جغرافیا (فصلنامه علمی ـ پژوهشی و بین‌المللی انجمن جغرافیای ایران)
دوره جدید، سال چهاردهم، شماره ۵۰، پاییز۱۳۹۵

پهنه‌بندی مخاطره فرسایش خاک در حوضهٔ پیراشهری بانه

جمشید جداری عیوضی[۱]، خدیجه اسدیان[۲]، ممند سالاری[۳]، امید مرادی[۴*]

تاریخ وصول: ۱۳۹۵/۳/۲۸، تاریخ تایید: ۱۳۹۵/۵/۱۸

چکیده

خاک از مهم‌ترین منابع طبیعی کشورهاست که تحت تاثیر فرسایش زمینه‌ساز کاهش منابع ارضی و خسارات فراوان جانی و مالی می‌باشد. بنابراین امروزه و با روند موجود، فرسایش خاک به یک مشکل زیست‌محیطی اساسی تبدیل شده که به دنبال خود سیستم‌های زیستی و نظام‌های برنامه‌ریزی را در سطح جوامع و بویژه جوامع محلی کمتر توسعه یافته با چالش‌های اساسی روبرو می‌کند. بر این اساس و هدف، مطالعه فرسایش خاک و بار رسوب بویژه با توجه به تاثیرگذاری متغیرهای محیطی متعدد و با یک دید سیستمی و در سطح حوضه‌های آبخیز ضروری است. با این رویکرد در این پژوهش به ارزیابی و پهنه‌بندی مخاطره فرسایش خاک در سطح حوضه بانه اقدام شده است. نتایج بیانگر آن است که حوضه بانه با بار فرسایشی و نیز رسوب ویژه به ترتیب با ۱۲۴۱ و ۷۴۴ مترمکعب بر کیلومتر مربع در سال در کلاس فرسایشی متوسط قرار می‌گیرد. بررسی نقشه پهنه‌بندی شدت فرسایش نیز نشان‌دهنده پهنه‌های با فرسایش کم و متوسط تا ۶۸ درصد ست . با این وجود آثار پهنه‌های فرسایشی بالا نیز کاملا بارز است. نکته قابل توجه پتانسیل بالای حوضه بانه به تغییر کلاس‌های فرسایش و بار رسوب به ویژه در چند سال اخیر ناشی از توسعه توریسم بازار بانه و پیرو آن توسعه فیزیکی شهر و نیز تغییر کاربری‌ها با هدف ایجاد فضاهای تفریحی و نیز بعضا توسعه کشاورزی است. بنابراین وجود دیدگاه مبتنی بر پایداری حوضه در ایجاد طرح‌های توسعه‌ای در آن همراه با فرایند آموزش و ترویج ضروری است.

کلیدواژگان: فرسایش خاک، مدیریت، مدل EPM، حوضه بانه.

---

۱. دانشیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
۲. استاد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
۳. استادیار، گروه ژئومورفولوژی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان
۴. *کارشناس ارشد ژئومورفولوژی دانشگاه تهران، آموزش و پرورش بانه (نویسنده مسئول)

مقدمه

خاک از مهمترین منابع طبیعی هرکشوری می‌باشد. در زمان حال کاهش منابع ارضی ناشی از فرسایش خاک هر ساله خسارات فراوان جانی و مالی را در پی دارد. در واقع فرسایش خاک یک مشکل زیست محیطی سراسری است که تولید خاک و کیفیت آب را تنزل می‌دهد (ژو و همکاران[1]، ۲۰۰۸: ۳۲۰). به‌عبارتی فرسایش تسریع یافته‌ی خاک به دلیل اثرگذاری قابل توجه آن روی اقتصاد و محیط‌زیست به‌عنوان یک مشکل جهانی قلمداد می‌شود (لیم و همکاران[2]، ۲۰۰۵: ۶۲). نقش قابل توجه فرسایش خاک و تولید رسوب در کاهش حاصلخیزی و هدررفت خاک، پرشدن مخازن سدها، گرفتگی و انسداد مجاری آبیاری، آبراهه‌ها و رودخانه‌ها، افزایش بار رسوبی و گل‌آلود کردن آب رودخانه‌ها و کاهش کیفیت و آلودگی آبهای مناطق پایین دست کاملا ملموس است (داوری و همکاران،۲:۱۳۸۴). پس فرسایش خاک امروزه چالش اصلی و بزرگ منابع طبیعی است که در ایجاد آن مجموعه‌ای از پارامترهای طبیعی و انسانی تاثیرگذارند. بررسی‌ها و نیز نتایج تحقیقات مراکز سازمانی و نیز دانشگاهی بیانگر وجود این مشکل به صورت شاخص و قابل توجه در سطح کشور است تا جایی که فرسایش خاک از جمله نگرانی‌های عمده زیست‌محیطی در ایران است. در تایید این مساله قابل ذکر است که میزان فرسایش خاک در ایران بر اساس آمارها سه برابر آسیاست و نقش فرسایش آبی در این ارتباط چشمگیر است.

محدوده مطالعاتی این پژوهش حوضه بانه، منطبق بر محدوده‌ای با شرایط خاص، شامل قرارگیری در حوضه‌ای پیرامون شهری و نیز با جریان‌های آبی بالا و از آن مهم‌تر وجود سد مخزنی آب شرب بانه است که با توجه به وجود چالش فرسایش خاک و بار رسوب در کل کشور و به‌ویژه با توسعه نسبتاً بالای شهری بانه و نیز وجود توریسم بالای بازار به واسطه مرزی بودن و به‌تبع آن تغییرهای قابل توجه کاربری به‌ویژه در سطح نواحی متراکم پوششی آن، ضرورت بررسی مخاطره فرسایش و رسوب با یک نگاه برنامه‌ریزی و مدیریتی در سطح آن ضروری می‌نماید. بر این مبنا با توجه به آن که شناخت و تحلیل مسایل محیطی همچون

1 . Zhou & et al
2 . Lim & et al

فرسایش و رسوب بر مبنای مدل‌های کمی می‌تواند مناسب باشد و از طرفی ترکیب مدل‌های کمی با نگرش سیستماتیک و مبتنی بر مطالعات و تحلیل‌های میدانی بسیار جوابگوتر است، در این پژوهش به برآورد و پهنه‌بندی فرسایش و رسوب بر مبنای مدل EPM و مبتنی بر GIS و نیز نگرش میدانی در سطح واحدهای ژئومورفولوژیکی حوضه آبخیز بانه با دیدگاه و نیز هدف مدیریتی و برنامه‌ریزی ناحیه‌ای شده است.

مبانی نظری

در ارتباط با فرایند برنامه‌ریزی از سطح محلی تا ملی در عرصه‌های طبیعی، منابع آب و خاک دو مولفه شاخص در مسیر این فرایند و به‌تبع آن توسعه جوامع هستند که در صورت وجود فرسایش به صورت بار بالا و به دنبال آن تولید رسوب، با تهدید مستقیم این منابع، سیستم توسعه در بلندمدت از مسیر اصلی خود خارج شده و نقش اصلی خود را بروز نمی‌دهد.

فرسایش به‌عنوان یک فرایند از ریشه لاتین ارودی به معنی سائیدگی و نیز سائیده شدن سطح زمین می‌باشد که اول بار توسط پنک[1] در سال ۱۸۹۴استفاده شده و در ادامه با شروع قرن بیستم توسط محققانی همچون بنت[2]، شولتز[3]، بولیگ[4] و ... به‌کار رفت (رفاهی،۱۳۸۲: ۱۵). با این مفهوم، فرسایش خاک فرایندی است که ذرات خاک در یک بازه زمانی از بستر اصلی خود جدا شده و تحت‌تاثیر عوامل حمل همچون آب، یخچال، باد، انسان و ... به مکانی دیگر حمل می‌شوند (اسمعیلی و عبداللهی،۱۳۹۰: ۶۵؛ عابدینی و طولابی،۱۳۹۲: ۸۱). برونداد و نتیجه فرایند موجود تولید رسوب است که اگر از حد مجاز خود بالاتر رود، به‌عنوان یک عامل مخرب روی مسائل زیست‌محیطی باعث کاهش حاصلخیزی و بهره‌وری سیستم‌های محیطی همچون خاک و زراعت، کاهش عمر مفید سدها و کاهش حجم آبگیری آنها و به تبع آن ایجاد جریان‌های اجتماعی بحران‌زا مثل مهاجرت روستائیان و نیز حاشیه‌نشینی و ... می‌شود. پس با این نگاه ضرورت شناخت سیستمی و پهنه‌بندی مساله فرسایش خاک و بار رسوب در سطح حوضه‌های

1. Penk
2. Bennet
3 .Schultze
4 . Baulig

آبخیز ضروری است و بر همین اساس مطالعات متعددی خارجی و داخلی انجام شده ولی به دلیل اهمیت موضوع ضرورت پژوهش در این حوزه به ویژه در نواحی کمتر توسعه یافته و محروم‌تر ضروری‌تر است.

بررسی‌ها بیانگر مطالعات متعدد خارجی و داخلی با توجه به اهمیت موضوع است. میلوسکی[1](۲۰۱۱) در ارتباط با ارزیابی تشدیدی فرسایش و رسوب، به مطالعه سیستماتیک در بالادست حوضه برگالنیکا درشرق مقدونیه پرداخت. نتایج بیانگر شرایط مساعد فرسایش و نیز دخالت مستقیم و غیرمستقیم جوامع موجود و به تبع آن کاهش ۱۳ درصدی ظرفیت مفید سد مخزن یک الیمانسی متاثر از بار رسوبی بالا به محض احداث در بازه‌ای زمانی کوتاه بود. نتایج مطالعات توسیکا و همکاران[2](۲۰۱۲) در ارتباط با فرسایش خاک و تغییرات بار رسوب با استفاده از مدل EPM در منطقه سرپسکا بوسنی هرزگوین در یک بازه ۳۰ ساله بیانگر یک روند کاهشی بار فرسایش و رسوب، ناشی از مهاجرت و کم‌شدن بارگذاری‌های محیطی انسان بود. مطالعات اودین و همکاران[3](۲۰۱۶) در ارتباط با دینامیک فرسایش خاک در حوضه کوشی با استفاده از RS و GIS، منجر به تهیه نقشه مدیریت فرسایش خاک با تعیین پهنه‌های اولویت‌دار در هشت طبقه گردید. مطالعات افتیمیو و همکاران[4] (۲۰۱۶) در ارتباط با بررسی استعداد خاک به فرسایش با استفاده از مدل‌های EPM و RUSULE در حوضه رودخانه وینیتوکو در غرب مقدونیه و شمال یونان، نشانگر دقت نسبتا بالاتر مدل EPM در برآورد میانگین واقعی رسوب سالیانه بود.

مطالعات متعدد خارجی جدید دیگر در ارتباط با فرسایش خاک و با اهداف و تکنیک‌های متفاوت، همچون داسیلوا و همکاران[5] (۲۰۱۴) در حوضه تاپاکورای برزیل و با مدل EPM و با هدف پایش محیطی، وانگ و همکاران[6] (۲۰۱۶) بر مبنای مدل RUSULE و GIS در حوضه دریاچه ایرهای و نیز جیانگ و همکاران[7] (۲۰۰۷)، نی و لی[1] (۲۰۰۷)، سپالویچ و همکاران[2]

1. Milevski
2. Tosica& et al
3. Uddin& et al
4. Efthimiou& et al
5. da Silva & et al
6. Wang & et al
7. Jiang & et al

(۲۰۱۳)، کونستانتینی و همکاران[3](۲۰۱۳) و نیزرن و همکاران[4](۲۰۱۵) در سطح حوضه‌های مختلف و غالبا با نگاه برنامه‌ریزی صورت گرفته است.

در سطح داخلی نیز، پژوهش‌های متعددی در سطح حوضه‌های کشور انجام شده است. مرادی و همکاران(۱۳۹۰) به مقایسه مدل‌های EPM و MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب در حوزه پور احمدی هرمزگان پرداخته و نتیجه بیانگر انطباق نسبی دو مدل در برآورد فرسایش بود. سپهر و هنرمندنژاد (۱۳۹۱) به بررسی تهیه نقشه خطر فرسایش واقعی خاک در حوضه جهرم پرداختند. مدل مورد استفاده کرین اصلاح شده بود و بر مبنای آن مشخص گردید که با وجود آن که ۸۰ درصد پهنه‌ها دارای خطر متوسط و بالا برای فرسایش بالقوه خاک است ولی از میزان فرسایش واقعی خاک کمتری برخوردار بوده و تنها ۲۰ درصد در کلاس بالای فرسایشی قرار می‌گیرد.

از مطالعات شاخص داخلی دیگر می‌توان به پژوهش‌های بیات و همکاران (۱۳۸۰) در حوزه طالقان با مدلEPM، راستگو و همکاران (۱۳۸۳) به صورت مقایسه‌ای با چهار روش EPM،FAO، MPSIAC وBLM در حوضه تنگ کنشت کرمانشاه، قدوسی و همکاران (۱۳۸۵) در حوضه سد رئیسعلی دلواری در بوشهر، عابدینی و طولابی (۱۳۹۲) در ارتباط با کارایی مقایسه‌ای مدل‌های Weep و EPM در برآورد فرسایش خاک و میزان رسوبدهی حوضه سولاچای، عرفانیان و همکاران (۱۳۹۲) در ارتباط با تهیه نقشه خطر پتانسیل فرسایش خاک در حوضه قرناوه گلستان و اصغری سراسکانرود و همکاران (۱۳۹۳) در خطرپذیری فرسایش خاک در حوضه دوآب لرستان و نیز رنگزن و همکاران (۱۳۸۷) در حوضه پگاه سرخ گتوند و در جدیدترین پژوهش‌ها به مطالعات مرادی و همکاران (۱۳۹۴) در حوزه آبخیز زمکان اشاره کرد.

به‌عنوان برایند می‌توان گفت مطالعات متعدد داخلی و خارجی توسط روشهای مختلف و در محیط‌های متنوع بیانگر اهمیت مساله فرسایش بوده و ضمن آن ضرورت و جایگاه مطالعات در حوزه فرسایش خاک و بار رسوب به‌ویژه در حوضه‌های پیرامون شهری و دارای مخازن آبی و

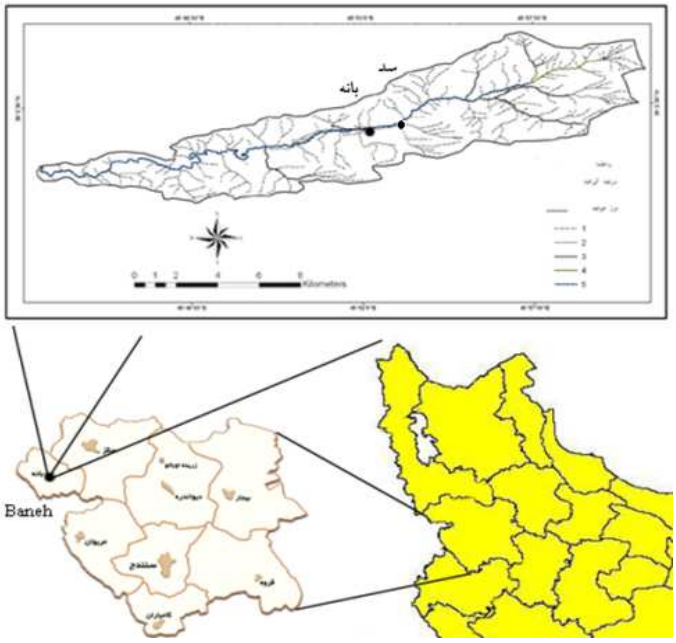
---

1. Ni & Li
2. Spalevic& et al
3.Costantini& Lorenzetti
4.Ren& et al

سدها را می‌رساند. بر این مبنا و با این هدف به تحلیل و پهنه‌بندی و توزیع فضایی این مخاطره مهم در حوضه آبخیز شهری بانه که سد بانه که زمینه آب شرب شهر بانه نیز است در آن واقع است، با دیدگاه مقایسه‌ای و تحلیل متغیرهای محیطی شاخص بر مبنای مدل EPM و در محیط GIS و نیز نگرش میدانی و نگاه برنامه‌ریزی محیطی و منطقه‌ای پرداخته شده است.

موقعیت و ویژگی‌های محیطی منطقه مطالعاتی

حوضه آبخیز بانه در شمال‌غرب کشور و استان کردستان قرار گرفته است. حوضه مذکور از لحاظ موقعیت ریاضی بین عرض جغرافیایی ۳۶ درجه تا ۳۶ درجه و ۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۶ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۲ دقیقه طول شرقی قرار دارد. مساحت حوضه با استفاده از GIS و نیز در محیط ILwis، ۹۶/۲۸ کیلومترمربع برآورد شده است. محیط آن نیز ۷۰ کیلومتر است. بیشینه ارتفاعی با ۲۷۰۰ متر در ارتفاعات شمال‌شرق بانه با نام گردنه خان و کمینه ارتفاعی نیز با ۱۱۰۰ متر در محل خروجی حوضه قرار دارند. حوضه مذکور از زیر حوضه‌های زاب کوچک و در قلمرو حوضه آبریز خلیج فارس قرار دارد. مجرای اصلی محدوده مطالعاتی، رودخانه بانه با طول ۳۰کیلومتر است که از ارتفاعات گردنه خان سرچشمه گرفته و به عنوان یک جریان شهری از داخل شهر بانه گذشته و پس از عبور از شهر بانه و اتصال به رودخانه شوی در پایین دست، در نهایت در قالب رودخانه چومان به‌عنوان زیرشاخه زاب کوچک از مرز ایران خارج و وارد عراق می‌شود. بر مبنای آمارهای اقلیمی موجود و ارزیابی میانگین آنها، میانگین بارش سالیانه حوضه برابر با ۷۴۰ میلی متر و متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۳ درجه سانتی‌گراد و البته با تفاوت فصلی و شبانه‌روز نسبتاً بالاست. با توجه به موضوع مطالعاتی قابل توجه است که تعداد روزهای یخبندان در محدوده مطالعاتی ۶۵ روز است.



شکل۱: موقعیت محدوده مطالعاتی

مواد و روش تحقیق

با توجه به موضوع و هدف پژوهش، الگو و روش کار بر پایه مطالعات کتابخانه‌ای و تئوریک، میدانی و ابزاری، تحلیل‌های آماری و نرم‌افزاری و نیز استفاده از مدلهای برآورد فرسایش و رسوب و به صورت موردی EPM با هدف توسعه نگرش سیستمی- کمی در ارزیابی مناسب این مخاطره و برنامه‌ریزی بوده است. در مرحله اول ضمن شناخت بیان مساله تحقیق، مطالعات تئوریک لازم در ارتباط با بسط موضوع و شناخت مبانی نظری آن انجام گرفته و سپس در ادامه فرایند تحقیق بر مبنای مطالعات ترکیبی میدانی و نرم‌افزاری، به شناخت دقیق محدوده مطالعاتی و متغیرهای محیطی تاثیرگذار در موضوع فرسایش و تهیه لایه‌های اطلاعاتی مختلف و لازم در محیط‌های نرم‌افزاری در محیطArcGis و ILwis اقدام شده است. سپس به تحلیل هدف اصلی مطالعاتی یعنی پهنه‌بندی و توزیع فضایی مخاطره فرسایش بر مبنای مدل EPM اقدام شده است.

داده‌های تحقیق

قابل ذکر است که با توجه به موضوع و اهداف مطالعاتی، داده‌ها و مواد مختلفی در فرایند تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند که می‌توان به نقشه‌های توپوگرافی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰, ۱:۲۵۰۰۰، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ محدوده، نقشه‌های کاربری اراضی و واحدهای اراضی، عکس‌های هوایی ۱:۵۵۰۰۰ محدوده مطالعاتی، داده‌های اقلیمی و هیدرولوژیک و نیز GPS و... اشاره کرد که در نهایت، بر اساس آنها لایه‌های اطلاعاتی متعدد ثانوی برای ارزیابی و برآورد نقش و میزان تاثیرگذاری متغیرهای محیطی و نیز نقشه پهنه‌بندی فرسایش و برآورد رسوب تهیه گردیدند و در قسمت بحث مورد واکاوی قرار می‌گیرند.

مدل EPM در برآورد فرسایش و رسوب بر مبنای محیط GIS

این مدل در ارتباط با فرسایش در کشور یوگسلاوی سابق به کار گرفته شد و معرفی واقعی این مدل به کنفرانس بین‌المللی رودخانه در سال ۱۹۸۸ و توسط گاوریلوویچ برمی‌گردد (رفاهی،۱۳۸۲:۳۰۸). مدل مذکور، یک مدل با نگاه سیستمی است که در برآورد و توزیع فضایی مخاطره فرسایش مجموعه‌ای از پارامترهای تاثیرگذار همچون وضعیت توپوگرافی، شرایط لیتولوژیک، خاک، نحوه استفاده از اراضی و عوامل اقلیمی را در نظر می‌گیرد. در قالب این مدل می‌توان به تعیین شدت فرسایش و پهنه‌بندی در مقیاس حوضه آبخیز و نیز برآورد رسوب پرداخت. این مدل در بررسی حوضه‌های دارای سدها و نیز مخازن ذخیره‌ای همچون حوضه بانه می‌تواند بسیار جوابگو باشد. در این مدل در مرحله اول، برای برآورد و تعیین ضریب شدت فرسایش غالباً چهار پارامتر موثر، شامل ضریب کاربری (استفاده) از حوضه(X_a)، ضریب حساسیت خاک و سنگ‌شناسی حوضه به فرسایش(Y)، ضریب فرسایش حوضه(φ) و شیب متوسط حوضه (I) در نظر گرفته شده و برای تعیین شدت فرسایش در قالب معادله زیر(Z) قرار داده می‌شوند(رفاهی، ۱۳۸۲: ۳۰۹).

$$Z= X_aY(\varphi + I^{0.5}) \qquad \text{رابطه(۱)}$$

دامنه ضرایب پارامترهای چهارگانه موثر به ترتیب شامل کاربری ۱-۰/۱، حساسیت خاک و سنگ‌شناسی ۲-۰/۲۵، ضریب فرسایش ۱-۰/۱ و شیب متوسط حوضه به صورت متغیر است.

نکته قابل توجه در ارتباط با ارزیابی ضرایب، وجود یک دید تلفیقی کمی و کیفی است که دید و شناخت میدانی و ژئومورفولوژیکی از محدوده مطالعاتی در راستای دقت مطالعاتی بسیار مفید و ضروری است.

طبقه‌بندی شدت فرسایش

در مرحله بعد و با تعیین ضریب شدت فرسایش محدوده مطالعاتی، امکان طبقه‌بندی وضعیت فرسایش در سطح کل حوضه یا زیر حوضه‌ها امکانپذیر می‌گردد. به این صورت که بر مبنای ضریب به دست آمده و نیز مدل EPM حوضه مطالعاتی در یکی از کلاس‌هاپنج گانه فرسایش قرار می‌گیرد.طبقات فرسایشی از سطح یک تا پنج و بر مبنای مقدار عددی حاصل از شاخص Z، به ترتیب در برگیرنده کلاس‌های فرسایشی خیلی شدید(>۱)، شدید(۰/۷۱-۱)، متوسط(۰/۴۱-۰/۷۰)، کم(۰/۲۰-۰/۴۰) و خیلی کم (<۰/۱۹) می‌شوند.

برآورد و تخمین فرسایش ویژه

در مدل EPM، برای ارزیابی و تخمین متوسط سالیانه فرسایش ویژه و به تبع آن رسوب از معادله روبرو استفاده می‌شود: (رفاهی،۱۳۸۲: ۳۱۰؛ احمدی، ۱۳۹۱: ۵۴۹).

$W_{sp} = T.H.\pi.Z^{1.5}$ رابطه (۲)

که در آن؛

W_{SP}: متوسط سالانه فرسایش ویژه($m^3/km^2/y$)،

T: ضریب درجه حرارت که از رابطه $T=(t/10+0.1)^{0.5}$ به‌دست می‌آید و در آن t: میانگین درجه حرارت سالیانه حوضه به سانتیگراد است.

H: ارتفاع متوسط بارش سالانه به میلی‌متر

Z: ضریب شدت فرسایش حوضه مطالعاتی می‌باشد.

عدد مطالعاتی حاصل از این معادله فرسایش ویژه بوده و با هدف دقت مطالعاتی رسوب ویژه را در مرحله‌ای دیگر محاسبه می‌کنند.

برآورد رسوب ویژه حوضه

برای تخمین این پارامتر که بخش مهمی از فرایند تحقیق است، باید مقدار فرسایش ویژه را در ضریب رسوبدهی ضرب نمود (احمدی، ۱۳۹۱: ۵۵۰). رابطه معادلاتی آن نیز به صورت زیر است:

$G_{SP=} W_{SP} \times R_U$ رابطه (۳)

در این رابطه؛

G_{SP}: دبی رسوب ویژه حوضه($m^3/km^2/y$)،

W_{SP}: میانگین سالیانه فرسایش ویژه($m^3/km^2/y$)و

R_U: ضریب رسوبدهی حوضه است. شاخص ضریب رسوبدهی حوضه نیز از رابطه زیر حاصل می‌گردد:

$R_U= 4(P\times D)^{0.5}/L+10$ رابطه(۴)

در این رابطه؛

P: محیط حوضه به کیلومتر،

L: طول حوضه به کیلومتر و

D: اختلاف ارتفاع متوسط حوضه به خروجی به کیلومتر است. در نهایت دبی رسوب کل نیز از رابطه نهایی زیر حاصل می‌شود:

$Gs=G_{sp} \times S$ رابطه(۵)

که در این رابطه: Gs: دبی رسوب کل(m^3/s) و S: مساحت حوضه مطالعاتی(Km^2) است.

نتایج و بحث

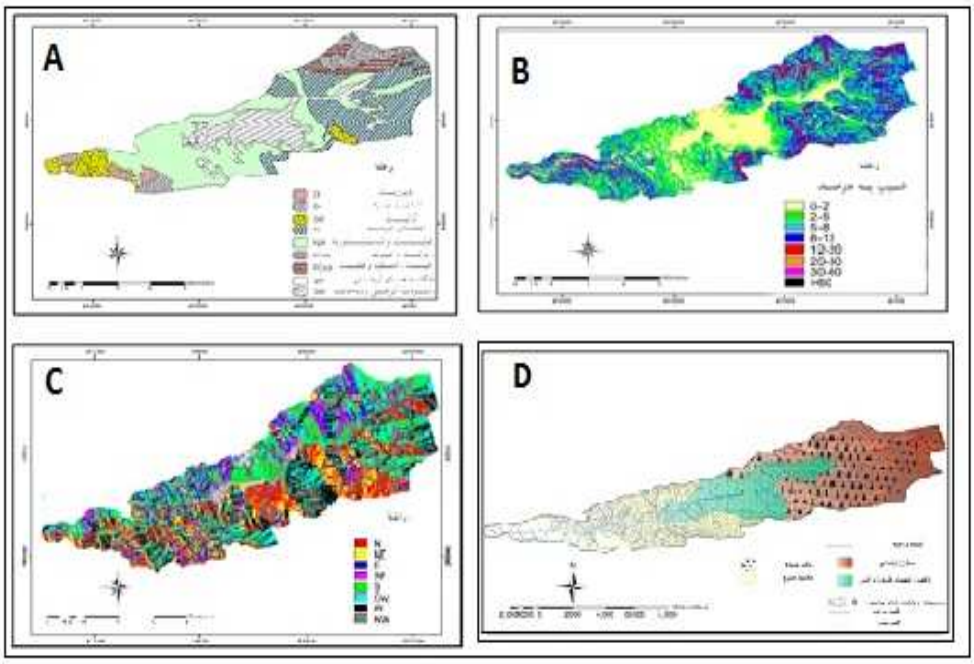
با توجه به موضوع و هدف پژوهش و بر مبنای روش تحقیق، در واکاوی بحث، ابتدا به ارزیابی متغیرهای تاثیرگذار و در مرحله بعد تلفیق آنها در قالب مدل و تحلیل نهایی و نتیجه‌گیری پرداخته می‌شود.

زمین شناسی، زمین ساخت،توپوگرافی محدوده مطالعاتی

بر اساس آخرین تقسیم‌بندی‌های ژئومورفولوژیکی از ناهمواریهای ایران، منطقه مورد مطالعه در واحد آذربایجان و کردستان شمالی از واحد شمال غربی ایران قرار دارد. این منطقه جزو رشته ماکو- بانه به‌عنوان یکی از عناصر مهم توپوگرافی محسوب می‌شود (علایی طالقانی،۱۳۸۱: ۸۳). از منظر زمین‌شناسان نیز بعضاً حوضه بانه را جزو کمربند دگرگونی سنندج – سیرجان می‌دانند (درویش‌زاده، ۱۳۸۲: ۱۱۹). چینه‌شناسی در این ناحیه به سه صورت سنگهای آذرین، دگرگونی و رسوبی مشاهده می‌گردد. در کل تنوع لیتولوژیکی، ساختمانی در محدوده مطالعاتی مشهود است و بر مبنای آن لیتولوژی منطقه ترکیبی از دوران‌های اول تا دوره کواترنری را با پراکندگی‌ها و نیز آستانه‌های فرسایشی متفاوت دربر می‌گیرد که در بحث فرسایش و تولید رسوب یک متغیر بسیار مهم است (شکل۲،A). از منظر مورفولوژیک و در ارتباط با بار فرسایش، نکته قابل توجه تنوع واحدهای مورفوژنیک در حوضه است. به این صورت که منطقه مطالعاتی ترکیبی از توده‌های کوهستانی با بلندای ۲۷۰۰ متر در جهات شمال، شرق و غرب حوضه همچون گردنه خان (جداکننده حوضه آبریز خلیج‌فارس و دریاچه ارومیه)، آربابا و بابوس و .. و به دنبال آن تغییر خط شیب‌های سریع و قرارگیری واحدها و سطوح دشت است که با توجه به سیستم فعال فلویال و رودخانه‌ای در آن، در ارتباط با توان فرسایشی حوضه بانه و به‌ویژه فرسایش آبی آن بسیار مهم است. نکته دیگر وجود سیستم و آثار فرسایشی یخچالی و مجاور یخچالی به‌عنوان میراث دوران چهارم و عامل تسریع در سطح حوضه است که شاهد آن سطوح ارتفاعی و نیز سیستم‌های یخرفتی منطقه آربابا است که محمودی (۱۳۶۷) به آنها اشاره کرده است. تحلیل نقشه‌های شیب و نیز جهت شیب به گویایی موید شرایط بالای شیب و نیز مساعدت جهت شیب و نقش این موارد در مخاطره فرسایش خاک و تولید رسوب است (شکل۲، A و B). به عبارتی ترکیب شرایط زمین‌شناسی، زمین‌ساخت، توپوگرافیک و مورفولوژیک همراه با شرایط اقلیمی، زمینه‌ساز یک سیستم فرسایشی بالا به‌ویژه سیستم مورفودینامیک آبی بالا شده است که در صورت مدیریت نامناسب و نیز تداخل انسانی زمینه‌ساز بار افزایشی پتانسیل فرسایش خاک و تولید رسوب است.

بررسی و ارزیابی کاربری حوضه بانه

در ارتباط با بررسی فرسایش خاک و تولید رسوب و بر مبنای مدل EPM، شناسایی وضعیت موجود اراضی با هدف برآورد و تهیه لایه کاربری برای تلفیق در سیستم پهنه‌بندی ضروری است. پهنه مطالعاتی از منظر پوشش گیاهی با قرارگیری در زون پوششی زاگرس با جهت شیب موجود و گونه غالب بلوط در ارتباط با فرسایش از منظر تثبیت خاک در وضعیت مطلوبی قرار دارد (شکل۲،D). با این وجود مساله در اینجاست که با قرارگیری حوضه در پیرامون شهر و نیز وجود روستاهای با جمعیت نسبتاً بالا و به دنبال آن توسعه‌های فیزیکی شهر و نیز روستاها و نیز توسعه اقتصادی منطقه ناشی از توریسم موجود و به‌تبع آن افزایش فضاهای تفریحی و نیز گردشگری و همچنین توسعه سطوح کشاورزی و باغی، به‌صورت سیستمی منجر به کاهش سطح عرصه‌های طبیعی و نیز تغییر سطح کاربری‌ها هم از لحاظ نوع و شدت شده است که برایند وضعیت موجود، افزایش پتانسیل فرسایش خاک و تولید رسوب در سطح حوضه بانه است.



شکل۲: متغیرهای محیطی تاثیرگذار، A: پهنه‌بندی لیتولوژیک، B: شیب، C: جهت شیب، D: کاربری

برآورد و پهنه‌بندی نهایی فرسایش و رسوب بر مبنای مدل EPM در محیط GIS

در این مرحله شاخص‌های اصلی و مدنظر مدل، شامل ضریب شدت فرسایش، فرسایش ویژه، رسوب ویژه و رسوب کل در حوزه فرسایش و رسوب برآورد و در مرحله نهایی نقشه پهنه‌بندی مخاطره فرسایش بر مبنای روش تحقیق مورد نظر تهیه شده است. جدول شماره یک متوسط ضرایب شدت پارامترهای موثر در فرسایش را در مدل EPM برای حوضه بانه بر اساس رابطه شماره ۱ نشان می‌دهد.

جدول۱: متوسط ضرایب پارامترهای موثر در فرسایش در مدل EPM در حوضه بانه

پارامترها	ضریب استفاده از زمین	ضریب حساسیت سنگ و خاک	ضریب متوسط فرسایش	شیب متوسط(درصد)	متوسط ضریب شدت فرسایش
ضرایب	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۱۷/۳	۰/۵۸

منبع: نگارندگان

در مرحله بعد بر مبنای رابطه شماره ۲، متوسط سالیانه فرسایش ویژه برای حوضه مطالعاتی در قالب W_{SP} برآورد گردید. شاخص، ۱۲۴۱مترمکعب در کیلومترمربع در سال برآورد گردیدکه بر مبنای مقادیر عددی تعریف شده در مدل EPM برای این شاخص، بیانگر یک سطح متوسط می‌باشد (جدول۲).

جدول۲. مقادیر عددی فرسایش ویژه همراه با نمایش کمی مقادیر حوضه بانه

طبقه‌بندی شدت فرسایش	خیلی شدید	شدید	متوسط	کم	خیلی کم	میانگین W_{SP} در حوضه بانه
W_{SP} $M^3/km2/year$	۲۸۱۴	۲۱۹۶	۱۱۲۶/۱	۴۵۱	۸۷/۲۷	۱۲۴۱

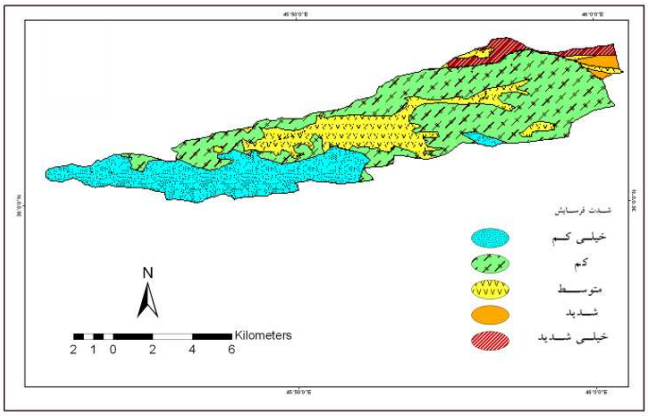
در مرحله بعد با توجه به آن که شاخص برآورد شده فرسایش ویژه سطح انتقال را کامل در نظر نمی‌گیرد و در نهایت، رسوب خروجی ناشی از فرسایش ویژه تابع متغیرهای مختلفی است. با هدف دقت مطالعاتی اقدام به برآورد رسوب ویژه حوضه بانه بر مبنای رابطه شماره ۳ و ۴ و نیز ضریب رسوبدهی حوضه گردید. برآوردها بیانگر آن است که شاخص Gsp برای حوضه بانه

بر مبنای ضریب رسوبدهی ۰/۶۰، ۷۴۴ مترمکعب بر کیلومترمربع در سال می‌باشد. در مرحله نهایی و برای دستیابی به مساله اصلی پژوهش اقدام به برآورد کل بار رسوب حوضه بانه گردیده است. بر این اساس، و در قالب رابطه شماره ۵، GS برابر با ۷۱۶۳۲/۳۲ مترمکعب در سال برآورد گردید. با هدف دقت بیشتر رسوب کل حوضه بانه بر مبنای واحد تن بر سال و عدد ۱/۳ که وزن مخصوص رسوبات است، معادل۹۳۱۲۲/۰۱ تن در سال برآورد گردید.

جدول۳: نتایج حاصل از برآورد فرسایش و رسوب در حوضه بانه با مدل EPM

پارامتر	مقادیر	پارامتر	مقادیر
ضریب شدت فرسایش	۰/۵۸	متوسط فرسایش ویژه	۱۲۴۱
ضریب رسوبدهی حوضه	۰/۶۰	متوسط رسوب ویژه	۷۴۴
رسوب کل(مترمکعب/سال)	۷۱۶۳۲/۳۲	رسوب کل(تن/سال)	۹۳۱۲۲/۰۱

پس از ارزیابی متغیرهای محیطی و نیز تهیه لایه‌های اطلاعاتی آنها و نیز تهیه ضرایب و مقادیر عددی و کمی پارامترهای موثر، در مرحله آخر و با نگاه برنامه‌ریزی و مدیریتی، اقدام به تهیه نقشه پهنه‌بندی مخاطره فرسایش در قالب مدل EPM در سطح واحدهای کاری حوضه بانه با دقت بالا و بر پایه مطالعات میدانی شد (شکل۳).



شکل۳: نقشه پهنه‌بندی کلاس‌های فرسایش در حوضه بانه

تحلیل کلی نقشه پهنه‌بندی فرسایش بر مبنای مدل EPM در حوضه بانه، بیانگر وجود پنج

کلاس فرسایشی خیلی کم تا خیلی شدید است. نتایج کلی بیانگر وجود و تنوع سطوح و پهنه‌های فرسایشی در سطح واحدهای کاری حوضه بانه است. پراکنش پهنه‌های فرسایشی به ترتیب شامل کم، خیلی کم، متوسط، خیلی شدید و شدید با گستردگی ۵۰/۶۴، ۲۴/۵۷، ۱۷/۴، ۳/۶۷ ، ۲/۷۷ از سطح حوضه است. با وجود گستردگی پهنه‌های کم تا متوسط در سطح حوضه، نکته قابل توجه به‌ویژه بر مبنای برآوردهای کمی فرسایش ویژه و نیز رسوب ویژه و کل همراه با مطالعات میدانی زمینه برای افزایش پتانسیل فرسایش و رسوب به‌ویژه در چند سال اخیر است که ضرورت بازنگری مدیریتی و تمرکز مدیریتی را می‌رساند.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، به شناسایی و ارزیابی مخاطره فرسایش خاک و بار رسوب در حوضه بانه با یک دیدگاه سیستمی و با استفاده از روش EPM و مبتنی بر محیط GIS پرداخته شده است. برای نیل به هدف و با نگاه برنامه‌ریزی، به شناسایی متغیرها و پارامترهای محیطی موثر، برآوردهای کمی از وضعیت فرسایش، رسوب ویژه و نیز رسوب کل حوضه اقدام و به دنبال آن نقشه پهنه‌بندی و پراکنش سطوح فرسایشی حوضه تهیه گردید. با یک دیدگاه سیستمی- تحلیلی و کمی- میدانی نتایج زیر برای پژوهش موجود مشخص شد.

حوضه بانه به لحاظ وضعیت فرسایش و رسوب در کلاس فرسایشی کم تا متوسط قرار می‌گیرد. بررسی و تحلیل نقشه پهنه‌بندی و نیز برآوردهای موجود از شاخص متوسط فرسایش ویژه نیز، موید این مساله است. به این صورت که پهنه‌های گسترده‌ای از حوضه معادل ۶۸ درصد و به‌ویژه در قسمتهای مرکزی و میانی حوضه در آستانه‌های فرسایشی کم تا متوسط قرار دارد. این پهنه و به‌ویژه پهنه‌های متوسط منطبق بر فضاهای با کاربری بالا و نیز فعل و انفعالات انسانی به ویژه به لحاظ مجاورت با شهر است. با وجود این آستانه‌های فرسایشی شدید و نیز خیلی شدید در سطح حوضه بانه با پهنه‌ها و سطح گسترش کمتر و غالباً منطبق بر نقاط مرتفع و با شیب بالا و شرایط کاهش روند پوشش گیاهی به دلیل شرایط موجود، وجود دارند. با یک دید ژئومورفولوژیکی مبتنی بر مدیریت قابل اشاره است که در سطح واحد دشت، نقش فرسایشی سازند زمین‌شناسی (رسوبات کواترنری) و کاربری و وضعیت فرسایشی موجود و در

سطح واحدهای کوهستان و دامنه‌ای نقش متغیرهای شیب، بارندگی و فرسایش رودخانه‌ای قابل توجه است. به‌عنوان نتیجه نهایی نیز می‌توان اشاره کرد که فاصله کم بین واحدهای توپوگرافی و تغییر سریع خط شیب به‌عنوان یک متغیر مهم در توسعه سیستم‌های جریانی و موثر بر فرسایش است. با هدف ارائه راهکار و برنامه‌ریزی می‌توان به این مساله مهم اشاره کرد که حوضه بانه با وجود آن که در کلاس فرسایشی متوسط قرار دارد ولی مناطق و پهنه‌های با فرسایش و حساسیت بالا نیز در سطح حوضه وجود دارند و از سویی، با توجه به توسعه چند سال اخیر و به ویژه ناشی از توریسم بازار و افزایش توان اقتصادی مردم محلی و نیز فشار جوامع پیرامونی به آن، توجه ویژه با نگاه پایداری به کل حوضه و به‌ویژه برنامه‌ها و استراتژی‌های مدیریتی و محافظتی ضروری است که در این بین مهمترین مولفه با توجه به توان بالای سیستم‌های جریانی و مورفودینامیک در آن، حفظ پوشش گیاهی موجود زاگرسی و نیز کاهش فشار بر آن و نیز ارائه برنامه‌های ترویج و آموزش با هدف حفظ سیتم موجود و هم عمر مفید سد مخزنی موجود است.

کتابشناسی

۱. احمدی، ح. (۱۳۹۱)، ژئومورفولوژی کاربردی. جلد اول. فرسایش آبی. چاپ هشتم. انتشارات دانشگاه تهران.٦٨٨ صفحه؛

۲. اسمعیلی، ا؛ عبداللهی، خ. (۱۳۸۹)، آبخیزداری و حفاظت خاک. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی. ۵۷۸ صفحه.؛

۳. اصغری سراسکانرود، ص.، بلواسی، م.، زینالی، ب.، بلواسی، ا.، داودی، ع. (۱۳۹۳)، بررسی خطرپذیری فرسایش خاک در حوضه دوآب لرستان با استفاده از تحلیل شبکه و فنآوری‌های سنجش از دور و **GIS**. فصلنامه پژوهش‌های فرسایش محیطی، ٤(۲): ۸۹-۷۲؛

٤. بیات، ر.؛ رفاهی، ح.؛ درویش صفت، علی اصغر و سرمدیان، ف. (۱۳۸۰)، بررسی کارایی مدل‌های ام پسیاک و ای پی ام در برآورد رسوب حوضه آبخیز طالقان به کمک**GIS**. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۲(۱): ۲۱۷-۲۰۳؛

۵. داوری، م.، بهرامی، ح.، قدوسی، ج.، طهماسبی پور، ن. (۱۳۸٤)، مقایسه مدل‌های **MPSIAC**، هیدروفیزیکی و **EPM** در تخمین فرسایش و بار رسوب با استفاده از **GIS**(مطالعه موردی: حوزه آبخیز نوژیان). نشریه علوم خاک و آب، ۱۹(۱): ۷٦-٦۱؛

٦. درویش زاده، ع. (۱۳۸۸)، زمین‌شناسی ایران. چاپ سوم. انتشارات امیرکبیر. ٤۳٤ صفحه؛

۷. راستگو، س.، قهرمان، ب.، داوری، ک. (۱۳۸۳)، مقایسه موردی چهار روش **FAO**، **EPM**، **MPSIAC** و**BLM** در برآورد فرسایش و رسوب حوضه آبخیز تنگ کنشت. دومین کنفرانس ملی دانشجویی منابع آب و خاک، ۱۰-۱.

۸. رفاهی، ح. (۱۳۸۲)، فرسایش آبی و کنترل آن. چاپ چهارم. انتشارات دانشگاه تهران. ٦۷۱صفحه؛

۹. رنگزن، ک.، زراسوندی، ع.، حیدری، ا. (۱۳۸۷)، مقایسه دو مدل **EPM** و **MPSIAC** در برآورد فرسایش و رسوب حوضه پگاه سرخ گتوند خوزستان با استفاده از تکنیک‌های **RS** و **GIS**. مجله پژوهش‌های جغرافیایی، ٦٤: ۱۳٦-۱۲۳؛

۱۰.سپهر، ع.، هنرمندنژاد، س. (۱۳۹۱)، تهیه نقشه خطر فرسایش واقعی خاک با استفاده از مدل کرین اصلاح شده (مطالعه موردی: حوضه آبخیز جهرم). مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سوم، ۳: ۷۲-۵۷؛

۱۱.عابدینی، م.، طولابی،س. (۱۳۹۲)، مقایسه کارایی مدل‌های **WEEP** و **EPM** در برآورد فرسایش خاک و میزان رسوب‌دهی حوضه سولاچای. مجله پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۲(۱): ۹٦-۷۹؛

۱۲.عرفانیان، م.، قهرمانی، پ.، سعادت، س. (۱۳۹۲)، تهیه نقشه خطر پتانسیل فرسایش خاک با استفاده از منطق فازی در حوزه آبخیز قرناوه گلستان. نشریه علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۷(۲۳): ۵۲-٤۳؛

۱۳.علایی طالقانی، م. (۱۳۸۱)، ژئومورفولوژی ایران. چاپ اول. انتشارات نشر قومس. تهران. ٤۰٤ صفحه؛

۱٤.قدوسی، ج.؛ توکلی، م.؛ خلخالی، ع. و سلطانی، م. (۱۳۸۵)، ارزیابی تاثیر قرق مرتع در کاهش و مهار فرسایش خاک و تولید رسوب، مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ۷۳: ۱٤۲-۱۳٦؛

۱۵.محمودی، ف. (۱۳٦۷)، تحول ناهمواری‌های ایران در کواترنر. مجله پژوهش‌های جغرافیایی، ۲۰(۲۳): ٤۸-۷؛

۱۶.مرادی، س.؛ لیمایی محمدی، س.؛ خان‌محمدی، مهرداد. و لوهمندر، پ. (۱۳۹٤)، برآورد فرسایش و تولید رسوب با مدل **EPM** در حوزه آبخیز زمکان با استفاده از **GIS**. مجله پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۵(۱): صص ۲۶-۱۳؛

۱۷.مرادی، م.؛ غنچه‌پور، د.؛ نوحه‌گر، ا.؛ محمودی‌نژاد (۱۳۹۰)، مقایسه مدل‌های **EPM** و **MPSIAC** در برآورد فرسایش و رسوب، فصلنامه پژوهش‌های فرسایش محیطی، ٤: ۱۵-۱؛

18. **Chang, Bu., Yu, L., Yang, C., Pu,L., Yang, J., Zhang, S., Wang,K. (2016), Integrated use of GCM, RS, and GIS for the assessment of hillslope and gully erosion in the mushi river sub-catchment, Northeast China. Sustainability (Switzerland), 8(4): 1-20;**
19. **Costantini, E., Lorenzetti, R. (2013), Soil degradation processes in the Italian agricultural and forest ecosystems. Italian Journal of Agronomy, 8(4): 233-243;**
20. **Efthimo,N., Lykoudi, E., Panagouila, D., Karavitis, C. (2016), Assessment of soil susceptibility to erosion using the epm and ruslemodels:The case of venetikos river catchment. Global Nest Journal, 18(1):164-179;**
21. **Jiang, H., Lin, G., Zhang, M., Huang. (2007), Simulating the soil erosion process in reservoir area based on the technology of VR GIS. Journal of Basic Science and Engineering, 15(4): 425-434;**
22. **Lim,K., Sagong,M., Engel,B., Tang, Zh., Choi,J., Kim, K. (2005), GIS-based sediment assessment. Catena,64(1): 61-80;**
23. **Milevski,I. (2011), Factors, forms, assessment and human impact on excess erosion and deposition in the upper Bregalnica watershed (Republic of Macedonia. Zeitschrift fur Geomorphologie, 55(1): 77-94;**
24. **Ni,J., Li, X. (2007), Rapid assessment of soil erosion based on minimum polygons. Journal of Basic Science and Engineering15(4): 425-434;**
25. **Ren, K., Mei, K., Zhu, M., He, R., Zhu, L., Lu,P., Zhang, H. (2015), Quantitative estimation of soil erosion in Shanxi Reservoir basin based on RUSLE. Chinese Journal of Ecology, 34(7): 1950-1958;**
26. **Silva, M., Santos, G., Silva, M. (2014), Predicting soil erosion and sediment yield in the Tapacurá catchment, Brazil. Journal of Urban and Environmental Engineering,8(1): 75-82;**
27. **Spalevic,V., Djurovic, N., Mijovic, S., Sutosca, M., Curovic,M. (2013), Soil erosion intensity and runoff on the Djuricka river basin (North of Montenegro). Malaysian Journal of Soil Science,17(1): 49-68;**
28. **Tosica,R., Dragicevic, S., Lovric,N. (2012), Assessment of soil erosion and sediment yield changes using erosion potential model - case study: Republic of srpska. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences,7(4):147-154;**
29. **Uddin,K., Murthy,R., Wahid,M., Martin, MA. (2016), Estimation of Soil Erosion Dynamics in the Koshi Basin Using GIS and Remote Sensing to Assess Priority Areas for Conservation. PLoS ONE, 11(3): 1-19;**
30. **Zhou,P,. Luukkanen,O., Tokola,T., Nieminen,J. (2008), Effect of vegetation cover on soil erosion in a mountain watershed. Catena,75:319-325.**