پژوهش های آبخیزداری شماره ۹۰، بهار ۱۳۹۰
(پژوهش و سازندگی)

بررسی ارتباط بین رسوبات نهشته شده در پشت بندهای کوچک با منابع تولید رسوب بر اساس روش منشایابی در استان سمنان

• **اصغر کوهپیما**
عضو باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز (نویسنده مسئول)
• **سادات فیض نیا** و • **حسن احمدی**
گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
• **سیدعلی اصغر هاشمی**
مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سمنان
تاریخ دریافت: اردیبهشت ماه ۱۳۸۸ تاریخ پذیرش: مهر ماه ۱۳۸۹
تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۳۵۳۳۸۹۲۳۸
Email: aakouhpeima@yahoo.com

چکیده

بـه منظـور اجـرای برنامه های حفاظت خاک و کنترل رسـوب در حوزه های آبخیز، شناسـایی منابع اصلی تولید رسـوب و مناطق فرسـایش پذیر امری ضروری اسـت. در این تحقیق ارتباط بین رسـوبات نهشـته شـده در پشـت سـازه های احداث شده بر روی آبراهه های دو حوزه آبخیز ابراهیم آباد و رویان واقع در استان سمنان، با منابع تولید رسوب بالادست با استفاده از روش منشأیابی مرکب و کمی مورد بررسـی قرار گرفت. هدف از این تحقیق تفکیک منابع رسـوب و تعیین سهم و اهمیت نسبی هر منبع در تولید رسـوب می باشـد. با بررسی های صحرایی منابع رسوب را ترکیبی از سطح مناطق با سنگ شناسی مختلف و نیز منابع زیر سطحی (دیواره خندق ها)در نظر گرفته شـد و میزان تفکیک این منابع با اسـتفاده از ۱۵ خصوصیات منشایاب و بر اساس روش های آماری کروسکال والیس و تابع تشخیص مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت سهم هر یک از منابع با محاسبه مدل های چند متغیره ترکیبی تعیین گردید. نتایج بدسـت آمده بیانگر تفکیک مناسب منابع رسـوب بوده به طوری که در حوضه ابراهیم آباد ترکیب بهینه کانی رسـی ایلیت و میزان منیزیم و کربن آلی ۹۵/۸ درصد و در حوضه رویان ترکیب کانی رسـی کلریت، خصوصیت مغناطیسـی X_{FD} و مقادیر نیتروژن و کربن آلی ۹۲/۹ درصد منابع رسوب را تفکیک کرده است. نتایج حاصل از محاسبه مدل های چند متغیره ترکیبی نشـان داد که در حوزه آبخیز ابراهیم آباد رسـوبات کواترنر و سـازندهای شمشـک، دلیچای، هزاردره، کرج و لار و در حوزه آبخیز رویان رسـوبات کواترنر، فرسـایش خندقی و سـازندهای کرج، شمشـک، قرمز بالایی (M1) و لار به ترتیب دارای بیشترین اهمیت نسبی در تولید رسوب می باشند.

کلمات کلیدی: کنترل رسوب، بندهای کوچک، ترکیب بهینه، ابراهیم آباد، رویان.

www.SID.ir

Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi) No 90 pp: 19-28

Investigation of the relationship between sediments of small dams and their sources using tracing method in Semnan province

By: A. Kouhpeima, Member of Young Researcher Club, Islamic Azad University, Shiraz Branch, (Corresponding Author; Tel: +989353389238) S. Feiznia and H. Ahmadi, Department of Arid and Mountainous Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, Tehran University S. A. Hashemi, Researcher of Agriculture and Natural Resource Research Center, Semnan

For implementation of soil conservation and sediment control plans in drainage basins, the recognition of the main sediment sources and erodible area is necessary. In this research the relationship between sediments of small dams which are constructed on drainages of Ebrahim-Abad and Royan Catchments in Semnan Province, with the upland sources was determined using composite and quantitative Tracing Method. The aim of research has been the differentiation of sediment sources and determination the contribution and the relative importance of each source in sediment production. By field investigation, the combination of both surface areas under different lithology and sub surface sources (gully walls) were selected as sediment sources and source differentiation was evaluated using 15 fingerprinting properties and by Kruskal Walis and Diffraction Function Analyses. Finaly the contribution of each sediment source was determined by calculating multivariate mixing models. The results have shown good differentiation of sediment sources, so that in Ebrahim-Abad Catchment, an optimal composition of illite, Mg and Organic Carbon with 95.8% and in Royan Catchment, Cholorit, XFD, N and Organic Carbon with 92.9% differentiation power could differentiate sediment sources. The results of calculation using composite multivariate statistical methods have show that Quaternary units and Shemshak, Dalichay, Hezar-Dareh, Karaj and Lar Formations in Ebrahim-Abad Catchment and Quaternary units, gully erosion and Karaj, Shemshak, Upper Red and Lar formations in Royan Catchment are the most important sources of sediments, respectively.

Keywords: Sediment control, Small dams, Optimum composite, Ebrahim-Abad, Royan.

مقدمه

بـه منظور کنتـرل رسـوب و اجرای برنامـه های حفاظـت خاک در حوزه های آبخیز، شناسـایی منابع اصلی تولید رسـوب و مناطق فرسایش پذیر امری ضروری است (Callins و همکاران، ۱۹۹۸ و ۲۰۰۱) زیرا بعضی از اسـتراتژی ها بایسـتی بر روی منابع کلیدی متمرکز شود. (Walling و همکاران، ۲۰۰۸). برای دسـتیابی به این اهداف روش های مختلفی وجود دارد، اما از بین آن ها می بایسـت روش یا روش هائی انتخاب شوند که اولاً سریع، اقتصادی و دقیق باشد و ثانیا بتواند ارتباط بین فرسایش منابع رسوب و رسـوب تولید شـده در انتهای حوضه و در نتیجه ارتباط بین فرسایش و حمل و رسوبگذاری را برقرار سازند (Callins و Walling، ۲۰۰۴). از بین روش های موجود، روش منشـایابی رسـوب که در آن اهمیت نسبی منابع مختلف تولید رسـوب در حوضه تعیین می شوند در سال های اخیر به طور فزاینده ای به وسـیله محققین مختلف بکار گرفته شـده اسـت (Owens و همـکاران، ۲۰۰۰؛ Foster و همـکاران، ۲۰۰۲؛ Krause و همـکاران، ۲۰۰۳؛ Callins و Walling، ۲۰۰۶). روش مذکـور بر این اصل اسـتوار است که خصوصیات فیزیکی و شیمیائی رسوبات معلق، ویژگی های منشاء تولیدشـان را منعکس می کننـد (Callins و Walling، ۲۰۰۶). کاربرد این روش دو مرحله اصلی دارد. در مرحله اول ترکیبی از خصوصیاتی که به طور واضح منشأء رسوبات را مشخص می کنند با فنون آماری انتخاب شده و در مرحله بعد با بکارگیری مدل های چند متغیره ترکیبی (معادله مجموع مربعات باقیمانده) و اسـتفاده از روش های بهینه سـازی، بین خصوصیات منابع و رسـوبات مقایسهای برقرار شده و سـهم هر منبع تعیین می گردد (Walling، ۲۰۰۵).

در مطالعات منشایابی منابع رسوب را انواع کاربری (حکیم خانی، ۱۳۸۷؛ معظمی،۱۳۸۷)، فرسـایش های سطحی و زیر سطحی (Gruszowski و همکاران، ۲۰۰۳؛ Owans و همکاران، ۲۰۰۶؛ Hillier، ۲۰۰۱؛ Owans و همـکاران، ۲۰۰۶؛ Hardy و همـکاران، ۲۰۰۰) و منابع مکانی از جمله واحدهای سـنگ شناسـی یا زیرحوضه هـا (Botirill و همکاران، ۲۰۰۰؛ Foster و Lees، ۲۰۰۰؛ Kimoto و همـکاران، ۲۰۰۶) و ترکیبـی از تمام منابـع (Russell و همـکاران، ۲۰۰۱، Carter و همکاران، ۲۰۰۳) در نظر گرفته شـده اسـت. در این مطالعات انواع مختلفـی از خصوصیات منشأیاب برای تفکیک منابع رسوب مورد استفاده قرار گرفته است از جمله کانـی هـای رسـی (Hillier، ۲۰۰۱؛ کوهپیمـا،۲۰۱۰a)، خصوصیـات مغناطیسـی (Foster و همـکاران، ۲۰۰۷؛ Gruszowski و همـکاران، ۲۰۰۳؛ کوهپیما، ۱۳۹۰)، عناصر ژئوشـیمیایی (کلـی و همکاران،۲۰۰۶)، مـواد آلی (Owans و همـکاران، ۲۰۰۶؛ Walling و همکاران، ۲۰۰۶؛ Piltarn و همـکاران، ۲۰۰۶؛ کوهپیمـا، ۲۰۱۰b)، عناصـر رادیـو اکتیو (Foster و همـکاران، ۲۰۰۷؛ Callins و Walling، ۲۰۰۶؛ Krause و همـکاران، ۲۰۰۳) و رنگ خاک و رسـوب (Krein و همکاران، ۲۰۰۳). مطالعات اولیه منشـأیابی رسـوبات بر بررسـی و تفسـیر یـک خصوصیت

Archive of SID
پژوهش های آبخیزداری www.SID.ir

منفـرد متکی بوده ولی در سـال های اخیر با پی بردن به این مسـئله که استفاده از یک خصوصیت بخصوص در مواردی که بیش از دو منبع رسوب وجود داشـته باشـد می تواند نتایج غیر واقعی و گمراه کننده بدهد، روش منشأیابی مرکب پیشنهاد شده است که بر استفاده از ترکیبی از خصوصیات در منشـأیابی تاکیـد دارد. Owans و همـکاران (۲۰۰۰) و Callins و Walling (۲۰۰۲) با بکارگیری ترکیبی از خصوصیات یک گروه یا ترکیبی از چند گروه توانسـته اند دقت نتایج منشـأیابی را به طور قابل ملاحظه ای افزایش دهند. در مطالعات امروزی از روش منشأیابی مرکب و کمی استفاده می شـود. به این نحو که ابتدا ترکیبی از خصوصیات منشأیاب از یک گروه یا ترکیبی از دو یا چند گروه مثلاً خصوصیات مغناطیسـی، ژئو شـیمیایی، آلی و غیره انتخاب شـده و سپس با اسـتفاده از روش های آماری، ترکیبی بهینه از ترکیب اولیه که قادر به جدا سـازی دقیق منابع باشـند، استخراج می شـود. در آخر این خصوصیات برای تعیین سهم نسبی هر یک از منابع رسوب با استفاده از مدل های ترکیبی چند متغیره مقایسه می شوند. هدف از انجام این تحقیق بررسی ارتباط رسوبات نهشته شده در پشت سازه های احداث شده بر روی آبراهه های دو حوزه آبخیز ابراهیم آباد و رویان واقع در استان سمنان با منابع تولید رسوب بالادست با به کارگیری روش منشأیابی مرکب و کمی به منظور تفکیک منابع رسوب و تعیین سهم و اهمیت نسبی هر منبع در تولید رسوب می باشد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

مناطق مورد مطالعه در این تحقیق شامل دو سد کوچک و حوزه های آبخیز بالا دست آنهاست که در استان سمنان پراکنش یافته است. این سدها همگی ازنـوع خاکی هسـتند و هدف اصلـی از احداث آن ها کنترل سـیلاب بوده اسـت. ارتفاع همه این سـدها کمتر از ۱۲ متر بوده و از زمان احداث تاکنون هیچ گاه سـرریز ننموده اند. به همین دلیل تمامی رسـوبات تولید شـده از حـوزه های آبخیز بالادسـت این سـدها به تلـه افتاده و بـه عبارتی ضریب تله اندازی رسوب آن ها ۱۰۰ درصد بوده است. موقعیت سدهای مورد بررسی در شکل ۱ منعکس گردیده است (کوهپیما، ۱۳۸۷).

الف) حوزه آبخیز ابراهیم آباد

حوزه آبخیز ابراهیم آباد دارای مسـاحتی برابر ۵۰۷/۸۱ هکتاراسـت، ارتفاع حداکثر و حداقل حوضه به ترتیب برابر ۲۰۷۰ و ۱۸۲۵ متر و شـیب متوسط حوضه برابر ۲۹/۳۱ درصد می باشـد. متوسط بارش سالانه این حوضه ۱۸۲/۹ میلیمتر و متوسـط درجه حرارت سالاته ۱۲/۴ درجه سانتیگراد است. منابع تولید رسـوب این حوضه را سازندهای زمین شناسی موجود که شامل سازند هزاردره، سـازند قرمز بالایی و رسوبات کواترنری است شکل ۳ در نظر گرفته شده اسـت. مشخصات سـنگ شناسـی این حوضه در جدول ۱ آمده است (کوهپیما، ۱۳۸۷).

ب) حوزه آبخیز رویان

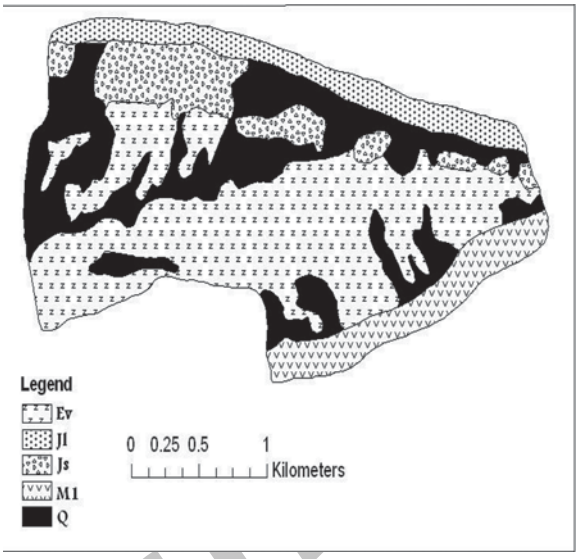
حـوزه آبخیز رویان دارای مسـاحت ۵۳۸/۸۳ هکتار اسـت. ارتفاع حداکثر و حداقل این حوضه به ترتیب ۲۰۷۰ ۱۸۵۵ و شـیب متوسـط حوضه ۲۳/۹۵ درصد می باشد. متوسط بارش سالانه ۱۸۴ میلیمتر و متوسط درجه حرارت سالانه ۱۲/۶ درجه سانتیگراد بوده و منابع تولید رسوب را سازندهای هزاردره، قرمز بالایی، قم، کرج و رسوبات کواترنر (شکل ۲) و فرسایش خندقی در نظر گفته شده است. مشخصات سنگ شناسی این حوضه در جدول ۲ آمده است (کوهپیما، ۱۳۸۷).

نمونه برداری و آماده سازی نمونه ها

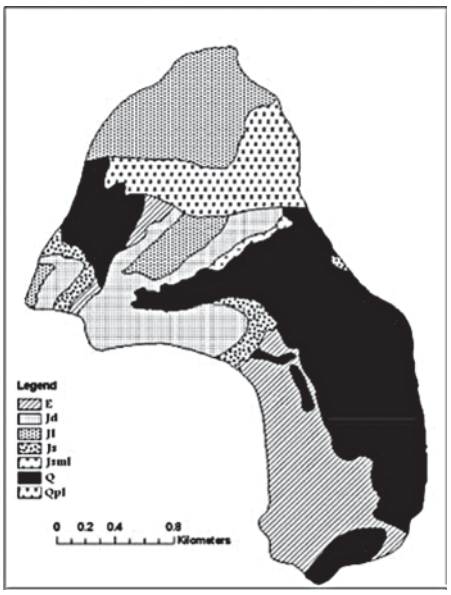
با بررسـی هـای صحرایـی منابع رسـوب را ترکیبی از سـطح مناطق با سـنگ شناسی مختلف و نیز منابع زیر سـطحی (دیواره خندق ها) (Russel

شکل ۱- موقعیت حوضه های مورد مطالعه

www.SID.ir
Archive of SID



شکل ۲ – نقشه سنگ شناسی حوضه رویان



شکل ۳ – نقشه سنگ شناسی حوضه ابراهیم آباد

جدول۱- پراکنش واحدهای سنگی سطحی در حوزه آبخیز ابراهیم آباد

دوران	دوره	نماد	سازند	توصیف سنگ شناسی	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)
سنوزوئیک	کواترنری	Q	کواترنر	آبرفت های جوان بستر رودخانه، تراس های آبرفتی حاشیه رودخانه، نهشته های آبرفتی قدیمی	۱۹۲/۷۶	۳۸/۱۲
	ترشیری	Qplc	هزاردره	کنگلومرا	۵۵/۶۶	۱۱
		E	کرج	توف وشیل، آذرین	۸۸/۲۷	۱۷/۴۵
مزوزوئیک	ژوراسیک	Jl	لار	سنگ آهک خاکستری ضخیم لایه وماسیو	۸۲/۴۷	۱۶/۳۱
		Jd	دلیچای	سنگ آهک سنگ آهک مارنی و مارن	۶۶/۰۸	۱۳/۰۶
		Js	شمشک	ماسه سنگ وشیل	۲۰/۴	۴/۰۳

جدول۲- پراکنش واحدهای سنگی سطحی در حوزه آبخیز رویان

دوران	دوره	نماد	سازند	توصیف سنگ شناسی	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)
سنوزوئیک	کواترنری	Q	کواترنر	آبرفت های جوان بستر رودخانه، نهشته های آبرفتی جدید، نهشته های آبرفتی قدیمی	۱۵۴/۵۸	۲۸/۴۹
	ترشیری	M۱	قرمزبالایی	کنگلومرای قرمزرنگ و ماسه سنگ آهکی	۴۷/۰۲	۸/۶۶
		Ev	کرج	توف وشیل، سنگ های آذرین	۲۳۳/۶۵	۴۳/۰۷
مزوزوئیک	ژوراسیک	Jl	لار	سنگ آهک خاکستری ضخیم لایه وتوده ای	۴۷/۷۲	۸/۷۹
		Js	شمشک	ماسه سنگ وشیل	۵۹/۴۸	۱۰/۹۶

پژوهش های آبخیزداری www.SID.ir

و همـکاران، ۲۰۰۱، Carter و همـکاران، ۲۰۰۳) در نظر گرفته شـد نمونه برداری از منابع سـطحی، از عمق ۲-۰ سـانتیمتری و از منابع زیر سطحی، از کناره های در حال فرسایش (Callins و Walling، ۲۰۰۴) به مقدار کافی (تقریبـاً دو کیلوگـرم) (Russel و همکاران، ۲۰۰۱) و به وسـیله یک بیلچه اسـتیل انجام شد. برای جلوگیری از مخلوط شدن نمونه ها، بیلچه استیل بعد از هر بار نمونه برداری تمیز می شـد. تعداد نمونه های برداشـت شـده از هر منبع بسـته به مسـاحت آن و امکان برقراری فرض های آماری مورد استفاده داشـته و جمعاً ۶۰ نمونه برداشت گردید. مخازن بندهای مورد بررسی نیز در اغلب اوقات سـال و بخصوص در فصول تابسـتان و اوایل پاییز خشک بوده لذا نمونه برداری از رسـوبات به راحتی انجام شـد. نمونه های رسوب نیز برای هر یک از بندها به تعداد ۱۰ نمونه برداشـت گردید. در این مطالعه تعیین سـهم منابـع فعلی رسـوب مد نظر بـود. از این رو نمونه ها از رسـوباتی که در چند سـال اخیر رسـوب کرده بودند، برداشت شـدند و عمق نمونه برداری حداکثر ۱۵ سـانتیمتر بود (Callins و Walling، ۲۰۰۴). تمامی نمونه های منابع رسوب در هوای آزاد خشک و سپس به روش خشک الک بندی گردید و ذرات زیـر ۶۳ میکرون جدا (Walling و همکاران، ۲۰۰۸) و برای آنالیز در مرحله بعد آماده شـدند. نمونه های رسـوب به علت کلوخه ای بودن به روش تر الک بندی شده و ذرات زیر ۶۳ میکرون جدا گردیده است، هرچند که تقریباً تمامی نمونه های رسـوب از ابتدا زیر ۶۳ میکرون بودند. برای جداسـازی کامل ذرات زیر ۶۳ میکرون آب رسـوبدار خارج شـده از الک ۶۳ میکرون را جمع آوری و سـانتریفیوز گردید. رسـوبات سانتریفیوز شده سـپس در آون و در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد خشک و برای آنالیز آماده شدند.

تعیین خصوصیات منشایاب و روش های اندازه گیری آن ها

انتخاب خصوصیات منشایاب اولیه بر اساس هدف تحقیق شامل رینجی از خصوصیات موثر و مسـتقل که سبب تشخیص هر چه بهتر منابع رسوب شود، به علاوه تجربیات قبلی در مورد قدرت تشخیص هریک از خصوصیات و امکانات آزمایشـگاهی بوده است. در نهایت به منظور افزایش دقت مطالعات ترکیبی از انواع خصوصیات (Callins و Walling، ۲۰۰۶) مورد اسـتفاده قرار گرفته اسـت. به این ترتیب ۱۵ خصوصیت انتخاب شده که شامل تعدادی از عناصر ژئوشـیمیایی، کاتیون های پایه، کانی های رسـی، عناصر عالی، و خصوصیات مغناطیسی بود. خصوصیات مغناطیسی با دستگاه مغناطیس سنج[1]، کانی های رسـی به روش دیفراکسیون اشـعه ایکس[2]، فسفر قابل جذب به روش Olsen (۱۹۶۵) و به طریق طیف سنجی UV/Visible، کربن آلی به روش والکلی و بلاک و نیتروژن کل به روش کجلدال اندازه گیری شدهاند. سایر خصوصیات به وسیله دستگاهICP- MS[3] اندازه گیری گردیده است.

تجزیه و تحلیل های آماری به منظور تفکیک منابع رسوب تعیین سهم هر منبع

توانایی خصوصیات منشـایاب مورد استفاده در بررسی تفکیک بین منابع رسوبات پشت مخازن سدها در حوضه های مورد بررسی با استفاده از یک روش آماری دو مرحله ای که به وسیله Callins و همکاران (۲۰۰۱) پیشنهاد شده است از لحاظ آماری مورد آنالیز قرار گرفت: ابتدا آزمون ناپارامتری کروسکال-والیـس به منظور بررسـی این که کدام یک از خصوصیات منشـایاب اختلاف معنـی داری بین انواع منابع را نشـان می دهد اسـتفاده شـد. این روش یک تابـع ناپارامتری آنالیز واریانس و یک آزمـون توزیع آزاد برای تمایز بین منابع رسوب مختلف اسـت (Callins و Walling، ۲۰۰۲). آزمون ناپارامتری به این دلیل استفاده گردید که مجموعه داده های خصوصیات منشایاب از توزیع نرمال پیروی نکرده و دارای واریانس های یکسانی نبودند (Callins، ۱۹۹۸). در مرحلـه بعد آنالیز تحلیل تشـخیص (DFA) (Nie و همـکاران، ۱۹۷۵) برای کاهش خصوصیات انتخابی اولیه به طوری که دارای حداقل همبسـتگی و حداکثر توان تفکیک باشـند به کار گرفته شـد. تحلیل تشـخیص عبارت از بدسـت آوردن ترکیبی خطی از متغیرهای مستقل (ردیاب ها) است که بتواند تعدادی از گروه های از پیش تعیین شـده (سازندهای زمین شناسی) را از هم تفکیک کند. تفکیک گروه ها با دادن وزن های مناسـب به هر یک از متغیرها براسـاس حداکثر کردن واریانس بین گروهی نسبت به واریانس درون گروهی انجام می شود (Hair و همکاران، ۱۹۹۸). ترکیب بهینه خصوصیات منشایاب بایـد طوری انتخاب شـود که علاوه بر داشـتن کمترین هـم خطی چندگانه، بیشـترین توان تفکیک منابع رسوب را داشته باشـند. برای بررسی هم خطی بین عناصر از ماتریس همبستگی و عامل تورم واریانس استفاده شد عامل تورم واریانس بیش از ۱۰ و ضرایب همبستگی بیشتر از ۹۵ درصد بیانگر هم خطی قوی بین عناصر اسـت. برای رفع مشـکل هم خطی بین خصوصیات منشایاب ترکیبهایی از عناصر را برای تحلیل تشـخیص طوری انتخاب شـده که دارای کمترین همخطی و حداکثر با عامل تورم واریانس برابر یا کوچکتر از ۱۰ باشند. همچنین در جدول ماتریس همبستگی عناصری که دو به دو دارای همبستگی بیش از ۹۵ درصد بودند مشـخص ویکی از این دو حذف گردیده اسـت. پس از رفع مشـکل همبسـتگی بین عناصر با اسـتفاده از آنالیز تابع تشخیص گام به گام ترکیب بهینه خصوصیات منشـایاب تعیین گردیده اسـت. در این روش برای رسـیدن به کوچکترین ترکیبی که بیشترین توان تفکیکی را داشته باشد (ترکیـب بهینه)، از عملیات حداقـل کردن آماره ویلکس لامـدا[5] بهره گرفته می شـود. بالا بـودن مربع فاصله ماهالانوبیس[6] (نماد اختـلاف میان گروه ها) بیانگر تفکیک خوب گروه هاست.

تعیین سهم منابع رسوب بر اساس مدل های چند متغیره ترکیبی

مدل چند متغیره ترکیبی مشابه آنچه Walling و همکاران (۱۹۹۹b) به کار بردند به منظور برآورد اهمیت نسبی منابع بالقوه رسوب استفاده شده است (معادله ۱). این مدل فرض می کند که غلظت خصوصیات منشایاب انتخابی در هر نمونه رسوب بستگی به مقادیر این خصوصیات در خاک منابع رسوب و سهم نسبی هر یک از آن ها در نمونه رسوب مورد نظر دارد. منابع بالقوه تولید رسوب در مدل های چند متغیره ترکیبی به وسـیله میانگین غلظت های خصوصیات منشایاب در نمونه های جمع آوری شده از منابع بخصوص مشخص می شوند.

$$R_s = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{C_{ssi} - \left(\sum_{s=1}^{m} c_s \cdot p_s \right)}{C_{ssi}} \right)^2 \qquad (1)$$

در ایـن رابطه Cssi: میزان خصوصیت منشـایاب i در رسـوبات داخل مخزن، Csi: مقدار همان خصوصیت در منابع رسوب Ps ،s: سهم هر یک از منابع s در تولید رسـوب، s: نام واحد همگن، n: تعداد خصوصیات منشایاب

Archive of SID

و Res: حداقل مجموع مربعات باقیمانده می باشد. چون معادله ارائه شده به علت تنوع خصوصیات منشایاب و منابع تولید رسوب دارای مجهولات زیادی بوده و راه حل های متنوعی می تواند داشته باشد از اینرو برای بدست آوردن نتایج بهینه در تعیین سهم منابع رسوب و به جای حل مستقیم از روش های بهینه سازی استفاده شد (Callins و همکاران، ۲۰۰۱). در این مطالعه روش بهینه سازی برنامه ریزی خطی (Callins و Walling، ۲۰۰۶) برای حداقل کردن تابع هدف (معادله۱) بکار گرفته شد. برای ارزیابی نتایج مدل چند متغیره ترکیبی از معیارهای خطای نسبی و ضریب کارایی مدل (Nash و Sutcilfe، ۱۹۷۰) استفاده شد.

نتایج

خصوصیات منشایاب انتخابی اولیه در جدول ۳ آمده است. این جدول نتایج آزمون کروسکال-والیس به منظور تعیین خصوصیت منشایابی که قادرند منابع رسوب را به خوبی تفکیک کنند نشان می دهد. سطح معنی داری آماره P برای انتخاب یا حذف متغیر ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است یعنی خصوصیاتی که دارای آماره P کوچکتر از ۰/۰۵ بوده در سطح پنج درصد معنی دار بوده و توانسته اند منابع رسوب را به خوبی تفکیک کنند. با توجه به جدول مذکور در حوزه آبخیز رویان تمامی خصوصیات منشایاب و در حوزه آبخیز ابراهیم آباد به جز Cr تمامی خصوصیات منشایاب اولیه در سطح پنج در صد معنی دار بوده که بیانگر قدرت تفکیک و جداسازی این خصوصیات می باشد. مقادیر آماره H در جدول مذکور علاوه بر نشان دادن اختلاف معنی داری منابع مختلف، بیان گر توان جداسازی هر یک از خصوصیات منشایاب بوده و مقادیر بالای این آماره بیانگر توان بالای آن خصوصیت در جداسازی منابع رسوب می باشد. همان گونه که ملاحظه می شود منیزیم، فسفر و کبالت خصوصیاتی هستند که در هر دو حوضه بالاترین میزان تفکیک را داشته اند و مقادیر آماره H به ترتیب برای این عناصر در حوزه آبخیز ابراهیم آباد برابر با ۳۶/۳۹، ۳۳/۸۵ و ۳۳/۳۲ و در حوزه آبخیز رویان برابر ۳۶/۸۶، ۳۵/۱ و ۳۴/۵ می باشد. کبالت در حوضه ابراهیم آباد با ۹/۷ و در حوضه رویان با ۱۲/۲۴ کمترین قدرت تفکیک را داشته است. گام های مختلف ورود هر یک از خصوصیات و تاثیر آن ها بر جداسازی منابع رسوب در جداول ۴ و ۵ و نتایج حاصل از آنالیز تابع تشخیص به منظور بررسی قدرت تشخیص ترکیب بهینه خصوصیات منشایاب در شکل ۴ نشان داده شده است. این اسکاتر پلات ها که با رسم تابع یک و دو و به وسیله DFA ترسیم می شوند، هم پوشانی احتمالی منابع مختلف را به خوبی نشان می دهد. بر اساس اشکال یاد شده منابع رسوب به خوبی از یکدیگر تفکیک شده و تنها در حوزه آبخیز ابراهیم آباد سازندهای هزار دره و کرج و درحوزه آبخیز رویان سازند قرمز بالایی و قم اندکی هم پوشانی دارند با وجود این همان گونه که قبلا بیان شد اختلاف آن ها در سطح پنج درصد معنی دار شده است. جدول ۶ سهم و اهمیت نسبی منابع تولید رسوب را در حوزه آبخیز ابراهیم آباد نشان می دهد. برای تعیین اهمیت نسبی هر یک از منابع در جدول یاد شده سهم کل (ستون دوم) بر مساحت تحت پوشش آن (ستون سوم) تقسیم شده است. خطای نسبی مدل چند متغیره مورد استفاده برای برآورد سهم منابع رسوب برای هر یک از نمونه های رسوب از۲/۳ تا ۲۱/۳۸ متغیر بوده و میانگین خطای نسبی برای تمام نمونه ها حدود ۱۱ به دست آمده است. متوسط ضریب کارایی مدل حدود ۰/۹۹ است. خطای نسبی کم و ضریب کارایی بالای مدل بیانگر صحت و کارایی مناسب آن است. سهم هر یک از منابع تولید رسوب حوزه آبخیز ابراهیم آباد در جدول ۷ مشاهده می شود. خطای نسبی مدل چند متغیره مورد استفاده برای برآورد سهم منابع رسوب برای هر یک از نمونههای رسوب از۲/۲ تا ۱۱/۳۴ متغیر بوده و میانگین خطای نسبی برای تمام نمونه ها حدود هفت به دست آمده است. متوسط ضریب کارایی مدل حدود ۰/۹۹ است. خطای نسبی کم و ضریب کارایی بالای مدل بیانگر صحت و کارایی مناسب آن است.

بحث

با توجه به جدول ۳ تمام خصوصیات منشایاب مورد استفاده به جز کروم در حوضه ابراهیم آباد توانسته اند منابع رسوب را به خوبی تفکیک کنند و بنابراین خصوصیات منشایاب مناسبی برای تفکیک منابع رسوب در این مناطق می باشند. مطالعات انجام شده به وسیله محققین مختلف نشان داده است که استفاده از منشایاب هایی مانند کانی های رسی (خدامی، ۱۳۸۴)، عناصر ژئوشیمیایی (حکیم خانی، ۱۳۸۶)، پارامترهای مغناطیسی XLF و XFD (Russel) و همکاران، ۲۰۰۱؛ Walling و همکاران،b ۱۹۹۹؛ معظمی، ۱۳۸۷) نتایج موفقیت آمیزی داشته است. با وجود اینکه متغیری مانند منیزیم به صورت انفرادی توان بالایی در تفکیک منابع رسوب داشته ولی این خصوصیات در حوضه رویان در ترکیب بهینه دیده نمی شود. علت این مسئله وجود هم خطی و همبستگی زیاد بین منشایاب ذکر شده و سایر منشایاب های ورودی به مدل است. در واقع با ورود ردیاب هایی که همبستگی زیادی با این ردیاب دارند، اهمیت خود را از دست میدهند. در مورد عناصری که دارای همبستگی زیادی می باشند روش های گام به گام ممکن است نتایج قابل اعتمادی بدست ندهد و بهتر است از روش های دیگر تحلیل تشخیص که متغیرها را به طور همزمان وارد می کند استفاده شود. حکیم خانی (۱۳۸۶) بیان می کند که روش های گام به گام در مواقعی که هم خطی چند گانه در متغیرها وجود دارد عملکرد خوبی ندارد. بنابراین باید در هنگام استفاده از روش های گام به گام در تحلیل تشخیص به این مسئله توجه شود که ممکن است متغیرهایی که در مدل وارد نشده اند بی اثر و زائد نباشند و تعدادی از آن ها توان زیادی در تفکیک گروه ها داشته باشند. جدول ۴ مراحل مختلف اضافه شدن خصوصیات منشایاب در توابع تشخیص به روش گام به گام و تاثیر آن ها بر توان جداسازی منابع رسوب برای حوزه آبخیز ابراهیم آباد را نشان می دهد. با توجه به جدول یاد شده ملاحظه می شود که با اضافه شدن هر خصوصیت منشایاب مقدار مربع فاصله ماهالانوبیس افزایش، Wilks'lambda کاهش و درصد تجمعی طبقه بندی درست نمونه ها افزایش یافته و سطح معنیداری بهتر شده است و در نتیجه توان جداسازی تحلیل و میزان تفکیک بین گروه ها افزایش یافته است.[۷] کانی رسی ایلایت[۸] اولین و کربن آلی آخرین متغیرهای ورودی هستند. در گام اول و با ورود کانی رسی ایلایت مربع فاصله ماهالونوبیس برابر ۰/۱۷، Wilks'lambda برابر۰/۱۰۴ و درصد تجمعی طبقه بندی درست نمونه ها ۵۹/۳ بوده ولی با ورود متغیرهای بعدی این پارامترها به ترتیب افزایش، کاهش و افزایش یافته است به طوری که در گام پایانی و با ورود متغیر کربن آلی مربع فاصله ماهالونوبیس تا ۳/۷۴ افزایش، Wiliks'lambala

Archive of SID

جدول ۳- نتایج آزمون کراسکال-والیس به منظور تعیین خصوصیت منشایاب مناسب برای تفکیک منابع رسوب

خصوصیت منشایاب	ابراهیم آباد		رویان	
	P آماره	H آماره	P آماره	H آماره
N	۰/۰۱	۱۶/۱۵	۰/۰۰	۲۰/۱۸
Ph	۰/۰۰	۳۳/۸۵	۰/۰۰	۳۵/۱
OC	۰/۰۰	۳۳/۳۲	۰/۰۰	۳۴/۵
Ca	۰/۰۰	۱۶/۹۳	۰/۰۰	۱۷/۱
Cr	۰/۰۸	۹/۷	۰/۰۳	۱۲/۲۴
Co	۰/۰۲	۱۳/۷۹	۰/۰۰	۱۶/۷۷
Mg	۰/۰۰	۳۶/۳۹	۰/۰۰	۳۶/۸۶
K	۰/۰۱	۱۵/۷۸	۰/۰۱	۱۵/۸
Na	۰/۰۰	۱۷/۰۹	۰/۰۰	۱۹/۱۹
Smektite	۰/۰۰	۲۲/۳۵	۰/۰۰	۲۲/۷۲
Cholorite	۰/۰۰	۲۲/۵۶	۰/۰۰	۲۳/۸۱
Ilite	۰/۰۰	۲۳/۲۴	۰/۰۰	۲۲/۲۴
Kaolinite	۰/۰۱	۱۴/۲۲	۰/۰۱	۱۵/۰۷
XLF	۰/۰۰	۱۶/۸۴	۰/۰۰	۱۶/۷۷
XFD	۰/۰۰	۳۱/۲۱	۰/۰۰	۳۳/۰۵

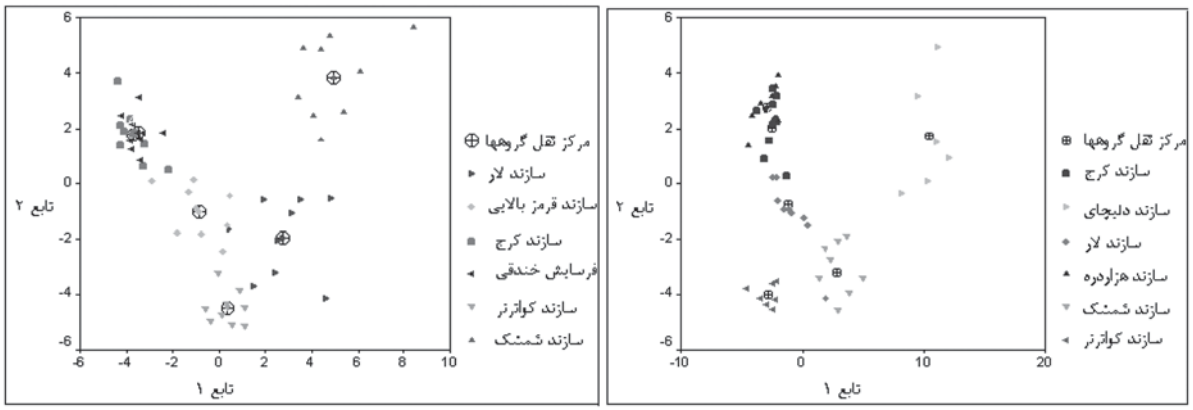
جدول ۴- گام های مختلف ورود ردیاب ها به مدل و تاثیر آن ها بر جداسازی منابع رسوب حوزه آبخیز ابراهیم آباد

گام	خصوصیت منشایاب وارد شده	حداقل مربع فاصله ماهالانوبیس	Wilks' Lambda	درصد تجمعی طبقه بندی درست نمونه ها
۱	Ilite	۰/۱۷	۰/۱۰۴	۵۹/۳
۲	Mg	۱/۹۴۲	۰/۰۲۱	۸۸/۵
۳	Oc	۳/۷۴	۰/۰۰۱	۹۵/۸

جدول ۵- گام های مختلف ورود ردیاب ها به مدل و تاثیر آن ها بر جداسازی منابع رسوب حوزه آبخیز رویان

گام	خصوصیت منشایاب وارد شده	حداقل مربع فاصله ماهالانوبیس	Wilks' Lambda	درصد تجمعی طبقه بندی درست نمونه ها
۱	Cholorite	۰/۰۳۵	۰/۰۹۷	۵۷/۱
۲	XFD	۲/۴۵	۰/۰۴۹	۷۵
۳	N	۴/۰۷۱	۰/۰۲۴	۸۲/۱
	Oc	۶/۵۸	۰/۰۰۴	۹۲/۹

www.SID.ir



الف) حوزه آبخیز ابراهیم آباد

ب) حوزه آبخیز رویان

الف) حوزه آبخیز ابراهیم آباد ب) حوزه آبخیز رویان

شکل ۴ - اسکاتر پلات های به دست آمده از توابع ۱ و ۲ به منظور بررسی قدرت تفکیک ترکیب بهینه خصوصیات منشایاب

جدول ۶- سهم و اهمیت نسبی هر یک از منابع در تولید رسوب حوضه ابراهیم آباد

منابع تولید رسوب	سهم کل (درصد)	مساحت (ha)	اهمیت نسبی
رسوبات کواترنر	۷۰/۸	۱۹۲/۷۶	۰/۳
سازند هزار دره	۸/۶۷	۵۵/۶۶	۰/۱۶
سازند کرج	۱۱/۵۶	۸۸/۲۷	۰/۱۳
سازند لار	۵/۷۸	۸۲/۴۷	۰/۰۷
سازند دلیچای	۱۱/۵۶	۶۶/۰۸	۰/۱۸
سازند شمشک	۴/۶۲	۲۰/۴	۰/۲۳

جدول ۷- سهم و اهمیت نسبی هر یک از منابع در تولید رسوب حوضه رویان

منابع تولید رسوب	سهم کل (درصد)	مساحت (ha)	اهمیت نسبی
رسوبات کواترنر	۳۰/۹۲	۱۵۴/۵۸	۰/۲
سازند قرمز بالایی(m1)	۲/۳۵	۴۷/۰۲	۰/۰۵
سازند کرج	۳۲/۸۶	۲۳۳/۶۵	۰/۱۴
سازند لار	۱/۴۱	۴۷/۷۲	۰/۰۳
سازند شمشک	۴/۶۹	۵۹/۴۸	۰/۰۸
فرسایش خندقی	۲۶/۷۷	۱۴۸/۷۲	۰/۱۸

تـا ۰/۰۰۱ کاهش و درصد تجمعی طبقه بندی درسـت نمونه ها به ۹۵/۸ درصد رسـیده است. در این ترکیب ایلایت به عنوان اولین متغیر ورودی با ۶۶/۷ درصد بیشترین طبقه بندی صحیح را به خود اختصاص داده است. در نتیجه ترکیب مناسـبی از خصوصیات منشایاب که قادر به جداسازی منابع رسـوب باشند متشکل از سـه خصوصیت ایلایت، منیزیم و کربن آلی بوده که توانسته ۹۵/۸ درصد منابع رسوب را تفکیک کند. مراحل مختلف اضافه شـدن خصوصیات منشـایاب و تاثیر آن ها بر توان جداسازی منابع رسوب برای حوزه آبخیز رویان در جدول ۵ مشـاهده می شود. کانی رسی کلریت[9] اولین و کربن آلی آخرین متغیرهای ورودی هسـتند. رس کلریت بیشترین درصد طبقه بندی صحیح (۴۸/۹ درصد) را نشـان داده است. ترکیب بهینه

شـامل چهار پارامتـر کلریت، X_{FD}، نیتروژن و کربن آلی بوده که توانسـته ۹۲/۹ درصد منابع رسـوب را تفکیک کند. همان گونه که مشاهده می شود در هر دو حوضه هیچ یک از خصوصیات منشایاب به تنهایی نتوانسته بیش از ۶۰ درصـد منابع را تفکیـک کند ولی با اضافه شـدن متغیرهای بعدی این مقادیر به بیش از ۹۵ درصد رسـیده اسـت بنابراین استفاده از ترکیبی از خصوصیات منشـایاب به جای اسـتفاده از یک خصوصیت میزان تفکیک بیـن گروه ها را به طور قابل ملاحظه ای افزایش داده اسـت. این نتیجه با مطالعات Owans و همکاران (۲۰۰۰) و Callins و Walling، (۲۰۰۱) مطابقت نشـان می دهد. نتایج نشـان می دهد در حوزه آبخیز ابراهیم آباد سازندهای کواترنر، شمشک، دلیچای، هزاردره، کرج و لار و در حوزه آبخیز رویان رسوبات کواترنر، فرسایش خندقی، و سازندهای کرج، شمشک، قرمز بالایی (M1) و لار به ترتیب دارای بیشترین اهمیت نسبی در تولید رسوب می باشند. بنابراین مشاهده می شود که رسوبات کواترنری در هر دو حوضه دارای بالاترین اهمیت نسـبی در تولید رسـوب می باشد. رسوبات کواترنر متشـکل از انواع نهشـته های آبرفتی منفصل و فرسـایش پذیر به صورت نوارهای باریکی در اطراف ابراهه ها گسـترش یافته و رسـوبات را مستقیما وارد شـبکه آبراهه ای کرده و این رسـوبات کمتر در پسـتی و بلندی های حوضـه به تلـه می افتند بنابراین سـهم غالب در تولید رسـوب را به خود اختصاص داده اند. علاوه بر این در حوزه آبخیز ابراهیم آباد رسوبات کواترنر بخش های وسـیعی از این حوضه را در بر گرفته ، بیشـتر آبراهه ها در این حوضه بر روی این رسوبات جریان داشته و این نهشته های با استحکام کم را به راحتی فرسـایش می دهند.در نهایت نتیجه گیری می شـود که روش منشایابی قادر به تعیین و تفکیک مناسب سهم منابع رسوب در حوضه های مورد بررسی بوده است. خطای نسبی کم، ضریب کارایی بالا و مطابقت زیاد با مشـاهدات صحرایی بیانگر این مدعاست. سـرعت زیاد و اقتصادی بودن از مهمتریـن مزایای روش یاد شـده بوده و در ایـن روش تنها نیاز به جمع آوری و تجزیـه و تحلیل نمونه های رسـوب و خاک منابع مختلف به جای پایش درازمدت و گرانقیمت فرسایش و حمل رسوب دارد. برای دست یابی به سـهم منابع یاد شده در تولید رسوب از روش های دیگر، نیاز به سال ها اندازه گیری و جمع آوری داده با هزینه زیاد می باشـد. ضمن آنکه ممکن است ارتباط فرسایش بالادست با فرآیندهای رسوبگذاری و حمل رسوب نیز برقرار نشود. به همین دلیل این روش در سال های اخیر به وسیله محققین مختلف خارجی از جمله Walling (۲۰۰۵، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۸) و Callins (۲۰۰۴ و ۲۰۰۶) در حوضـه هـای محتلف ارزیابی شـده و به عنوان روش مناسب برای جایگزینی روش های سنتی معرفی شده است.

پاورقی ها

1 - Magnetic Susceptibility meter 2- Difractometer

3- Inductivity Coupled Plasma- Mass Spectrometry

4- Discrimination Function Analysis

5- Wilks' Lambda 6- Mahalonobis

۷- مربع فاصله ماهالانديس و Wilk's lambda معیارهایی هستند که برای بررسـی معنی داری توابع تشخیص به کار می روند مربع فاصله ماهالانديس بیانگر فاصله مرکز نقش گروها اسـت که هر چه مقدار آن بیشـتر باشد نشان می دهد گروه ها بهتر تفکیک شـده اند Wilk's lambda معیاری از نسبت اختلاف های درون گروهی به بین گروهی است و هر چه مقدار آن کمتر باشد نشان دهنده ی تفکیک بهتر گروه ها است.

8- illite 9- Cholorit

منابع مورد استفاده

۱- حکیم خانی، ش. احمدی، ح. غیومیان، ج. فیض نیا، س. و بی همتا، م ر. (۱۳۸۶) تعیین ترکیب مناسـبی از عناصر ژئوشـیمیایی در برای جداسازی واحدهای سنگ شناسی حوضه پخش سیلاب پلدشت، مجله منابع طبیعی، شماره ۳، ۶۹۳-۷۱۱.

۲- خدامی، م، (۱۳۸۴) محاسـبه رسـوبدهی با اسـتفاده از کانی های رسی و به کارگیری روش های مرکب چند متغیره خطی در حوزه آبخیز لاتشور، شمال شرق پاکدشت ورامین، گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۸۵ صفحه.

۳- کوهپیما،ا. (۱۳۸۷) بررسـی رسوبات پشت سازه های آبخیزداری و رابطه آن با خصوصیات حوزه های آبخیز بالادست، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۴۶ صفحه

۴- کوهپیمـا، ا. فیض نیا، س. احمدی، ح. و هاشـمی، س. ع. ا. (۱۳۹۰) بررسـی کارایی خصوصیات مغناطیسـی خاک در تفکیک منابع تولید رسوب، مجله فیزیک زمین و فضا، جلد ۳۷، شماره ۱، در دست چاپ.

۵- معظمی، م. (۱۳۸۷) منشـا یابی رسـوبات آبی ریزدانه با کاربرد روش انگشـت نگاری رسـوب، پایان نامه کارشناسـی ارشد آبخیزداری، دانشـکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۵۸ صفحه.

6- Bottrill, L. J., Walling, D. E., and Leeks, G. J. L. (2000) *Using resent overbank deposits to investigate contemporary sediment sources in larger river basins.* In: Foster, I. D. L. (Ed.), Tracers in geomorphology, Wiley, Chichester, 369-387.

7- Carter, J., Owens, P. N., Walling, D. E., and Leeks, G. J. L., (2003) Fingerprinting suspended sediment sources in a large urban river system. *The Science of the Total Environment* 314–316: 513-534.

8- Collins, A. L., Walling, D. E., and Leeks, G. J. L., (1998) Use of composite fingerprintings to determine the provenance of the contemporary suspended sediment load transported by rivers. *Earth Surface processes and Landforms* 23: 31-52.

9- Collins, A. L., Walling, D. E., Sichingabula, H. M., and Leeks, G. J. L., (2001) Suspended sediment source fingerprinting in a small tropical catchment & some management implications. *Applied Geography* 21: 387-412.

10- Collins, A. L., and Walling, D. E., (2002) Selecting fingerprinting properties for discriminating potential suspended sediment sources in river basins. *Journal of Hydrology* 261: 218-244.

11- Collins, A. L., & Walling, D. E., (2004) Documenting cachment suspended sediment sources: problems, approaches and prospects. *Progress in Physical Geography* 28: 159-196.

12- Collins, A. L., & Walling, D. E., (2006) *Sources of fine sediment recovered from the channel bed of lowland groundwater-fed catchments in the UK*. Geomorphology 88: 120-138.

Archive of SID

two small catchments of Iran. *Journal of Hydrology and Earth System Sciences* 7: 6677–6698.

25- Krause, A. K., Franks, S. W., Kalma, J. D., Rowan, J. S., & Loughran, R. J., (2003) Multi-parameter fingerprinting of sediment deposition in a small gullied catchment in SE Australia. *Catena* 53: 327-348.

26- Krein, A., Petticrewand, 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.

27- Nash, J. E., & Sutcliffe, J. E., (1970) River flow forecasting through conceptual models. *Journal of Hydrology* 10: 282-290.

28- Nie, N.H., Hull, C.H., Jenkins, J.G., Steinbrenner, K., & Bent, D.H., (1975) *Statistical package for the Social Science*. 2nd ed. McGraw-Hill, New York.

29- Olsen, S.R., Dean, L.A., (1965) *Phosphorus*. In:Black, C.A. (Ed.). Methods of soil chemical analysis part 2. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 1035-1049.

30- Owens, P. N., Blake, W. H., and Petticrew, E. L., (2006) Changes in sediment sources following wildfire in mountainous terrain: a paired-catchment approach, British Columbia, Canada. *Water, Air, and Soil Pollution* 6: 637-645.

31- Owens, P. N., Walling, D. E., & Leeks, G. J. L., (2000) *Tracing fluvial suspended sediment sources in the catchment of the River Tweed, Scotland, using composite fingerprinting and a numerical mixing model*. In: Foster, I. D. L. (Ed.), Tracers in geomorphology, Wiley, Chichester, 291-308.

32- Pittarn, N. J., Mighall, T. M., and Foster, I. D. L., (2006) The effect of sediment source changes on pollen recordes in lake sediments. *Water, Air, and Soil Pollution* 6: 677-683.

33- Russell, M. A., walling, D. E., & Hodgkinson, R. A., (2001) Suspended sediment sources in two small lowland agriculter catchments in the UK. *Journal of hydrology* 252: 1-24.

34- Walling, D. E., (2005) Tracing suspended sediment sources in catchments and river systems. *Science of the Total Environment* 344: 159-184.

35- Walling, D. E., Collins, A. L., Jones, P. A., and Leeks, G. J. L., and Old, G., (2006) Establishing fine-grained sediment budgets for the Pang and Lambourn LOCAR catchments, UK. *Journal of Hydrology* 330: 126-141.

36- Walling, D. E., Collins, A. L., & Stroud, R. W., (2008) Tracing suspended sediment and particular phosphorus in catchments, *Journal of Hydrology,* V. 350, P. 274-289.

37- Walling, D. E., Owens, P. N., & Leeks, G. J. L., (1999b) Fingerprinting suspended sediment sources in the catchment of the river Ouse, Yorkshire, UK. *Hydrol. Process*. 13: 955-975.

13- Evans, D. J., Gibson, C. E., and Rossell, R. S., (2006)Sediment loads and sources in heavily modified Irish catchments: A move towards informed management strategies. *Geomorphology* 79: 93-113.

14- Foster, I. D. L., Boardman, J., and Keay-Bright, J., (2007) Sediment tracing and environmental history for two small catchments, Karoo Uplands, South Africa. *Geomorphology*: In press.

15- Foster, I. D. L., and Lees, J. A., (2000) *Tracers in geomorphology.* In: Foster, I. D. L. (Ed.), Tracers in geomorphology, Wiley, Chichester, 3-20.

16- Foster, I. D. L., Lees, J. A., Jones, A. R., Chapman, A. S., & Turner, S. E., (2002) *The possible role of agricultural land drains in sediment delivery to a small reservoir, Worcestershire,* UK: a multiparameter fingerprint study. In: Hodgkinson, R., (Ed.), The Structure, Function and Management Implications of Fluvial Sedimentary Systems, IAHS Publ. No. 276: 433-442.

17- Gruszowski, K. E., Foster, I. D. L., Lees, J. A., and Charlesworth, S. M., (2003) Sediment sources and transport pathways in a rural catchment, Herefordshire, UK. *Hydrol. Process.* 17: 2665–2681.

18- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., and Black, W. C., (1998) *Multivariate Data Analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

19- Hardy, I. A. J., Carter, A. D., Leeds-Harrison, P. B., Foster, I. D. L., and Sanders, R. M., (2000) *The origin of sediment in field drainage water*. In: Foster, I. D. L. (Ed.), Tracers in geomorphology, Wiley, Chichester, 241-259.

20- Hillier, S., (2001) Particulate composition and origin of suspended sediment in the R. Don, Aberdeenshire, UK. *The Science of The Total Environment* 265: 281-293.

21- Kelly, D. W., Brachfeld, S.A., Nater, E. A., and Wright Jr, H. E., (2006) Sources of sediment in Lake Pepin on the Upper Mississippi River in response to Holocene climatic changes. *Journal of Paleolimnology* 35: 193-206.

22- Kimoto, A., Nearing, M. A., Shipitalo, M. J., and Polyakov, V. O., (2006) Multi-year tracking of sediment sources in a small agricultural watershed using rare earth elements. *Earth Surface Processes and Landforms* 31: 1763-1774.

23- Kouhpeima, A., Hashemi, S. A. A., Feiznia, S., And Ahmadi, H., (2010a) Using sediment deposited in small reservoirs to quantify sediment yield in two small catchments of Iran. *Canadian Journal of Sustainable Development* 3: 133-139.

24- Kouhpeima, A., Feiznia, S., Ahmadi, H., Hashemi, S. A. A. and Zareiee, A. R., (2010b) Application of quantitative composite fingerprinting technique to identify the main sediment sources in

Archive of SID