI در بخش‌هایی از حوضه بالاتر از آستانه ۵ است. این بدین معنی است که در بخش‌هایی از حوضه روانابها از قدرت کافی برای سایش شیب‌ها برخوردارند. نقشه ترسیمی (شکل ۱۶) نشان می‌دهد که در بخش‌های میانی حوضه، روانابها بیشتر از قدرت سایشی برخوردار هستند.

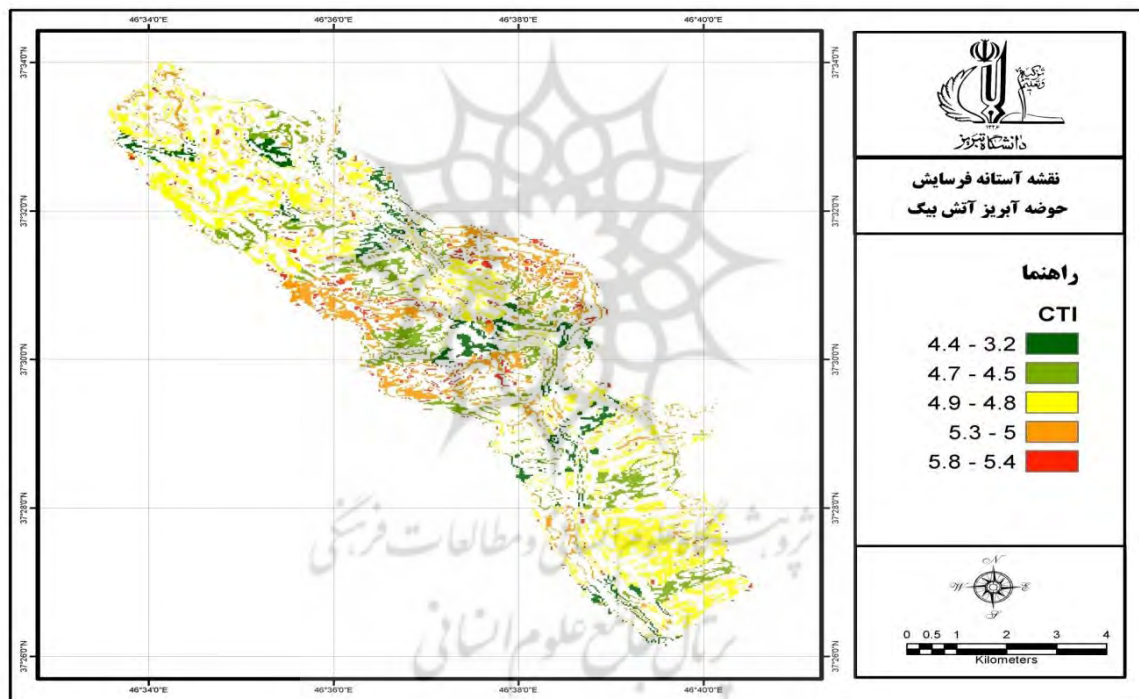
روانابها در رابطه با عوامل دخیل از قدرت فرسایشی متفاوتی برخوردارند. مقدار رسوب حاصل از سایشی چنین رواناب‌هایی نیز متفاوت خواهد بود. در این تحقیق سعی شده‌است با توسل به روابط مختلف، میزان فرسایش حاصل از جریان روانابها برآورد شود.

-تعیین قدرت فرسایش روانابها و سنجش توان آب‌های جاری برای فرسایش خطی

در این تحقیق در سطح حوضه، قدرت روانابها با توجه به مساحت حوضه جمع‌آوری آب و شیب سطوح قدرت روانابها با استفاده از رابطه CTI تعیین



شکل ۱۵: نمودار میزان CTI در زیرحوضه‌های آتش‌بیگ تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۳



شکل ۱۶: نقشه میزان CTI یا آستانه فرسایش در سطح آتش‌بیگ تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۳

نتیجه

خطی تشدید شده و با رودخانه‌های بسیار رسوبی و گل‌آلود از جمله زیرحوضه‌هایی است که در بحث حفاظت خاک و مراتع باید میزان و شدت فرسایش خطی که توسط رواناب‌ها صورت می‌گیرد با حساسیت زیاد مدنظر قرار گیرد. براین اساس و به منظور بررسی دقیق فرسایش سطوح شیب‌دار در زیرحوضه آتش‌بیگ، ویژگی‌های رواناب‌های سطحی مورد بررسی کمی قرار گرفت. نتایج محاسبات و بررسی‌ها نشان

رواناب‌ها در رابطه با ویژگی‌های اقلیمی، لیتولوژیکی، توپوگرافیکی، پوشش گیاهی و پدولوژیکی حوضه‌های زهکشی، تعیین‌کننده میزان فرسایش خاک از سطوح شیب‌دار هستند؛ به همین دلیل در بررسی میزان رسوب‌زایی رودخانه‌ها یا نحوه سایش در سطوح شیب‌دار، باید ابتدا ویژگی رواناب‌ها مورد بررسی قرار گیرد. زیرحوضه آتش‌بیگ با فرسایش

برآوردها نشان داد که میزان CTI در بخش‌هایی از حوضه بالاتر از آستانه ۵ است. این بدین معنی است که در بخش‌هایی از حوضه روانابها از قدرت کافی برای سایش شیبها برخوردار بوده و این قدرت در بخش‌های میانی حوضه، بیشتر از سایر قسمت‌های حوضه است. در واقع بخش‌های میانی حوضه استعداد بیشتری برای فرسایش خطی دارند و به همین دلیل دامنه‌ها نیاز بیشتری به اقدامات حفاظتی دارند. دامنه‌های این زیرحوضه از بهترین مراتع کشور محسوب می‌شوند و پای دامنه‌های به کشت اختصاص می‌یابند. با تغییر اقلیم و افت سطح آب‌های زیرزمینی و کاهش سطح پوشش گیاهی از دامنه‌ها فرسایش تشدید خواهد شد و در نتیجه دامنه‌ها بیشتر در معرض تهدید فرسایش قرار خواهند گرفت.

دادکه سطحی که در اختیار شبکه زهکشی است، بسیار قابل ملاحظه است. باتوجه به اینکه ویژگی‌های لیتولوژیکی، توپوگرافیکی و... در قسمت‌های مختلف زیرحوضه متفاوت است، زمان تأخیر، سرعت جابه‌جایی و در نتیجه میزان و قدرت فرسایشی روانابها نیز متفاوت است. معمولاً آنچه هدف نهایی از بررسی ویژگی‌های روانابها است، برآورد میزان فرسایش یا به اصطلاح بررسی ردپای است که با آشفتگی دامنه‌ها در سطوح شیب‌دار برجای می‌گذارند و برداشته‌های خود را در بستر رودخانه‌ها برجای می‌گذارند. در این تحقیق در سطح حوضه قدرت روانابها با توجه به مساحت حوضه جمع‌آوری آب و شیب سطوح قدرت روانابها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی‌ها و محاسبات و

منابع

- بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۵). ویژگی‌های خندق‌ها و عوامل کنترل‌کننده فرایندهای خندق‌زایی. جغرافیا و توسعه، شماره ۷ صفحات ۱۱۵-۱۳۶.
- <https://doi.org/10.22111/gdij.2006.3803>
- بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۵). بررسی و تحلیل فرسایش آبراه‌ای با استناد به شواهد ژئومورفولوژیکی، مدرس علوم انسانی. شماره ۴۵. صفحات ۱۰۱-۸۳.
- <https://doi.org/modares.ac.ir/article-21-11443-fa.html>
- حلبیان، امیرحسین؛ مجید جاوری؛ زینب اکبری؛ گلپهار اکبری (۱۳۹۶). ارزیابی کارایی مدل درختان تصمیم‌گیری در برآورد رسوبات معلق رودخانه‌ای، مطالعه موردی حوضه رودخانه میمه، جغرافیا و توسعه، شماره ۴۹. صفحات ۹۶-۸۱.
- <https://doi.org/10.22111/gdij.2017.3452>
- کلاله، غفاری (۱۳۹۷). پهنه‌بندی شدت فرسایش با استفاده از مدل SWOT در حوضه سد قشلاق، جغرافیا و توسعه، شماره ۵۰، صفحات ۷۴-۵۵.
- <https://doi.org/10.22111/gdij.2018.3553>
- کاوپل، عطاله؛ راضیه عسگریان؛ تاروش ناطقی؛ زینب جعفریان؛ عطا صفری (۱۳۹۳). ارزیابی مدل‌های PSIC، FSM، EPM. سرخ‌آباد استان مازندران. فضای جغرافیای. شماره ۴۸. صفحات ۵۷-۷۹.
- <http://doi.org/100.825-space.iau-ahar.ac.ir>

References

- Bouaziz, M., Mathias Leidig., Richard Gloaguen (2011). Optimal parameter selection for qualitative regional erosion risk monitoring: A remote sensing study of SE Ethiopia, *Geoscience Frontiers*, 2(2): 237e245.
<https://doi.org/10.1016/j.gsf.2011.03.004>
- Bracken, L.J. (né e Bull), M.J. Kirkby (2005). Differences in hillslope runoff and sediment transport rates within two semi-arid catchments in southeast Spain, *Geomorphology*, 68:183-200.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.11.013>
- Carlos Alberto Ceretta, Eduardo Giroto, Cledimar Rogério Lourenzi, Gustavo Trentin, Renan Costa Beber Vieira, Gustavo Brunetto (2010). Nutrient transfer by runoff under no tillage in a soil treated with successive applications of pig slurry, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 139: 689-699.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.10.016>
- Cerdan, Y., Bissonnais, A., Couturiera., H. Bourennanea., V. Souchère. (2002). Rill erosion on cultivated hillslopes during two extreme rainfall events in Normandy, France, *Soil and Tillage Research*, Volume 67, Issue 1, August 2002, Pages 99-108.
[https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(02\)00045-4](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(02)00045-4)
- Cline, M. G (1961). The changing model of soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 25:442-446.
<https://doi.org/10.2136/sssaj1961.60009x>
- 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: 239-248.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.01.004>
- Fei , Kai Longzhou Deng, Tianyu Sun, Liping Zhang, Yanhong Wu, Xiaojuan Fan, Yayue Dong. (2019). Runoff processes and lateral transport of soil total carbon induced by water erosion in the hilly region of southern China under rainstorm conditions, *Geomorphology*, 340: 143-152.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.05.006>
- Hatma Suryatmojo, Fujimoto Masamitsu, Takahisa, Mizuyama (2013). Effects of selective logging methods on runoff characteristics in paired small headwater catchment, *Procedia Environmental Sciences*, 17: 221 - 229.
<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2013.02.032>
- Hayas. ,Antonio. ,Adolfo Peña, Tom Vanwallegem (2019). Predicting gully width and widening rates from upstream contribution area and rainfall: A case study in SW Spain, *Geomorphology*, 341:130-139.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2019.05.017>
- Jenny, H. (1960). *Hilgard and the Birth of Modern Soil Science*, Generico. (book).
<https://www.amazon.com/Hilgard-Birth-Modern-Soil-Science/dp/B001UELMB6>
- Gardner, R.A.M. and A.J. Gerrard .(2003). Runoff and soil erosion on cultivated rainfed terraces in the Middle Hills of Nepal, *Applied Geography* 23(1): 23-45.
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2002.09.001>
- Govers, G., Rafael Giménez Kristof Van Oost (2007). Rill erosion: Exploring the relationship between experiments, modelling and field observations *Earth-Science Reviews*, 84: 87-102.
<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2007.06.001>
- 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: 174-183.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.02.030>
- Miler, M.F. (1946). Early Investigations Dealing with Water Runoff and Soil Erosion, *Agronomy Journal*, 7:657-660.
<https://doi.org/10.2134/agronj1946.00021962003800070010x>
- Nearing, M.A., M.H. Nichols, J.J. Stone, K.G. Renard, and J.R. Simanton. (2007). Sediment yields from unit-source, semiarid watersheds at Walnut Gulch. *Water Resources Research* 43: W06426.
<https://doi.org/10.1029/2006WR005692>

- Rijsdijk ,Anton , L.A. Sampurno Bruijnzeel , C. Kukul Sutoto.(2007).Runoff and sediment yield from rural roads, trails and settlements in the upper Konto catchment, East Java, Indonesia *Geomorphology*, 87 :28-37.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.06.040>.
- RiesI, J. B. Marzloff. (2003). Monitoring of gully erosion in the Central Ebro Basin by large-scale aerial photography taken from a remotely controlled blimp, *Catena*, Volume 50, Issues 2-4, 1 January 2003, Pages309-328.
[https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(02\)00133-9](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(02)00133-9)
- Ruhe,R.V.(1970).Soil geomorphology studies 1953-1970,Manuscript on file ,Iowa state university Agronomy library, Ames, 12p.
<http://doi.org/identities/lccn-no88002620>
- 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 :1732- 1740.
<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.09.272>
- Vieira ,D.C.S., M.C. Malvar, C. Fernández, D. Serpa, J.J. Keizer.(2016).Annual runoff and erosion in a recently burn Mediterranean forest – The effects of plowing and time-since-fire,*Geomorphology*, 270: 172-183.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.06.042>.
- Vandekerckhove.L., Poeson, D. Oostwoud J. Nachtergaele, C. (2000). Teresholds for gully initiation and sedimentation in Europe, *Earth Surf. Process. Landforms* 25, 1201-1220 (2000).
<https://bibliotecadigital.ipb.pt/>

