

مرتج و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۸/۲۳

ص ۷۵۱-۷۶۵

تعیین نقش کاربری اراضی در تولید رسوب معلق و کف بر پایه منشأیابی رسوب در حوضه طالقانی، خرم آباد

- ❖ کاظم نصرتی*؛ دانشیار دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی
- ❖ فروزان احمدی؛ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی - مدیریت محیطی، دانشگاه شهید بهشتی
- ❖ علی اکبر نظری سامانی؛ دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
- ❖ محمدرضا ثروتی؛ استاد دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی

چکیده

پدیده فرسایش خاک از مخرب‌ترین پدیده‌هایی است که موجب خسارت‌های فراوان در بسیاری از مناطق می‌شود. از طرفی، کارایی هرچه بیشتر پروژه‌های حفاظت خاک مستلزم آگاه بودن از اطلاعات تغییرات زمانی و مکانی رسوبات تولیدی در یک آبخیز است. با توجه به اینکه بخش اعظم رسوب‌های خروجی از یک حوضه طی وقایع زمانی سیلابی انجام می‌شود، تمرکز بر منشأیابی رسوبات حمل شده به هنگام سیلاب، اعم از بار معلق یا کف، در طراحی نوع عملیات حفاظت خاک بسیار مؤثر است. در این بررسی با تفکیک منابع رسوب در قالب کاربری‌های مختلف اراضی و واحدهای سنگ‌شناسی و با بهره‌گیری از روش منشأیابی رسوب سهم هر یک از منابع رسوب در تولید رسوب حوضه آبخیز طالقانی تعیین شد. بدین منظور، در این مطالعه، ۳۹ نمونه خاک از منابع مختلف در سطح حوضه و ۱۹ نمونه از رسوب تولیدی حوضه (شامل ۱۱ نمونه از رسوبات کف بستر و ۸ نمونه از رواناب خروجی حوضه) برداشت شد. یازده عنصر (Fe ، Mn ، Mg ، Zn ، Cu ، K ، Na ، P ، N ، C و Ca) ردیاب‌های اولیه در نظر گرفته شد. پس از اندازه‌گیری غلظت ردیاب‌ها، با استفاده از آنالیز آماری و تجزیه تابع تشخیص، ردیاب‌های C ، Zn ، Mg و Ca به عنوان ترکیب بهینه برای منشأیابی و تفکیک کاربری‌های اراضی انتخاب شدند؛ در حالی که هیچ ردیابی برای تفکیک واحدهای سنگ‌شناسی از یکدیگر شناسایی نشد. ناتوانی در تفکیک واحدهای سنگ‌شناسی از یک سو به دلیل فقدان تنوع (سه سازند) و از سوی دیگر آهکی بودن سازند تله‌زنگ و تأثیر بیشتر آن در تولید بار محلول است. نتایج مطالعه نشان داد با استفاده از مدل‌های چندمتغیره ترکیبی، سهم منابع مختلف در تولید رسوب به دست آمد: کشاورزی، مرتع و جنگل به ترتیب برابر با ۵۳/۴، ۳۰/۴ و ۱۶/۲ درصد. همچنین، ردیاب‌های وارد شده در مدل ترکیبی مبنی تأثیر مدیریت کاربری و تفاوت بارز کاربری‌های مختلف در تغییر ترکیب شیمیایی خاک است.

واژگان کلیدی: حوضه طالقانی، ردیاب‌های شیمیایی، فرسایش خاک، منابع رسوب، منشأیابی رسوب.

۱. مقدمه

فرسایش خاک یکی از چالش‌های محیط زیست است. کمتر منطقه‌ای را در سطح زمین می‌توان یافت که در معرض فرسایش خاک قرار نگرفته باشد. بیش از ۸۰ درصد از اراضی کشاورزی جهان تحت تأثیر فرسایش قرار دارد [۳]؛ بدین سبب سالانه چندین میلیون هکتار از اراضی کشاورزی جهان تخریب می‌شود؛ به طوری که حدود ۱۹۶۰ میلیون هکتار (حدود ۱۵ درصد کل) از اراضی در سطح دنیا مستعد فرسایش است و ۵۰ درصد از آن‌ها به شدت فرسایش یافته است [۴].

قرارگیری کشور ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک و تأثیر عوامل انسانی طی چند دهه اخیر موجب تشدید این فرایند طبیعی شده است. مطالعات نشان‌دهنده افزایش ۸۰۰ درصدی میزان فرسایش خاک بین سال‌های ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۲ است [۱۹]. علاوه بر این، رودخانه‌های ایران در مقایسه با رودخانه‌های جهان رسوب بیشتری حمل می‌کنند [۱]؛ این مسئله گویای فرسایش بسیار زیاد در ایران است.

به منظور شناخت مناطق پُرخطر فرسایشی و به کار بردن روش‌های مناسب مبارزه با فرسایش خاک، نیاز است که سهم رسوبات تولیدی مناطق مختلف در سطح حوضه‌های آبخیز و نوع منابع تولید رسوب مشخص شود. با توجه به اینکه تعیین نوع رسوبات و تشخیص منشأ مکانی آن‌ها با استفاده از روش‌های سنتی غیرمستقیم مشکل است [۲۱]، نیاز است که از روش‌های دیگر برای ردیابی رسوبات استفاده شود. روش‌های اندازه‌گیری گوناگونی برای تشخیص منابع رسوب و تعیین سهم نسبی آن وجود دارد [۲۴] و

منشأیابی رسوب مناسب‌ترین روش برای تعیین سهم نسبی تولید رسوب است [۵]. روش منشأیابی رسوب عبارت است از تعیین سهم هر یک از منابع رسوب در تولید رسوب، بر اساس مقایسه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مواد فرسایش‌یافته و رسوب تولیدی، به دلیل تفاوت خصوصیات و ویژگی‌های رسوبات به دست آمده از منابع مختلف [۲۱]. طیف وسیعی از این ویژگی‌ها از جمله کانی‌شناسی [۱۳]، خاصیت مغناطیسی [۱۵]، رادیونوکلئید [۳۳]، عناصر ژئوشیمیایی [۶، ۷]، ایزوتوپ‌های رادیواکتیو [۲۵]، [۳۵]، مواد آلی [۳۰]، اندازه ذرات [۲، ۳۲]، رنگ رسوبات [۱۶]، فعالیت آنزیم‌ها [۲۰] و ایزوتوپ پایدار [۱۰] برای منشأیابی منابع رسوب استفاده می‌شود. انتخاب این ردیاب‌ها برای مقایسه بسته به نوع طبقه‌بندی منابع رسوب است. در تکنیک‌های منشأیابی، حوضه آبخیز را به واحدهایی به عنوان منابع رسوب تقسیم می‌کنند. انتخاب منابع رسوب در حوضه به ویژگی‌های آن و هدف منشأیابی مربوط می‌شود. از مهم‌ترین طبقه‌بندی‌های انجام گرفته در این زمینه می‌توان به طبقه‌بندی بر اساس کاربری اراضی [۱۱، ۲۷]، زمین‌شناسی [۲]، زیرحوضه‌ها [۳۰، ۳۱]، فرسایش سطحی و زیرسطحی [۴، ۱۲] و کاربری و فرسایشی [۱۸، ۱۹] یا ترکیبی از این موارد اشاره کرد. با توجه به اینکه این ترکیب ویژگی‌های رسوبات تولیدی را با منابع رسوب مقایسه می‌کند، می‌تواند تکنیکی مطمئن در برآورد سهم منابع رسوب در تولید رسوب باشد. در ایران نیز پژوهش‌های مرتبط با منشأیابی طی یک دهه گذشته با رشد فزاینده‌ای همراه بوده است. آنچه مسلم است این است که بیشتر پژوهش‌های انجام شده مبتنی بر رسوبات پشت

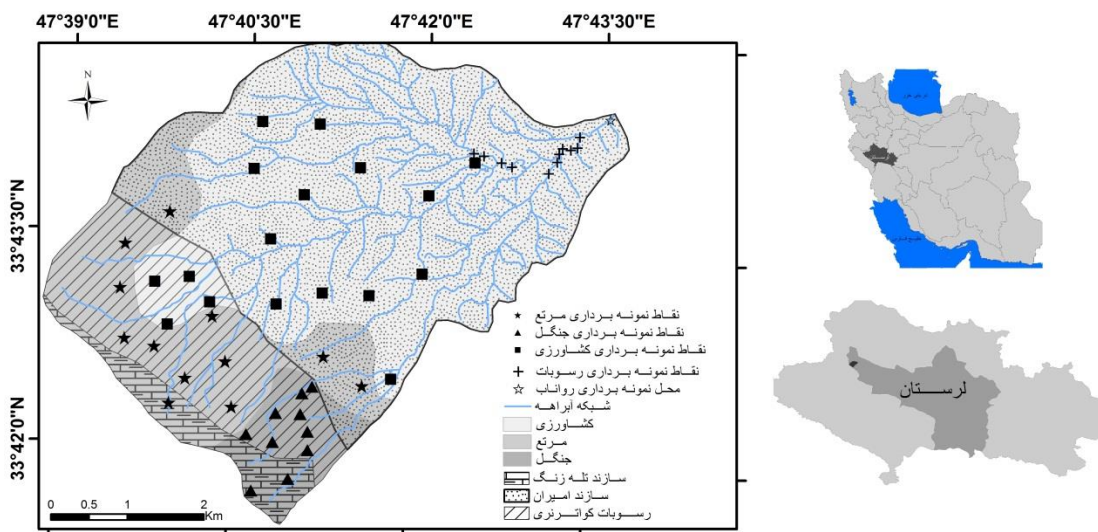
۱). کوه هنجیس، با ارتفاع حدود ۲۳۰۰ متر، خط رأس حوضه طالقانی است. حوضه طالقانی از جمله حوضه‌های کوهستانی استان است. ارتفاع متوسط حوضه ۱۷۵۶ متر است. با توجه به بازدید میدانی نگارندگان مطالعه حاضر، در منطقه مورد مطالعه فرسایش بسیار بارز است؛ به طوری که پس از هر رخداد بارش حجم بسیار زیادی از خاک فرسایش می‌یابد و در خروجی حوضه و در تقاطع آبراهه‌ها، که در محل خروجی زیرحوضه‌ها واقع شده‌اند، ته‌نشین می‌شود؛ این موضوع نشان از فعال‌بودن فرسایش و تولید رسوب دارد. منطقه شامل چندین روستا است؛ ساکنان روستا از طریق کشاورزی و دامداری امرار معاش می‌کنند. حفاظت خاک در این منطقه برای حفظ و بقای روستاها مسئله‌ای حیاتی است. همچنین، با توجه به اینکه این حوضه از سرشاخه‌های سد کرخه است، تأثیر بسیاری بر افزایش رسوب در پشت سد و کاهش حجم مفید آن دارد.

بندهای اصلاحی یا نمونه‌های بستر آبراهه بوده است [۱۴، ۱۸، ۳۴] و کمتر تحقیق مبتنی بر نمونه‌برداری به هنگام از رسوبات سیلاب انجام شده است. در این پژوهش سعی شده است تا با نمونه‌برداری از سیلاب و نمونه‌های بستر آبراهه در مقیاس حوضه آبخیز و در قالب واحدهای سنگ‌شناسی و کاربری اراضی نوع منشأ رسوب تعیین شود. در واقع، هدف نهایی تعیین سهم رسوب کاربری‌های مختلف اراضی و نقش نوع رسوبات (بار معلق و کف) در تعیین سهم رسوب است.

۲. روش‌شناسی تحقیق

موقعیت منطقه

حوضه طالقانی در $33^{\circ}42' - 33^{\circ}44'$ شمالی و $47^{\circ}44' - 47^{\circ}49'$ شرقی با مساحت بیش از ۲۶ کیلومتر مربع یکی از زیرحوضه‌های رودخانه کشکان از حوضه آبخیز رودخانه کرخه است و در حوزه استحفاظی خرم‌آباد و در ۲۲ کیلومتری شمال کوه‌دشت در استان لرستان واقع شده است (شکل

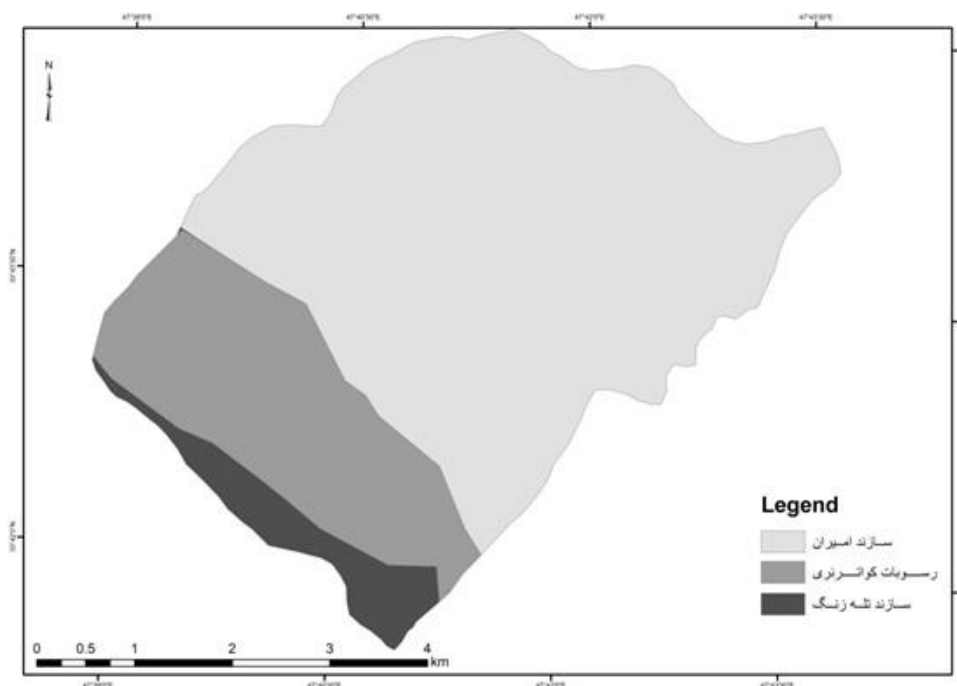


شکل ۱. موقعیت منطقه طالقانی و نقاط نمونه‌برداری در حوضه

انتخاب منابع رسوب

یکی از عوامل کلیدی مؤثر در حساسیت منطقه به فرسایش خاک و تولید رسوب پوشش زمین است. تغییرات طبیعی و همچنین انسانی در کاربری اراضی ممکن است کاهش یا افزایش فرسایش خاک را به دنبال داشته باشد. نقش افزایش پوشش زمین، به منزله یکی از روش‌های اساسی برای کنترل فرسایش خاک، در همه تپ‌های کاربری اراضی مشخص شده است. با توجه به نقش و اهمیت کاربری اراضی مختلف در تولید رسوب و میزان فرسایش، در این تحقیق منابع رسوب بر اساس کاربری اراضی طبقه‌بندی شده است. در منطقه سه نوع کاربری اراضی وجود دارد: جنگل با مساحت ۲,۰۶ کیلومتر مربع، مرتع با ۶,۹۱ کیلومتر مربع و زمین‌های زراعی با حدود ۱۶ کیلومتر مربع. کاربری اراضی از جمله فاکتورهای مهم در

تعیین میزان فرسایش و تولید رسوب است. از طرف دیگر، نظر به اینکه پدیده فرسایش حاصل چند فرایند و عامل محیطی است و با توجه به اهمیت سنگ‌شناسی، منشأیابی بر مبنای واحدهای زمین‌شناسی (سازند) نیز انجام و منشأیابی بررسی شد. با توجه به کوچک بودن منطقه، تنوع سازندها در آن کم است؛ به طوری که فقط سه سازند امیران (۶۹,۶ درصد)، تله زنگ (۷,۱) و رسوبات کواترنری (۲۳,۳ درصد) در منطقه وجود دارد و تلاقی نقشه کاربری و زمین‌شناسی نشان دهنده این مسئله بود که کاربری‌های کشاورزی در پایین دست و در بخش سازند امیران و اندکی نیز در کواترنر واقع شده‌اند. بنابراین، با توجه به عدم تنوع تلاقی سنگ‌شناسی و کاربری اراضی، واحدهای منشأیابی بر پایه کاربری اراضی و سنگ‌شناسی انجام شد.



شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی منطقه طالقانی

رسوبات ریزدانه به این دلیل است که بیشتر عناصر ژئوشیمیایی در این ذرات وجود دارد [۲۸].

انتخاب ردیاب‌های اولیه و تجزیه آزمایشگاهی

در روش منشأیابی ترکیبی از خصوصیات ردیاب‌ها برای تفکیک منابع رسوب استفاده می‌شود. بدین منظور، نخست تعدادی از ردیاب‌ها به عنوان ردیاب اولیه انتخاب می‌شوند. سپس، با استفاده از روش‌های آماری، ترکیبی بهینه از ردیاب‌های اولیه، که توانایی تفکیک منابع رسوب را داشته باشند، انتخاب می‌شود. این عناصر عبارت است از: عناصر ژئوشیمیایی *Fe*، *Mn*، *Mg*، *Zn*، *Cu*، *K*، *Na* و *Ca*، کربن آلی (C)، نیتروژن کل (N) و فسفر قابل جذب (P). در این ترکیب عناصر کمیاب و عمده همراه مواد آلی وجود دارد. از طرف دیگر، این ترکیب حساسیت بیشتری به پوشش گیاهی دارد.

برای اندازه‌گیری عناصر ژئوشیمیایی، پس از هضم اسیدی، سه گرم نمونه خشک (کوچک تر از ۶۳ میکرون) توسط محلول *aqua regia* (ترکیب ۳ به ۱ اسید کلریدریک غلیظ و اسید نیتریک) به مدت دو ساعت روی حمام آبی و عبور کاغذ صافی قطر ۰٫۲ میکرون صاف عمل شد. در پایان نیز با استفاده از دستگاه *ICP-OES GBC Integra* و با استفاده از نمونه استاندارد *Merck* و رسم منحنی کالیبراسیون اندازه‌گیری و به واحد میکروگرم بر گرم نمونه خاک اندازه‌گیری شد.

نیتروژن کل (N)، فسفر قابل جذب (P) و مواد آلی (C): مواد آلی به روش والکلی و بلاک [۲۳]. فسفر قابل جذب با استفاده از اسپکتروفتومتری [۲۶] و نیتروژن قابل جذب به روش کج‌لدال [۲۲] انجام شد.

جمع‌آوری و آماده‌سازی نمونه‌ها

با توجه به طبقه‌بندی منابع رسوب نمونه‌برداری انجام شد؛ ۳۹ نمونه از منابع رسوب اراضی کشاورزی (۱۷ نمونه)، مرتع (۱۲ نمونه) و جنگل (۱۰ نمونه) جمع‌آوری شد. نمونه‌های خاک از عمق ۰ - ۵ سانتی‌متری برداشت شد. برای اینکه نمونه‌ها معرف کاملی از نقطه نمونه برداری شده باشد، نمونه‌برداری خاک به این روش انجام گرفت که در هر یک از نقاط نمونه‌برداری در یک شعاع تقریبی ۱۰۰ متری حدود ۱۰ نمونه برداشت شد و پس از مخلوط کردن آن‌ها مقدار خاک لازم، که حدود یک کیلوگرم بود، برداشت شد. با توجه به اینکه در ایران در بیشتر پژوهش‌های انجام‌یافته پیشین، برای منشأیابی، از رسوبات کف یا پشت سازه‌ها نمونه‌برداری شده است و از طرفی بخش اعظم رسوبات خارج‌شده طی وقایع سیلابی است، در این پژوهش، برای رفع این نقص، ۱۹ نمونه از رسوبات خروجی حوضه به تفکیک شامل ۱۱ نمونه از کف بستر و ۸ نمونه از رواناب سیل جمع‌آوری شد (شکل ۱).

برای نمونه‌برداری از رواناب در طول هر رخداد بارشی، که از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۱ اتفاق افتاد، هر ۱۵ دقیقه یک بار از رسوبات معلق واقع در خروجی حوضه نمونه‌برداری شد؛ در پایان هر رخداد، نمونه‌ها با هم ترکیب شد و پس از ته‌نشست شدن و عبور از کاغذ صافی از آن‌ها استفاده شد.

پس از اینکه نمونه‌های منشأ در هوای آزاد خشک و کویده شد و از الک ۲ میلی‌متر و ۶۳ میکرون عبور داده شد، برای عمل هضم و اندازه‌گیری ردیاب‌های ژئوشیمیایی آماده‌سازی شد. استفاده از این جزء

انتخاب ترکیب بهینه ردیاب‌ها

ترکیب بهینه ردیاب‌ها طی دو مرحله انتخاب شد و مقایسه‌های آماری کروسکال والیس و تحلیل تشخیص بر روی نمونه‌های منابع رسوب انجام گرفت. آزمون کروسکال والیس سطح معنی‌داری عناصر را بیان کرد (در سطح ۰/۰۵) و در مرحله بعد تحلیل تابع تشخیص انجام شد و ضریب توان تفکیک‌پذیری ردیاب‌ها برآورد شد. در این روش، برای رسیدن به ترکیب بهینه، از الگوریتم انتخاب گام به گام استفاده شد و از عملیات حداقل کردن آماره *Wilks Lambda* بهره گرفته شد. به منظور تحلیل‌های آماری از نرم‌افزار *SPSS* استفاده شد.

تعیین سهم هر یک از منابع رسوب در تولید

رسوب

با استفاده از ردیاب‌های انتخابی از مرحله تحلیل تشخیص و با توجه به معادله ۱ درصد نسبی هر یک از منابع رسوب محاسبه شد [۸].

$$RME = 1 - \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{ (C_i - (\sum_{s=1}^m P_s S_{si} Z_s O_s SV_{si})) / C_i \}^2 W_i \right] \quad (1)$$

C غلظت ردیاب در نمونه‌های رسوب، P_s سهم درصدی بهینه شده منابع رسوب، S_{si} میانگین غلظت ردیاب در منابع رسوب، Z ضریب اصلاحی اندازه ذرات در نمونه‌های منابع رسوب، O ضریب اصلاحی مواد آلی در منابع رسوب، SV_{si} نماینده وزن تغییرپذیری ردیاب (i) در منبع رسوب (s)، W_i وزن قدرت تمایز، n تعداد ردیاب‌ها و m تعداد منابع رسوب است.

با به حداقل رساندن معادله ۱ سهم هر یک از منابع رسوب تعیین شد.

۳. نتایج

انتخاب ترکیب بهینه ردیاب‌ها

جدول ۱ نتایج آزمون آماری کروسکال والیس به تفکیک کاربری اراضی را نشان می‌دهد. از یازده عنصر به کاررفته - به جز چهار عنصر P, Na, Fe و Mn - هفت عنصر دیگر Cu, Zn, Mg, K, N, C و Ca سطح معنی‌داری آن‌ها کمتر از ۰/۰۵ است. این هفت عنصر قادر به تفکیک و جداسازی واحدهای کاربری اراضی اند. در این جدول، مقدار آماره H نیز در نظر گرفته شده است. هر چه مقدار H بیشتر باشد، قدرت تفکیک عنصر هم بیشتر می‌شود. جدول ۲ مراحل مختلف اضافه شدن خصوصیات ردیاب در توابع تشخیص به روش گام به گام و تأثیر آن‌ها بر توان جداسازی منابع رسوب برای واحدهای کاربری اراضی را نشان می‌دهد. با اضافه شدن هر ردیاب مقدار *Wilks Lambda* کاهش یافته و سطح معنی‌داری بهتر شده است؛ در نتیجه، توان جداسازی تحلیل و میزان تفکیک بین گروه‌ها افزایش یافته است. جدول ۳ نتایج آزمون تابع تحلیل تشخیص را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول، دو تابع بر اساس ویژگی‌های ردیاب‌ها مشخص شده است. درصد واریانس دو تابع به ترتیب برابر با ۹۸/۵ و ۱/۵ است. همچنین، درصد تجمعی واریانس دو تابع برابر با ۹۸/۵ و ۱۰۰ درصد نشان داده شده است. در جدول ۳ معنی‌داری تابع‌ها به وسیله آماره کای مشخص شده است.

جدول ۱. سطح معنی‌داری ردیاب‌ها در واحدهای کاربری اراضی

ردیاب	مقدار H	سطح معنی‌داری	ردیاب	مقدار H	سطح معنی‌داری
کربن آلی (C)*	۱۱٫۶	۰٫۰۰۳	روی (Zn)*	۳۳٫۲	<۰٫۰۰۰۱
نیتروژن (N)*	۱۴٫۹	۰٫۰۰۱	آهن (Fe)	۴٫۵	۰٫۱۰۴
فسفر (P)	۱٫۵	۰٫۴۷۴	منگنز (Mn)	۴٫۵	۰٫۱۰۷
سدیم (Na)	۱٫۳	۰٫۵۳۶	کلسیم (Ca)*	۸٫۵	۰٫۰۱۴
پتاسیم (K)*	۱۳٫۲	۰٫۰۰۱	منیزیم (Mg)*	۳۳٫۱	<۰٫۰۰۰۱
مس (Cu)*	۲۸٫۴	<۰٫۰۰۰۱			

* سطح معنی‌داری کمتر از ۰٫۰۵

جدول ۲. وضعیت گام‌های مختلف ورود عناصر به مدل در کاربری اراضی

گام	خصوصیات ردیاب	Wilk,s Lambda	معنی‌داری
۱	Mg	۰٫۱۱۲	<۰٫۰۰۰۱
۲	C	۰٫۰۷۵	<۰٫۰۰۰۱
۳	Zn	۰٫۰۶	<۰٫۰۰۰۱
۴	Ca	۰٫۰۴۸	<۰٫۰۰۰۱

جدول ۳. ویژگی‌های توابع تحلیل تشخیص در کاربری اراضی

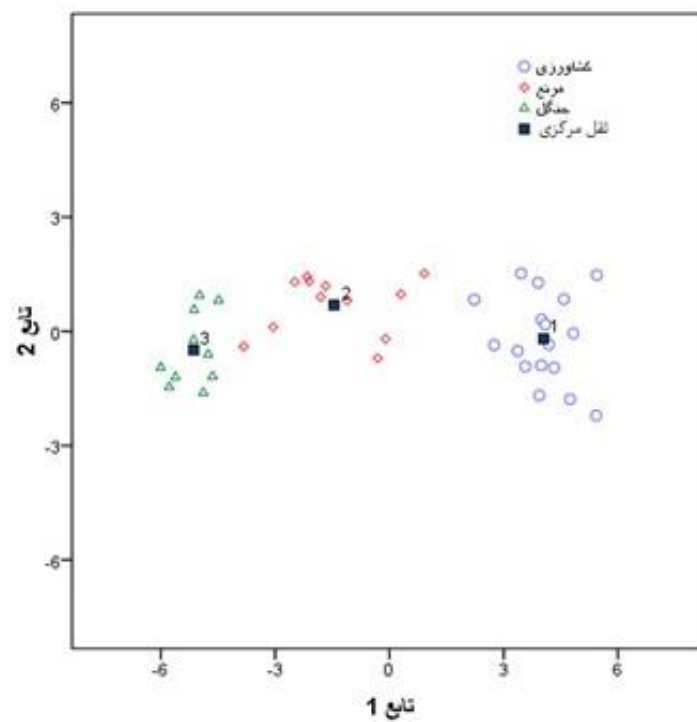
تابع	مقدار ویژه	درصد واریانس	درصد تجمعی واریانس	همبستگی کانونی	کای اسکور	سطح معنی‌داری
۱	۱۵٫۸	۹۸٫۵	۹۸٫۵	۰٫۹۷	۱۰۴٫۸	<۰٫۰۰۰۱
۲	۰٫۲۴	۱٫۵	۱۰۰	۰٫۴۴	۰٫۸۱	۰٫۰۵۸

جدول نیز نتایج ارزیابی متقابل تحلیل تشخیص را نشان می‌دهد. در این بخش درصد طبقه‌بندی درست برابر با ۹۴٫۹ درصد است. برای بررسی بیشتر توان تابع‌های تشخیص در جداسازی گروه‌ها، شکل ۳ نمودار پراکنش تابع ۱ در مقابل تابع ۲ را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۳، تفکیک منابع رسوب در کاربری اراضی به وسیله تابع‌های ۱ و ۲ به‌درستی انجام شده است.

جدول ۴ درصد طبقه‌بندی صحیح در هر گروه و تعداد نمونه‌های درست طبقه‌بندی شده را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول نمونه‌ها در کاربری اراضی از ۹۱٫۷ تا ۱۰۰ درصد صحیح برداشت و طبقه‌بندی شده‌اند. در این جدول درصد صحیح طبقه‌بندی در زمین کشاورزی ۱۰۰ درصد، مرتع ۹۱٫۷ درصد و جنگل ۱۰۰ درصد است. درصد طبقه‌بندی صحیح به طور کل برابر با ۹۷٫۴ است. بخش دوم

جدول ۴. درصد طبقه‌بندی صحیح نمونه‌ها در کاربری اراضی

واحد‌های کاربری اراضی		پیش‌بینی عضویت در گروه‌ها			کل نمونه‌ها		
		۱	۲	۳			
نتایج تحلیل	تعداد	۱	۱۷	۰	۰	۱۷	
		۲	۰	۱۱	۱	۱۲	
		۳	۰	۰	۱۰	۱۰	
	درصد	۱	۱۰۰	۰	۰	۱۰۰	
		۲	۰	۹۱٫۷	۸٫۳	۱۰۰	
		۳	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰	
	نتایج ارزیابی تحلیل	تعداد	۱	۱۷	۰	۰	۱۷
			۲	۰	۱۰	۲	۱۲
			۳	۰	۰	۱۰	۱۰
درصد		۱	۱۰۰	۰	۰	۱۰۰	
		۲	۰	۸۳٫۳	۱۶٫۷	۱۰۰	
		۳	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰	



شکل ۳. وضعیت تفکیک کاربری‌ها به وسیله تابع‌های ۱ و ۲

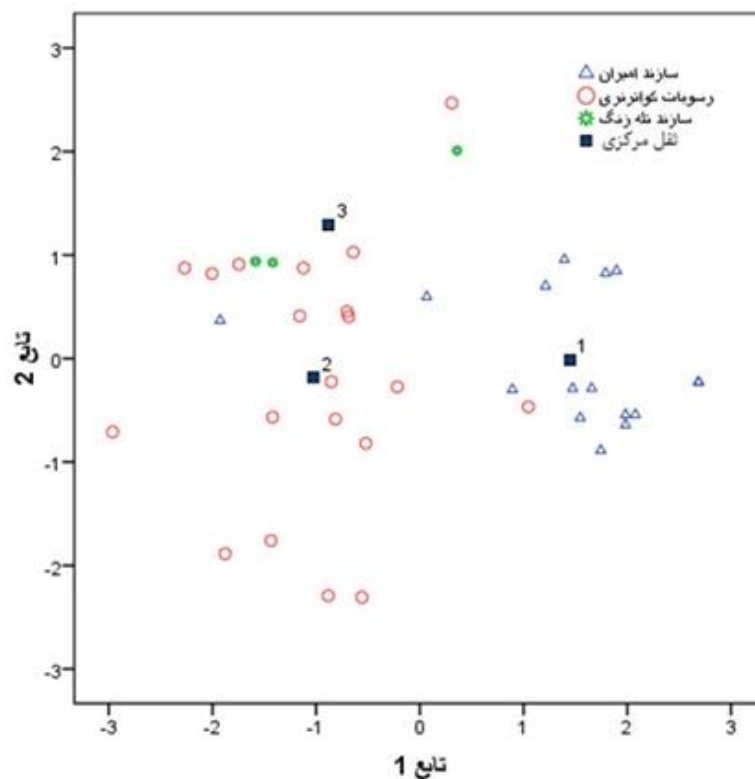
واحدهای مختلف سنگ‌شناسی را دارند. از طرفی، با توجه به نتایج ضعیف درصد طبقه بندی صحیح واحدهای زمین‌شناسی بر اساس این سه ردیاب (سازند امیران ۸۷٫۵ درصد، کواترنر ۶۵ درصد و سازند تله زنگ ۶۶ درصد) است. با توجه به این نتایج، منابع رسوب به خوبی از هم تفکیک نشده‌اند. برای بررسی بیشتر توان تابع‌های تشخیص در جداسازی گروه‌ها، شکل ۴ نمودار پراکنش تابع ۱ در مقابل تابع ۲ را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۴، تفکیک منابع رسوب در واحدهای زمین‌شناسی به وسیله تابع‌های ۱ و ۲ به درستی انجام نشده است و با هم همپوشانی زیادی دارند.

تعیین سهم منابع رسوب در تولید رسوب

جدول ۵ سهم هر یک از کاربری‌های اراضی را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۵، سهم کاربری کشاورزی در تولید رسوب ۵۳٫۴ درصد است که در بین کاربری‌های مختلف بیشترین سهم را دارد. سهم کاربری مرتع و جنگل در تولید رسوب به ترتیب برابر با ۳۰٫۳ و ۱۶٫۳ است.

منشأیابی رسوب در واحدهای زمین‌شناسی

نتایج تجزیه و تحلیل آماری بر اساس آزمون کروسکال والیس و آزمون تابع تحلیل تشخیص نشان داد که عناصر C ، Na و Mg توانایی تفکیک



شکل ۴. وضعیت تفکیک واحدهای زمین‌شناسی به وسیله تابع‌های ۱ و ۲

مقایسه نتایج نمونه‌های رواناب با نتایج

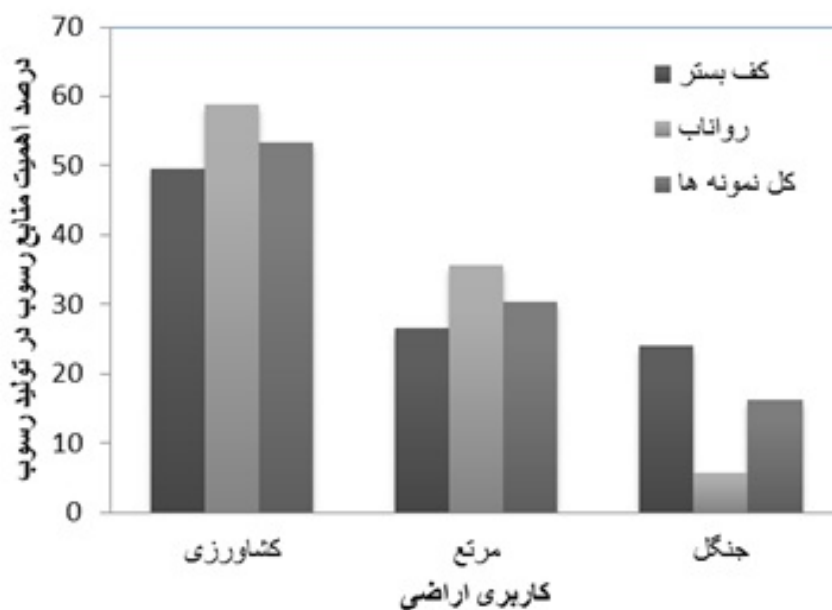
نمونه‌های کف آبراهه

در این مطالعه سعی شد نمونه‌های رواناب نیز به منظور بیشترکردن دقت کار برداشت شود. همچنین، سعی شد نتایج هر دو گروه (نمونه‌های کف بستر و نمونه‌های رواناب) جداگانه بررسی شود. با در نظر گرفتن این موضوع که نمونه‌های رواناب از دقت بسیار زیادی برخوردارند، نتایج این نمونه‌ها با نتایج به دست آمده بر اساس نمونه‌های کف بستر مقایسه شد تا میزان دقت نمونه‌های برداشت شده از کف بستر نیز ارزیابی شود. نتایج هر دو گروه تقریباً یک روند کلی را نشان داد؛ یعنی در هر دو گروه بیشترین سهم به کاربری اراضی و کمترین سهم به کاربری جنگل اختصاص داده شد؛ با این تفاوت که میزان درصد سهم هر یک از منابع متفاوت بود. بر اساس نتایج نمونه‌های کف بستر، سهم اراضی کشاورزی، مرتع و جنگل به ترتیب برابر با ۴۹/۵، ۲۶/۶ و ۲۳/۹ برآورد شد.

بدین ترتیب، بر اساس ترکیب بهینه به دست آمده، امکان تعیین سهم منابع رسوب در واحدهای زمین‌شناسی وجود ندارد. این مسئله در اثر دو عامل است: نخست آنکه تنوع سازندها در منطقه زیاد نیست؛ به طوری که در عمل دو سازند مختلف‌اند و سازند کواترنر نیز به عنوان رسوبات مشتق شده از دو سازند قبلی است. دیگر آنکه ترکیب سنگ‌شناسی دو سازند امیران (سیلتستون و ماسه سنگ با آهک فراوان) و تله زنگ (آهک دانه‌ای با رخساره کارستی) به گونه‌ای است که با توجه به الگوی فرسایش آن‌ها فقط می‌توان به نقش سازند امیران در تولید رسوب اشاره کرد [۱]. با توجه به نقش سازند تله زنگ در انحلال و تولید بار محلول و موقعیت پراکنش سازندها در منطقه، بیشترین کاربری‌های کشاورزی روی سازند امیران است. بنابراین، می‌توان استنباط کرد در حوضه مذکور کاربری اراضی در تولید رسوب دارای نقش غالب تری نسبت به سازندهای زمین‌شناسی است.

جدول ۵. سهم واحدهای کاربری در تولید رسوب بر اساس نمونه‌های مختلف رسوب

نمونه‌های رسوب	کل نمونه‌ها		
	کف بستر	معلق	
کاربری اراضی			
کشاورزی	۴۹/۶	۵۸/۸	۵۴/۲
مرتع	۲۶/۴	۳۵/۵	۳۱
جنگل	۲۴	۵/۷	۱۴/۸



شکل ۵. سهم واحدهای کاربری در تولید رسوب بر اساس نمونه‌های مختلف رسوب

مرتع اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۵ و شکل ۴). بر پایه یافته‌های این پژوهش، چهار عنصر (Ca , Zn , C و Mg) بیشترین تفاوت معنی‌دار را در بین کاربری‌های مختلف دارند. این مسئله نشان‌دهنده آن است که کاربری و مدیریت اراضی می‌تواند در ردیاب‌های معنی‌دار شده تأثیر بگذارد. در واقع، هر کاربری اراضی با مدیریت خاص می‌تواند در تغییر عناصر معدنی تأثیرگذار باشد. حضور عنصر کربن آلی و روی در تمایز بین کاربری‌های مختلف می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر حاصل‌خیزکننده‌ها باشد. از طرف دیگر، دو عنصر فراوان کلسیم و منیزیم نیز به عنوان عناصر عمده خاکی در همه اراضی قابل یافت‌اند. این عناصر در بسیاری از تحقیقات پیشین عناصر متمایزکننده کاربری‌های طبیعی (مرتع و جنگل) از اراضی کشاورزی به شمار می‌آیند. نتایج حکیم‌خانی و همکاران در تفکیک واحدهای سنگ‌شناسی مبین تأثیر عناصر نادر خاکی است [۱۴]:

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج کاربرد ردیاب‌های ژئوشیمیایی در تفکیک منابع رسوب نشان‌دهنده تأثیر بیشتر کاربری اراضی در تولید رسوب است. در واقع، در بین ردیاب‌های مورد استفاده هیچ یک توانایی تفکیک واحدهای سنگ‌شناسی را نداشتند. این مسئله، از یک طرف، به سبب به ترکیب و تنوع بسیار کم سازندهای منطقه (دو عدد) و، از سوی دیگر، نوع ردیاب‌های انتخابی است. در واقع، می‌توان در تحقیقات آینده با در نظر گرفتن سایر ردیاب (مانند عناصر رادیواکتیو و کانی‌شناسی) اطلاعات مفیدتری ارائه داد. همان‌طور که این نتایج نشان می‌دهد، بین سهم کاربری جنگل و کاربری مرتع اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از نمونه‌های رواناب، سهم هر یک از کاربری‌های کشاورزی، مرتع و جنگل به ترتیب برابر با ۵۸٫۸، ۳۵٫۵ و ۵٫۷ درصد بود. با توجه به این نتایج بین سهم کاربری جنگل و کاربری

ولی در این پژوهش بیشتر عناصر ماکرو و مواد آلی معنی دار شد؛ این موضوع به سبب تفاوت نوع واحدهای منشأ این تحقیق است. همچنین، عدم ورود عناصر Na ، Fe ، P و Mn به تحلیل تشخیص می‌تواند ناشی از هم‌خطی بین ردیاب‌ها باشد؛ محققان به این مسئله نیز اشاره کرده‌اند [۹، ۱۴، ۲۹]. از طرف دیگر، فرجی و همکاران در ترکیب بهینه برای تفکیک کاربری‌های مختلف اراضی از ۴۸ ردیاب مورد استفاده به ۲۰ ردیاب ژئوشیمی اشاره کرده‌اند که دو عنصر کلسیم و روی نیز موجود است [۹].

بر اساس نتیجه این مطالعه، اراضی کشاورزی با ۵۳/۴ درصد بیشترین سهم و جنگل با ۱۶/۳ درصد کمترین سهم را در تولید رسوب منطقه داشت. با توجه به این نتایج، کاربری کشاورزی، بیش از دیگر منابع رسوب، در تولید رسوب این منطقه نقش دارد و بیشتر رسوب تولیدی حوضه مربوط به این منبع رسوب است. با توجه به اینکه در نمونه‌های رسوب معلق سهم اثر کاربری کشاورزی بیشتر است، می‌توان استنباط کرد در اراضی کشاورزی تخریب ناشی از هدررفت رسوبات ریزدانه مانند رس‌ها بیشتر است. در واقع، به دلیل غالب تر بودن فرایندهای فرسایش سطحی و پاشمانی و میکرو ریل [۳]، رسوبات

خارج شده از این مناطق بیشتر از خاک سطحی و مواد ریزدانه است. این مسئله موجب خروج هرچه بیشتر مواد مغذی خاک می‌شود. بر اساس بازدیدهای میدانی از منطقه، مسائلی از قبیل کشت محصول در زمین‌های شیب‌دار و همچنین شخم در جهت شیب زمین مشاهده شد. احتمال می‌رود این عوامل باعث افزایش فرسایش در اراضی کشاورزی منطقه شده باشد. با توجه به مشخص شدن این موضوع که اراضی کشاورزی منطقه سهم بیشتری در تولید رسوب منطقه دارند و با توجه به وسعت زیاد اراضی کشاورزی در منطقه، توصیه می‌شود توجه ویژه‌ای به نوع بهره‌برداری از اراضی کشاورزی شود و برنامه‌های مدیریت و حفاظت خاک در منطقه به‌ویژه در بهره‌برداری از اراضی کشاورزی اجرا شود. در پایان، با توجه به تفاوت نتایج مربوط به نوع نمونه‌برداری (در حین سیلاب و کف بستر آبراهه) در تعیین سهم منابع رسوب در تولید رسوب، توصیه می‌شود در برنامه‌های منشأیابی از نمونه‌های به‌هنگام برای تعیین سهم منابع مختلف استفاده شود تا نقش تغییرات زمانی خروج رسوب نیز بهتر ارزیابی شود و میزان دقت نتایج بیشتر باشد.

References

- [1] Ahmadi, H. and Feiznia, S. (2006). *Quaternary Formation*, 2ed Edition, University of Tehran press, 627p.
- [2] Ballantine, D., Walling, D., Collins, A. and Leeks, G. (2009). The content and storage of phosphorus in fine-grained channel bed sediment in contrasting lowland agricultural catchments in the UK. *Geoderma*, 151, 141-149.
- [3] Blanco, H. and Lal, R. (2008). *Principles of soil conservation and management*, Springer Verlag, 601p.
- [4] Collins, A., Anthony, S., Hawley, J. and Turner, T. (2009). The potential impact of projected change in farming by 2015 on the importance of the agricultural sector as a sediment source in England and Wales, *Catena*, 79, 243-250.
- [5] Collins, A. and Walling, D. (2004). Documenting catchment suspended sediment sources: problems, approaches and prospects, *Progress in Physical Geography*, 28, 159-196.
- [6] Collins, A. and Walling, D. (2007). Sources of fine sediment recovered from the channel bed of lowland groundwater-fed catchments in the UK. *Geomorphology*, 88, 120-138.
- [7] Collins, A., Walling, D. and Leeks, G. (1997). Use of the geochemical record preserved in floodplain deposits to reconstruct recent changes in river basin sediment sources, *Geomorphology*, 19, 151-167.
- [8] Collins, A., Walling, D., Webb, L. and King, P. (2010). Apportioning catchment scale sediment sources using a modified composite fingerprinting technique incorporating property weightings and prior information, *Geoderma*, 155, 249-261.
- [9] Faraji, M., Ahmadi, H., Ekhtesasi, M.R., Jafari, M. and Feiznia, S. (2011). Fingerprinting the sources of sand dunes using tracers and indicator minerals, case study, *Journal of Range and Watershed Management*, 64 (2)1-18.
- [10] Fox, J. and Papanicolaou, A. (2008). An un-mixing model to study watershed erosion processes, *Advances in Water Resources*, 31, 96-108.
- [11] Fox, J. and Papanicolaou, A. (2008). Application of the spatial distribution of nitrogen stable isotopes for sediment tracing at the watershed scale, *Hydrology*, 358, 46-55.
- [12] Gruszowski, K., Foster, I.D.L., Lees, J. and Charlesworth, S. (2003). Sediment sources and transport pathways in a rural catchment, Herefordshire, UK. *Hydrological Processes*, 17, 2665-2681.
- [13] Hakimkahni, Sh. (2006). Investigation on using tracers in fluvial fine sediment sources fingerprinting (case study: in the basin of Pouldasht flood spreading system, Makoo township), Unpubl.Ph.D. thesis. University of Tehran, 240 pp.
- [14] Hakimkahni, Sh., Ahmadi, H., Ghayoumian, J., Feiznia, S. and Bihamta, M.R. (2006). Determinining a suitable subset of geochemical elements for Separation of lithological types of Poldasht waterspreading station basin, *Iranian Journal of the Natural Resources*, 60(3), 693-711.
- [15] Hatfield, R.G. and Maher, B.A. (2009). Fingerprinting upland sediment sources: particle size specific magnetic linkages between soils, lake sediments and suspended sediments, *Earth Surface Processes and Landforms*, 34, 1359-1373.
- [16] Krein, A., Petticrew, E. and Udelhoven, T. (2003). The use of fine sediment fractal dimensions and colour to determine sediment sources in a small watershed, *Catena*, 53, 165-179.

- [17] Lal, R., Griffin, M., Apt, J., Lave, L. and Morgan, M.G. (2004). Managing Soil Carbon, *Science*, 304, 393.
- [18] Nazari Samani, A., Wasson, R.J. and Malekian, A. (2011). Application of multiple sediment fingerprinting techniques to determine the sediment source contribution of gully erosion: Review and case study from Boushehr province, southwestern Iran, *Progress in Physical Geography*, 35(3), 375-391.
- [19] Nosrati, K., Feiznia, S., Van Den Eeckhaut, M. and Duiker, S.W. (2011). Assessment of soil erodibility in Taleghan Drainage Basin Iran, using multivariate statistics, *Physical Geography*, 32, 78-96.
- [20] Nosrati, K., Govers, G., Ahmadi, H., Sharifi, F., Amoozegar, M.A., Merckx, R. and Vanmaercke, M. (2011). An exploratory study on the use of enzyme activities as sediment tracers: biochemical fingerprints?, *Sediment Research*, 26, 136-151.
- [21] Poulenard, J., Perrette, Y., Fanget, B., Quetin, P., Trevisan, D. and Dorioz, J.M. (2009). Infrared spectroscopy tracing of sediment sources in a small rural watershed (French Alps), *Science of The Total Environment*, 407, 2808-2819.
- [22] Rutherford, P.M., McGill, W.B., Arocena, J.M. and Figueiredo, C.T. (2008). Total nitrogen, In: M.R. Carter and E.G. Gregorich (Editors), *Soil Sampling and Methods of Analysis*, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- [23] Skjemstad, J.O. and Baldock, J.A. (2008). Total and organic carbon, In: Carter, M.R., Gregorich, E.G. (Eds.), *Soil Sampling and Methods of Analysis*, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, pp. 225-237.
- [24] Smith, H.G. and Dragovich, D. (2008). Sediment budget analysis of slope-channel coupling and in-channel sediment storage in an upland catchment, southeastern Australia. *Geomorphology* 101, 643-654.
- [25] Vanacker, V., Molina, A., Govers, G., Poesen, J. and Deckers, J. (2007). Spatial variation of suspended sediment concentrations in a tropical Andean river system: The Paute River, southern Ecuador, *Geomorphology*, 87, 53-67.
- [26] Wallbrink, P., Martin, C. and Wilson, C. (2003). Quantifying the contributions of sediment, sediment-P and fertiliser-P from forested, cultivated and pasture areas at the landuse and catchment scale using fallout radionuclides and geochemistry, *Soil and Tillage Research*, 69, 53-68.
- [27] Wallbrink, P.J. (2004). Quantifying the erosion processes and land-uses which dominate fine sediment supply to Moreton Bay, Southeast Queensland, Australia, *Journal of environmental radioactivity*, 76, 67-80.
- [28] Wallbrink, P.J. and Croke, J. (2002). A combined rainfall simulator and tracer approach to assess the role of Best Management Practices in minimising sediment redistribution and loss in forests after harvesting, *Forest Ecology and Management*, 170, 217-232.
- [29] Walling, D.E. (2005). Tracing suspended sediment sources in catchments and river systems, *Science of the Total Environment*, 344:159-184.
- [30] Walling, D. and Collins, A. (2008). The catchment sediment budget as a management tool, *Environmental Science & Policy*, 11, 136-143.
- [31] Walling, D., Collins, A. and Stroud, R. (2008). Tracing suspended sediment and particulate phosphorus sources in catchments, *Journal of Hydrology*, 350, 274-289.
- [32] Walling, D.E., Owens, P.N., Waterfall, B.D., Leeks, G.J.L. and Wass, P.D. (2000). The particle

- size characteristics of fluvial suspended sediment in the Humber and Tweed catchments, *UK. The Science of the Total Environment*, 251, 205-222.
- [33] Wilkinson, S., Wallbrink, P., Hancock, G., Blake, W., Shakesby, R. and Doerr, S. (2009). Fallout radionuclide tracers identify a switch in sediment sources and transport-limited sediment yield following wildfire in a eucalypt forest, *Geomorphology*, 110, 140-151.
- [34] Youneszadeh, S. (2009). Tracing of small dam sediment in order to sourcing and susceptibility of rocks, Unpubl. MSc. thesis. University of Tehran, 174 pp.
- [35] Zapata, F. (2003). The use of environmental radionuclides as tracers in soil erosion and sedimentation investigations: recent advances and future developments, *Soil and Tillage Research*, 69, 3-13.