

بررسی کارایی خصوصیات مغناطیسی خاک در تفکیک منابع تولید رسوب

اصغر کوهپایما^۱، سادات فیض‌نیا^۲، حسن احمدی^۳ و محمد معظمی^{۴*}

^۱ کارشناس ارشد آبخیزداری، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ایران

^۲ استاد، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ایران

^۳ استاد، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ایران

^۴ دانشجوی دکتری آبخیزداری، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ایران

(دریافت: ۸۸/۵/۵، پذیرش نهایی: ۸۸/۱۲/۱۸)

چکیده

پارامترهای مغناطیسی متفاوتی وجود دارند که شاخص انواع خصوصیات مغناطیسی‌اند و برای تشخیص نوع کانی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند به طوری که با استفاده از این پارامترها می‌توان نوع و محل یک کانی را ردیابی کرد. در این تحقیق از دو پارامتر قابلیت مغناطیسی بسامد کم (X_{LF}) و قابلیت مغناطیسی وابسته به بسامد (X_{FD}) که کارایی آنها در تحقیقات قبلی تأیید شده است برای ردیابی و تفکیک منابع رسوب استفاده شد. مناطق مورد بررسی حوزه‌های آبخیز عمروان، عطاری، ابراهیم‌آباد، علی‌آباد و رویان واقع در استان سمنان ایران اند. با بررسی‌های صحرایی سطح مناطق با سنگ‌شناسی متفاوت و نیز منابع زیرسطحی (دیواره خندق‌ها) درحکم منابع رسوب تشخیص داده شد و نمونه برداری از آنها صورت گرفت. نمونه‌های خاک برداشت شده به آزمایشگاه منتقل و در هوای آزاد خشک شد. سپس نسبت به الک کردن نمونه‌ها و جدا کردن بخش زیر ۶۳ میکرون (بخش ریزدانه) اقدام شد و این بخش برای اندازه‌گیری ردیاب‌های انتخابی با دستگاه مغناطیس‌سنج مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله بعد توانایی خصوصیات مغناطیسی پیش‌گفته در حوضه‌های مورد بررسی با استفاده از آزمون‌های کراس‌کال-والیس و تابع تشخیص (DFA) از لحاظ آماری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج روشن ساخت که میزان تفکیک منابع رسوب با پارامتر X_{LF} از ۳۹/۹ درصد درحوزه آبخیز ابراهیم‌آباد تا ۵۲/۵ درصد در حوزه آبخیز علی‌آباد تغییر کرده است؛ در صورتی که میزان تفکیک منابع رسوب با X_{FD} از ۴۳/۳ درصد (حوزه آبخیز ابراهیم‌آباد) تا ۵۷/۵ درصد (حوزه آبخیز علی‌آباد) متغیر بوده است. نتایج همچنین نشان می‌دهد که استفاده از ترکیبی از خصوصیات منشأیاب، میزان تفکیک منابع رسوب را به میزان قابل‌توجهی نسبت به هریک از خصوصیات فردی بالا برده است.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات مغناطیسی، ردیابی رسوب، آزمون تابع تشخیص، سمنان

Investigation of Soil Magnetic Characteristics Efficiency for Sediment Sources Differentiation

Kouhpeima, A.¹, Feiznia, S.², Ahmadi, H.³ and Moazzami, M.⁴

¹M.Sc. in Watershed Management, Department of Reclamation of Arid & Mountainous zones, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran

²Professor, Department of Reclamation of Arid & Mountainous zones, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran

³Professor, Department of Reclamation of Arid & Mountainous zones, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran

⁴Ph.D. Student in Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran

(Received: 27 July 2009, Accepted: 9 March 2010)

Abstract

Designing effective strategies for sediment management and control is closely related to identification of sediment sources in a drainage basin. One of the methods for investigating sediment sources is using magnetic tracers for erosion and sediment yield studies. Sediment source identification using magnetic characteristics is a simple, inexpensive, quick and non-destructive method having applicability in different

environments. One of the parameters which is used in most sediment tracing studies is susceptibility magnetization parameter which is measured in low frequency (XLf) and high frequency (XHf). Another magnetic parameter which is used in sediment tracing is frequency depended susceptibility magnetization (xFD). The objective of this study is investigating the applicability of magnetic characteristics of soil and sediment samples as tracers in identification and differentiation of sediment sources in five small drainage basins in Semnan Province: Amrovan, Atari, Ebrahim-Abad, Ali-Abad and Royan. Land use of all drainage basins is rangeland as they have cool, semi-arid climate and variable lithological units.

By field work, different lithological units (as surface sources units) and gully walls (as sub-surface sources) were identified as sediment sources. Sampling of surface sources was performed from 0-2 centimeter depth and sampling of sub-surface sources was performed on gully walls. Sediments deposited behind dam reservoirs of the basin outlet were also sampled. The total of 250 samples was collected. The samples were air-dried sieved and particles less than 63 microns were separated for further analysis.

In this study, two parameters of XLf and XFD which are easily measured using a magnetic susceptibility meter were used as sediment tracers. These parameters were measured using the BartingtonMS2 susceptibility meter of the Geophysics Institute of University of Tehran.

The potential of magnetic parameters as sediment sources in the studied drainage basin was determined using the Kruskal-Wallis and Discrimination Function Analysis (DFA) statistical tests. Using Kruskal-Wallis test, the amount of P for all characteristics was lower than the critical value and therefore they were entered in DFA Analysis. The percentages of the samples which were correctly classified by DFA Analysis were between 39.9% to 57.5% in different drainage basins. The highest percentage using combined XLf and XFD parameters was 65 % in Ali-Abad drainage basin and the lowest percentage was 48% in Amrovan drainage basin. No single characteristics could differentiate sediment sources completely in different drainage basins. XLf had lower differentiation potential relative to XFD in all drainage basins for example the differentiation potential of XLf varies from 39.9% in Ebrahim-Abad to 52.5% in Ali-Abad drainage basin. Whereas the differentiation potential of XFD is from 43.3% (in Ebrahim Abad drainage basin) to 57.5% (in Ali-Abad drainage basin). The results show that using composite tracers will increase the differentiation potential relative to using single tracers.

Key words: Magnetic parameters, Sediment tracing, Discrimination function analysis, Semnan

۱ مقدمه

لازمه اجرای این برنامه‌ها و سیاست‌ها، کسب اطلاعات از اهمیت نسبی منابع رسوب و سهم آنها در تولید رسوب و در نتیجه شناسایی مناطق بحرانی در داخل آبخیز است (کالینز و والینگ، ۲۰۰۴). یکی از فنون بررسی منابع رسوب، استفاده از ردیاب‌های مغناطیسی در تحقیق فرسایش و رسوب است. منشأیابی با استفاده از

امروزه در تحقیقات زمین‌ریخت‌شناسی (ژئومرفولوژی) تفسیر فرسایش خاک انتقال و تحویل رسوب نیازمند درک و کشف منابع تولید رسوب و مسیرهای انتقال رسوبات در حوضه است. طراحی سیاست‌های مؤثر مدیریت و کنترل رسوب نیز به طور تنگاتنگی با شناخت منابع اصلی تولید رسوب در یک حوضه ارتباط دارند.

وابسته به بسامد (frequency dependent susceptibility magnetisation) (X_{FD}) است. این پارامتر با کانی‌های فرومغناطیس ثانویه که در اثر پدیده بهبود خاصیت مغناطیسی (magnetic enhancement) بوجود می‌آیند، کنترل می‌شود (کارتوس، ۲۰۰۶). رسوباتی که در آنها کانی‌های ثانویه مغناطیسی غالب هستند مقادیر زیاد X_{FD} را نشان می‌دهند و به احتمال زیاد برای ردیابی موفقیت آمیز خاک‌های سطحی موثرند (دایرینگ، ۲۰۰۰). البته در یک مخلوط رسوب ناشی از منابع متفاوت تولید رسوب، اندازه‌گیری یک پارامتر مغناطیسی به تنهایی نمی‌تواند این منابع را از هم تفکیک کند و بنابراین استفاده از ترکیبی از پارامترها برای تفکیک بهتر منابع رسوب، ضروری به نظر می‌رسد. ذکر این نکته ضروری است که در انتخاب پارامترهای گوناگون می‌باید موجود بودن تجهیزات آزمایشگاهی لازم و سابقه استفاده از این پارامترها در سایر تحقیقات مدنظر قرار گیرد (گراسوسکی و همکاران، ۲۰۰۳). تاکنون در خصوص استفاده از پارامترهای مغناطیسی به‌منزله منشأیاب در کشور تحقیقات اندکی صورت گرفته است. از آن جمله می‌توان به تحقیقات معظمی (۱۳۸۷) و کوهیما (۱۳۸۷) اشاره کرد. با توجه به مطالب عرضه شده، در این تحقیق، هدف بررسی کارایی استفاده از خصوصیات مغناطیسی نمونه‌های خاک و رسوب در حکم منشأیاب در شناسایی و تفکیک منابع تولید رسوب در پنج حوزه آبخیز متفاوت در استان سمنان است.

۲ مواد و روش‌ها

۱-۲ منطقه مورد بررسی

مناطق مورد بررسی در این تحقیق شامل پنج حوزه آبخیز متفاوت با نام‌های عمروان، عطاری، ابراهیم‌آباد، علی‌آباد و رویان واقع در استان سمنان‌اند. اراضی در همه حوضه‌های پیش‌گفته کاربری مرتع و اقلیم نیمه خشک سرد دارند.

خصوصیات مغناطیسی روشی ساده، ارزان، سریع و غیرتخریبی با قابلیت کاربرد زیاد در محیط‌های گوناگون است. این فن بر تحقیقات روی خصوصیات مغناطیسی فاقد جهت متکی است که از کانی‌ها و دانه‌های آهن‌دار موجود در خاک ناشی می‌شوند و در طول فرایند حمل رسوب ثابت باقی می‌مانند (کلاین و هاربرت، ۲۰۰۵).

پارامترهای مغناطیسی متفاوتی وجود دارند که شاخص انواع خصوصیات مغناطیسی‌اند و برای تشخیص نوع کانی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند به طوری که با استفاده از این پارامترها می‌توان نوع و محل یک کانی را ردیابی کرد. در دو دهه گذشته توسعه چشمگیری در استفاده از پارامترهای مغناطیسی در تشخیص انواع گوناگون کانی‌ها و ردیابی حرکت آنها در سامانه‌های رودخانه‌ای (از دامنه و آبراهه به دشت‌های سیلابی و رسوبات دریاچه‌ها و مخازن سدها) مشاهده شده است (فاستر و همکاران، ۲۰۰۷). از آن جمله می‌توان به تحقیقات بلایک و همکاران (۲۰۰۶)، کارلسورت و لیس (۲۰۰۱)، اسلوتاری (۲۰۰۰)، هاردی (۲۰۰۰)، سیتچائون (۱۹۹۳ و ۱۹۹۸)، والدن و همکاران (۱۹۹۷)، یو و الدفیلد (۱۹۹۳) و پارسون و همکاران (۱۹۹۳) اشاره کرد. کانی‌هایی برای ردیابی مناسب‌اند که اولاً آهن دار باشند و به‌طور طبیعی به‌وجود آمده باشند و ثانیاً بتوان آنها را با استفاده از اندازه‌گیری‌های مغناطیسی آشکار کرد (هاردی، ۲۰۰۰). یکی از پارامترهایی که در اکثر تحقیقات ردیابی رسوب مورد استفاده قرار گرفته است، پارامتر قابلیت مغناطیسی است که در دو حالت بسامد کم (X_{LF}) و بسامد زیاد (X_{HF}) اندازه‌گیری می‌شود. این پارامتر برابر با نسبت مغناطیس نمونه به میدان مغناطیسی اعمال شده به آن است. بسته به شدت میدان مغناطیسی اعمال شده به نمونه قابلیت مغناطیسی بسامد پایین و قابلیت مغناطیسی بسامد بالا قابل اندازه‌گیری است. از دیگر پارامترهای مغناطیسی مورد استفاده در ردیابی رسوبات، پارامتر قابلیت مغناطیسی

خصوصیات هریک از این حوضه‌ها در جدول (۱) آورده شده است.

۲-۲ روش تحقیق

با بررسی‌های صحرایی صورت گرفته، سطح مناطق با سنگ‌شناسی گوناگون و نیز منابع زیرسطحی (دیواره خندق‌ها) درحکم منابع رسوب تشخیص داده شدند. نمونه‌برداری از منابع رسوب سطحی، از عمق ۰-۲ سانتی متری و از منابع زیرسطحی، از کناره‌های در حال فرسایش (والینگ و همکاران، ۱۹۹۹) به مقدار کافی (تقریباً دو کیلوگرم) (راسل و همکاران، ۲۰۰۱) و با یک بیلچه استیل انجام شد. تعداد نمونه‌های برداشت شده از هر منبع به مساحت آن و امکان برقراری فرض‌های آماری مورد استفاده بستگی دارد. همچنین رسوبات جمع شده در مخازن سدهای رسوب گیر انتهایی حوضه‌ها درحکم رسوب خروجی مدنظر قرار گرفتند و درنهایت جمعاً ۲۵۰ نمونه برداشت شد. نمونه‌های خاک برداشت شده بعد از

انتقال به آزمایشگاه در هوای آزاد و دمای اتاق خشک شدند. برای شکستن خاکدانه‌های احتمالی نمونه‌ها از یک هاون استفاده شد. سپس نسبت به الک کردن نمونه‌ها و جدا کردن بخش زیر ۶۳ میکرون (بخش ریزدانه) اقدام شد و این بخش برای اندازه‌گیری ردیاب‌های انتخابی در مرحله بعد مورد استفاده قرار گرفت.

با توجه به مطالب آورده شده و همچنین نتایج تحقیقات قبلی، در این تحقیق از دو پارامتر X_{FD} و X_{LF} که اندازه‌گیری آنها با دستگاه مغناطیس‌سنج (magnetic susceptibility meter) به راحتی صورت می‌گیرد، درحکم ردیاب استفاده شد. این خصوصیات با دستگاه مغناطیس‌سنج Bartington MS2 و در آزمایشگاه مغناطیس‌سنجی موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران اندازه‌گیری شد. مغناطیس‌سنج دستگاهی است که یک میدان مغناطیسی قابل تنظیم به نمونه اعمال و با توجه به مغناطیس ذاتی خود نمونه، میزان قابلیت مغناطیسی را تعیین می‌کند.

جدول ۱. خصوصیات حوزه‌های آبخیز مورد بررسی.

خصوصیات نام حوزه	مساحت (هکتار)	دامنه ارتفاعی (متراز سطح دریا)	شیب (درصد)	بارش (میلی متر)	درجه حرارت (سلسیوس)	سازندهای زمین‌شناسی
عمروان	۱۰۲/۳	۱۷۹۵-۱۹۲۵	۱۱/۴	۱۷۵	۱۲/۵	هزار دره، قرمز بالایی، رسوبات کواترنر
عطاری	۶۲۸	۱۷۵۰-۲۲۰	۱۶	۱۸۰	۱۲/۵	هزار دره، قرمز بالایی، قم، کرج، رسوبات کواترنر
ابراهیم آباد	۵۰۷/۸	۱۸۲۵-۲۰۷۰	۲۹/۳	۱۸۳	۱۲/۴	هزار دره، کرج، لار، دلپچای، شمشک، رسوبات کواترنر
علی آباد	۱۲۹/۳	۱۷۷۵-۲۰۹۳	۱۱/۴	۱۷۷	۱۲/۷	قرمز بالایی، قم و رسوبات کواترنر
رویان	۵۳۸/۸	۱۷۵۰-۲۲۲۰	۱۶	۱۸۴	۱۲/۶	هزار دره، کرج، لار، دلپچای، شمشک، رسوبات کواترنر

است. با متوسط‌گیری از نمرات تشخیص همه مشاهدات موجود در هر گروه، میانگین گروه به دست می‌آید که به مرکز گرانی معروف است. بنابراین برای هر گروه یک مرکز گرانی وجود خواهد داشت که معمول‌ترین محل هریک از مشاهدات از یک گروه به خصوص است و مقایسه مراکز گرانی، فاصله و اختلاف گروه‌ها را در طول بعد تابع موردنظر نشان می‌دهد و به این ترتیب قدرت تفکیک گروهی ردیاب‌ها در تفکیک منابع بالقوه رسوب تعیین می‌شود.

۳ نتایج

جدول (۲) خلاصه‌ای از آماره‌های توصیفی خصوصیات مغناطیسی اندازه‌گیری شده برای تفکیک منابع بالقوه رسوب در حوضه‌های گوناگون و همچنین نتایج حاصل از آزمون کراسکال-والیس و DFA را نشان می‌دهد. با توجه به مقادیر به دست آمده از آزمون کراسکال-والیس، مقادیر P برای همه خصوصیات، کمتر از مقدار احتمال بحرانی بوده و بنابراین وارد آنالیز DFA می‌شوند. درصد نمونه‌های درست طبقه‌بندی شده با DFA که در ستون آخر جدول (۲) آمده است از ۳۹/۹ درصد تا ۵۷/۵ درصد برای حوضه‌های متفاوت، متغیر بوده است.

شکل (۱) میزان تفکیک منابع بالقوه رسوب به دست آمده از DFA با استفاده از ترکیبی از دو پارامتر X_{LF} و X_{FD} در حوضه‌های گوناگون را نشان می‌دهد. این اسکاگر پلات‌ها که از قراردادن نمرات Z تابع یک (محور افقی) در مقابل نمرات تابع دوم (محور عمودی) به دست آمده است، ابزار مناسبی برای نشان دادن میزان تفکیک بین منابع رسوب گوناگون است (توابع پیش گفته، بیشترین نمرات تشخیص (Z) را در بین سایر توابع دارند). میزان تفکیک منابع بالقوه رسوب با استفاده از ترکیبی از دو پارامتر X_{LF} و X_{FD} در حوضه‌های گوناگون در جدول (۳) آورده شده است. بیشترین درصد

توانایی منشأیاب‌های مغناطیسی مورد استفاده در تفکیک منابع رسوب در حوضه‌های مورد بررسی با استفاده از یک روش آماری دو مرحله‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت (کالینز و همکاران، ۱۹۹۷). در مرحله اول از آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس به منظور بررسی اینکه کدام یک از خصوصیات منشأیاب، تفاوت معنی‌دار بین انواع منابع را نشان می‌دهد استفاده شد. این روش یک تابع ناپارامتری آنالیز واریانس و یک آزمون توزیع آزاد برای تمایز بین منابع رسوب گوناگون است (کالینز و والینگ، ۲۰۰۲) که قدرت تفکیک هریک از کانی‌های رسی را به صورت انفرادی مشخص می‌کند. از آزمون ناپارامتری پیش گفته به این دلیل استفاده شد که مجموعه داده‌های خصوصیات منشأیاب از توزیع نرمال پیروی نکردند و دارای واریانس‌های یکسانی نبودند (کالینز، ۱۹۹۸). در مرحله دوم برای تعیین میزان تفکیک منابع بالقوه رسوب، آنالیز تابع تشخیص (DFA, Discriminant Function Analysis) اجرا شد. تابع تشخیص عبارت است از به دست آوردن ترکیبی خطی از متغیرهای مستقل که بتواند تعدادی از گروه‌های از پیش تعیین شده را از هم تفکیک کند. تفکیک گروه‌ها با دادن وزن‌های مناسب به هریک از متغیرها براساس حداکثر کردن واریانس بین گروهی نسبت به واریانس درون گروهی صورت می‌گیرد. ترکیب خطی در تحلیل تشخیص که به تابع تشخیص نیز معروف است دارای معادله‌ای به شکل زیر است:

$$Z_{jk} = a + W_1 X_{1k} + W_2 X_{2k} + \dots + W_n X_{nk} \quad (1)$$

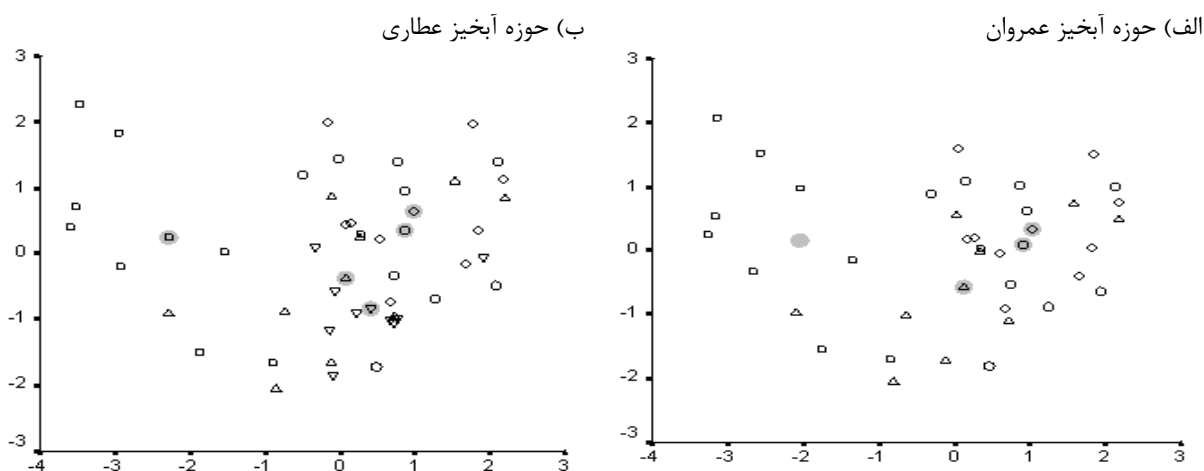
در این رابطه Z_{jk} نمره Z تابع تشخیص j ام برای نمونه (شی، فرد، مشاهده، ...) K ام، a، عرض از مبدا، iW وزن متغیر مستقل i ام و X_{ik} متغیر مستقل i ام برای نمونه K ام است. حاصل این معادله یک نمره Z مرکب برای هریک از مشاهدات (شی، مورد، نمونه) در تحلیل

نمونه‌های درست طبقه‌بندی شده با استفاده از ترکیب پارامترهای X_{LF} و X_{FD} برابر ۶۵ درصد مربوط به حوزه آبخیز علی‌آباد و کمترین آن برابر ۴۸ درصد مربوط به حوزه آبخیز عطاری است.

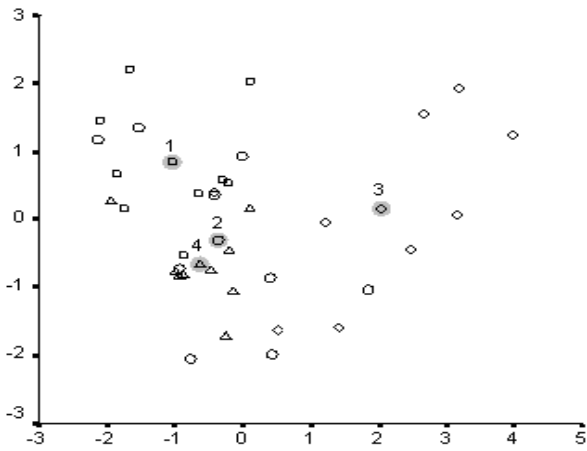
جدول ۲. آماره‌های توصیفی و نتایج آزمون‌های کراسکال-والیس و DFA در تفکیک منابع رسوب حوزه‌های آبخیز.

حوزه آبخیز	خصوصیات مشأایاب ($m^3 kg^{-1}$)	بیشینه	میانگین	کمینه	انحراف معیار	معنی‌داری*	درصد نمونه‌های درست طبقه‌بندی شده
عمروان	X_{LF}	۲۴	۱۳/۳۲	۳/۲	۷/۵۳	۰/۰۲	۴۵
	X_{FD}	۵	۳/۸۷	۲/۱۶	۰/۸۸	۰	۵۲/۵
عطاری	X_{LF}	۴۳/۸۴	۲۷/۴	۱۰/۸۸	۱۰/۹	۰	۴۴
	X_{FD}	۳/۳۷	۱/۳۸	۰/۴۸	۰/۹	۰	۵۰
ابراهیم‌آباد	X_{LF}	۱۷/۴۶	۹/۱۶	۶/۰۵	۳/۶۱	۰	۳۹/۹
	X_{FD}	۴/۳۹	۲/۷	۱/۶۳	۰/۷۱	۰	۴۳/۳
علی‌آباد	X_{LF}	۲۱/۳۸	۱۳/۱۷	۷/۰۷	۵/۱۰	۰	۵۲/۵
	X_{FD}	۵/۲۳	۲/۷۶	۰/۶	۱/۵۴	۰	۵۷/۵
رویان	X_{LF}	۲۶/۸۲	۴/۳۳	۶/۹	۵/۹	۰	۴۰
	X_{FD}	۵/۶۷	۴/۱۴	۲/۹۹	۰/۸۸	۰	۴۸/۳

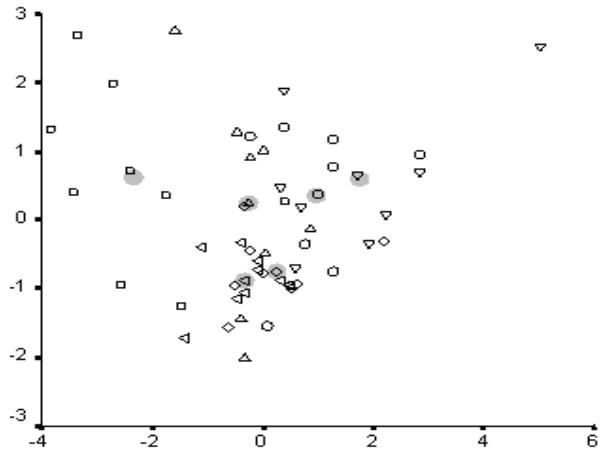
* معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد



(د) حوزه آبخیز علی‌آباد



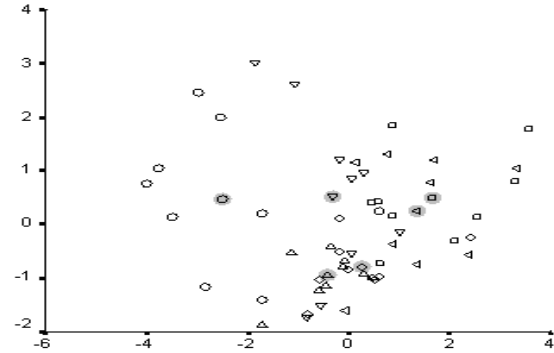
(ج) حوزه آبخیز ابراهیم‌آباد



راهنمای شکل‌ها



(ه) حوزه آبخیز رویان



شکل ۱. نمودارهای نموات Z تابع یک در مقابل تابع دو محاسبه شده با استفاده از DFA برای تفکیک منابع بالقوه رسوب در حوزه‌های آبخیز مورد بررسی.

جدول ۳. میزان تفکیک منابع بالقوه رسوب با استفاده از ترکیبی از پارامترهای X_{FD} و X_{LF} .

حوزه آبخیز	درصد نمونه‌های درست طبقه‌بندی شده
عمران	۵۲/۵
عطاری	۴۸
ابراهیم‌آباد	۵۵/۴
علی‌آباد	۶۵
رویان	۵۵

۴ بحث و نتیجه گیری

با بررسی نتایج به دست آمده از میزان تفکیک منابع رسوب توسط هریک از خصوصیات X_{LF} و X_{FD} می توان نتیجه گرفت که هیچ یک از خصوصیات به تنهایی نتوانسته ۱۰۰ درصد نمونه های منابع رسوب در حوضه های متفاوت را تفکیک کند. X_{LF} دارای قدرت تفکیک نسبتاً کمتری نسبت به X_{FD} در همه حوضه های مورد بررسی است. میزان تفکیک X_{LF} از ۳۹/۹ درصد در حوضه آبخیز ابراهیم آباد تا ۵۲/۵ درصد در حوضه آبخیز علی آباد تغییر کرده است، در صورتی که میزان تفکیک منابع رسوب با X_{FD} از ۴۳/۳ درصد (حوضه آبخیز ابراهیم آباد) تا ۵۷/۵ درصد (حوضه آبخیز علی آباد) متغیر بوده است (جدول ۲). بررسی نتایج ذکر شده در ارتباط با خصوصیات این حوضه ها نشان می دهد که حوضه علی آباد که فقط از سه واحد سنگ شناسی تشکیل شده است و بخش عمده ای از این مساحت نیز مربوط به سازند قرمز بالایی است، رسوبات یکنواخت تری داشته و بنابراین تفکیک منابع رسوب بهتری نسبت به حوضه ابراهیم آباد که از شش واحد سنگ شناسی تشکیل شده است دارد. وسعت و شرایط فیزیوگرافی حوضه ها نیز در به دست آمدن این نتایج موثرند. در حوضه علی آباد که مساحت کوچک و توپوگرافی یکنواخت تری دارد، رسوب تولیدی از قسمت های گوناگون می تواند به آسانی به خروجی حوضه برسد اما در حوضه ابراهیم آباد که مساحت بیشتری و به دلیل تنوع سنگ شناسی، شرایط توپوگرافی ناهمگنی نیز دارد، رسوبات تولیدی ممکن است در طول مسیر در بین موانع و ناهمواری های سطح زمین به تله بیفتند و رسوب کمتری به خروجی برسانند که این رسوب، شاخص انواع رسوبات تولیدی نیست و بنابراین درصد تفکیک کمتری را نشان می دهد. کالینز و والینگ (۲۰۰۴) نیز به وجود پدیده پیش گفته در حوضه های بزرگ تر اشاره کرده اند. البته استفاده از ترکیب خصوصیات X_{LF}

و X_{FD} در حوضه ابراهیم آباد نیز میزان تفکیک منابع رسوب را افزایش داده است (جدول ۳). با مشاهده نتایج به دست آمده از قدرت تفکیک ترکیب پارامترهای مغناطیسی X_{LF} و X_{FD} در تفکیک منابع رسوب، مشاهده می شود که استفاده از ترکیبی از خصوصیات منشأ یاب، میزان تفکیک منابع رسوب را به میزان قابل توجهی نسبت به هریک از خصوصیات فردی بالا برده است. این نتیجه با تحقیقات کالینز و همکاران (۲۰۰۴) مطابقت دارد. برای مثال بالاترین میزان تفکیک منابع رسوب در حوضه آبخیز ابراهیم آباد که با یک خصوصیت (X_{FD}) تفکیک شده است، ۴۳/۳ درصد است در حالی که ترکیبی از خصوصیات X_{LF} و X_{FD} در این حوضه، ۵۵/۴ درصد نمونه های منابع رسوب را به درستی تفکیک کرده است. (به ترتیب جدول های ۲ و ۳). با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق می توان بیان کرد که خصوصیات مغناطیسی به تنهایی نمی توانند تفکیک کننده منابع بالقوه تولید رسوب در این حوضه ها باشند که این امر با تحقیقات اسلاتری (۲۰۰۰)، و والدن و همکاران (۱۹۹۷) نیز مطابقت دارد. ولی با توجه به سهولت اندازه گیری و اقتصادی بودن، این ردیاب ها می توانند در حکم خصوصیات منشأ یاب مناسب در ترکیب با خصوصیات دیگر برای تفکیک منابع بالقوه رسوب به کار گرفته شوند (بلیک و همکاران، ۲۰۰۶؛ پارسون و همکاران، ۱۹۹۳). کوهیما (۱۳۸۷) و معظمی (۱۳۸۷) با به کار گیری این خصوصیات در ترکیب با خصوصیات منشأ یاب دیگر، میزان تفکیک منابع بالقوه رسوب را به میزان قابل ملاحظه ای افزایش داده اند.

منابع

کوهیما، ا.، ۱۳۸۷، بررسی رسوبات پشت سازه های آبخیزداری و رابطه آن با خصوصیات حوضه های آبخیز بالادست، پایان نامه کارشناسی ارشد

- Geomorphology, **90**, 125-137.
- 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.
- Klein, R. and Hurlbut, F., 2005, Magnetic Properties, 21st edition, 270-274. www.gly.uga.edu/schroeder/geo/3010/magnetism.html
- Kurtus, R., 2006, Magnetism. www.school-forchampions.com /science /magnetism .html
- Parsons, A. J., Wainwright, J. and Abrahams, A. D., 1993, Tracing sediment movement in interrill overland flow on a semi-arid grassland hillslope using magnetic susceptibility. Earth Surface processes and Landforms, **18**, 721-732.
- Russell, M. A., Walling, D. E. and Hodgkinson, R. A., 2001, Suspended sediment sources in two small lowland agricultural catchments in the UK. Journal of hydrology, **252**, 1-24.
- Slattery, M. C., Walden, J. and Burt, T. P., 2000, Use of mineral magnetic measurements to fingerprint suspended sediment sources: Results from a linear mixing model. In: Foster, I. D. L. (Ed.), Tracers in geomorphology, Wiley, Chichester, 212-223.
- Walden, J., Slattery, M. C. and Burt, T. P., 1997, Use of mineral magnetic measurements to fingerprint suspended sediment sources: approaches and techniques for data analysis. Journal of Hydrology, **202**, 353-372.
- Walling, D. E., Owens, P. N. and Leeks, G. J. L., 1999, Fingerprinting suspended sediment sources in the catchment of the river Ouse, Yorkshire. UK. Hydrol. Process, **13**, 955-975.
- Yu, L. and Oldfield, F., 1993, Quantitative sediment source ascription using magnetic measurements in a reservoir-catchment system near Nijar, S.E. Spain. Earth Surface processes and Landforms, **18**, 441-454.
- آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۴۶ صفحه.
- معظمی، م.، ۱۳۸۷، منشأیابی رسوبات آبی ریزدانه با استفاده از ردیاب‌های طبیعی خاک، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۵۸ صفحه.
- Blake, W. H., Wallbrink, P. J., Doerr, S. H., Shakesby, R. A. and Humphreys, G. S., 2006, Magnetic enhancement in wildfire-affected soil and its potential for sediment-source ascription. Earth Surface Processes and Landforms, **31**, 249-264.
- Caitcheon, G. G., 1998, The significance of various sediment magnetic mineral fractions for tracing sediment sources in Killimicat Creek. Catena, **32**, 131-142.
- Charlesworth, S. M. and Lees, J. A., 2001, The application of some mineral magnetic measurements and heavy metal analysis for characterising fine sediments in an urban catchment, Coventry, UK. Journal of applied Geophysics, **48**, 113-125.
- 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.
- Collins, A. L., D. E., Walling and Leeks, G. J. L., 1997, Fingerprinting the Origin of Fluvial Suspended Sediment in Larger River Basins: Combining Assessment of Spatial Provenance and Source Type. Geografiska Annaler, Series A, **79**, 239-254.
- 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.
- Collins, A. L. and Walling, D. E., 2004, Documenting catchment suspended sediment sources: problems, approaches and prospects. Progress in Physical Geography **28**, 159-196.
- Dearing, J. A., 2000, Natural magnetic tracers in fluvial geomorphology. In: Foster, I. D. L. (Ed.), Tracers in geomorphology, Wiley, Chichester, 57-72.
- Foster, I. D. L., Boardman, J. and Keay-Bright, J., 2007, Sediment tracing and environmental history for two small catchments, Karoo Uplands, South Africa.