نشریه

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering

سال هفتم- شماره ۲۰- بهار ۱۳۹۲ Vol. 7, No. 20, Spring 2013

ارزیابی قابلیت ردیابی کانی‌های رسی خاک در تفکیک مکانی منشاء رسوب حوزه‌های آبخیز (مطالعه موردی حوضه‌های عمروان و عطاری سمنان)

اصغر کوهپیما[1]، سادات فیض‌نیا[2]، حسن احمدی[2] و سید علی اصغرهاشمی[3]

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۲/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۹/۱۱

چکیده

کانی‌های رسی به دلیل فراوانی بالا، تنوع زیاد و حمل به صورت معلق در طول سیلاب می‌توانند ردیاب‌های مناسبی برای تفکیک منشاء رسوب باشند و در این پژوهش در دو حوزه آبخیز عمروان و عطاری در استان سمنان مورد بررسی قرار گرفته است. جهت تعیین کانی‌های رسی پس از آماده سازی نمونه‌ها، توسط دستگاه پراش اشعه ایکس در چهار تیمار مختلف (K، KT، MG و MGG) پیک‌های مربوط به کانی‌ها ترسیم شده و درصد هر کانی رسی با محاسبه مساحت زیر پیک‌های مختلف تعیین شد. در نهایت توانایی هر یک از کانی‌های رسی با استفاده از آزمون‌های کراسکال-والیس و تابع تشخیص (DFA) از لحاظ آماری مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج به دست آمده از آزمون کراسکال والیس تمامی ویژگی‌ها پایین‌تر از مقدار احتمال بحرانی بوده و بنابراین برای تفکیک منابع رسوب مناسب می‌باشند. اسمکتیت دارای بالاترین قدرت تفکیک بوده و در حوزه آبخیز عمروان ۵۷/۵ درصد نمونه‌ها و در حوزه آبخیز عطاری ٦۲ درصد نمونه‌ها را به درستی تفکیک کرده است. نتایج همچنین نشان داد که استفاده از ترکیبی از ویژگی‌های منشأیاب، میزان تفکیک منابع رسوب را در حوزه آبخیز عمروان تا ۷۲/۵ درصد و در حوزه آبخیز عطاری تا ۷٦ درصد بالا برده است.

واژه‌های کلیدی: ***کانی‌های رسی، منشایابی رسوب، XRD، اسمکتیت، سمنان و ایران.***

مقدمه

به عقیده والینگ و همکاران [۲۵] طراحی سیاست‌های موثر مدیریت و کنترل رسوب به طور تنگاتنگی با شناخت منابع اصلی تولید رسوب در یک حوضه ارتباط دارند زیرا از جنبه اقتصادی راهبردها در بیشتر موارد باید بر روی منابع کلیدی تولید رسوب متمرکز گردد. به خاطر مشکلات مربوط به روش‌های سنتی در تعیین منابع رسوب، روش انگشت نگاری به طور فزاینده ای به عنوان روش‌های واقعی و مستقیم جمع‌آوری اطلاعات توسط پژوهشگران مختلف از جمله کولینز و والینگ [٦]، فوستر و همکاران [۱۱]، کراوس و همکاران [۲۰] و اونس و همکاران [۲۳] بکار گرفته شده است. کولینز و همکاران [۹] می‌گویند روش مذکور بر این اصل استوار است که ویژگی‌ها فیزیکی و شیمیایی رسوبات معلق، ویژگی‌های مکان تولیدشان را منعکس می‌کنند. به عقیده کولینز و والینگ [٤] و فوستر و لیز [۱۰] علی‌رغم توسعه مطلوب روش منشایابی رسوب در طول بیش از دو دهه گذشته و توانمندی‌های بالای آن در تعیین منابع رسوب، هنوز عدم قطعیت‌هایی در روش پژوهش آن وجود دارد. به عنوان مثال می‌توان به عدم وجود یک دستورالعمل مناسب برای انتخاب ردیاب‌های مناسب و نیز مناسب‌ترین ترکیب از ردیاب‌ها جهت تفکیک منابع رسوب در حوضه‌ها و مناطق مختلف اشاره کرد. اگرچه با بررسی مجموع پژوهش‌های گذشته در این زمینه می‌توان تا حدودی مناسب‌ترین پژوهش‌های منشایاب را که توسط محققین مختلف به کار برده شده است مشخص کرد مانند ویژگی‌های مغناطیسی در پژوهش‌های کاتچین [۲]، عناصر ژئوشیمیایی در پژوهش‌های حکیم خانی [۱٤]، عناصر آلی در پژوهش‌های کولینز و والینگ [٤] و کانی‌های رسی در مطالعات خدامی [۱۷]. با این حال تا به امروز اطلاعات کافی در مورد خصوصیتی منفرد یا ترکیبی از ویژگی‌های منشایاب با قابلیت کاربرد جهانی به دست نیامده است. زیرا این ویژگی‌های در مناطق مختلف با شرایط اقلیمی و ادافیکی مختلف نتایج متفاوتی دارد و این مسئله یکی از چالش‌های اصلی پژوهش‌های جدید در مورد منشایابی رسوب می‌باشد. با توجه به موارد فوق ضرورت انجام پژوهش‌هایی در زمینه انتخاب ردیاب‌های مناسب برای تفکیک منابع رسوب حوضه‌ها احساس می شود به ویژه اینکه در ایران پژوهشی در رابطه با تعیین قدرت تفکیک ویژگی‌های منشایاب‌های مختلف انجام نشده است. در این پژوهش از کانی‌های رسی به عنوان منشایاب برای تفکیک منابع تولید رسوب در دو حوضه عمروان و عطاری واقع در استان سمنان استفاده شده است.

۱- باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز، شیراز، ایران
aakouhpeima@yahoo.com

۲- دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی

۳- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سمنان

گاراد و هی [۱۲] بیان می‌کند کانی‌های رسی به دلیل فراوانی بالا، تنوع زیاد و حمل به صورت معلق توسط پژوهشگران متعددی به عنوان منشایاب مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با توجه به مطالب ارائه شده هدف بررسی کارآیی استفاده از کانی‌های رسی خاک به عنوان منشأیاب در تفکیک منابع تولید رسوب است.

منطقه مورد مطالعه

مناطق مورد مطالعه در این پژوهش شامل دو حوزه آبخیز مختلف واقع در استان سمنان می باشند. کاربری اراضی در این دو حوضه مرتع بوده و دارای اقلیم نیمه خشک سرد می‌باشند. جزئیات بیشتر در ارتباط با ویژگی‌های هر یک از این حوضه‌ها در ادامه آورده شده است. موقعیت منطقه مورد بررسی در شکل ۱ مشخص شده است.

حوزه آبخیز عمروان

حوزه آبخیز عمروان دارای مساحتی برابر ۱۰۲/۳۵ هکتار است، ارتفاع حداکثر و حداقل حوزه به ترتیب برابر ۱۹۲۵ و ۱۷۹۵ متر از سطح دریا و شیب متوسط حوضه برابر۱۱/٤ درصد می باشد. متوسط بارش سالانه این حوضه ۱۷٤/۵ میلیمتر و متوسط دما سالانه ۱۲/۵ درجه سانتیگراد است. پراکنش و ویژگی‌های واحدهای سنگی سطحی در حوزه آبخیز عمروان در جدول ۱ آمده است.

حوزه آبخیز عطاری

حوزه آبخیز عطاری دارای مساحت ٦۲۷/۹٦ هکتار است. ارتفاع حداکثر و حداقل این حوضه به ترتیب ۲۲۲۰ و۱۷۵۰ متر از سطح دریا و شیب متوسط حوضه ۱۵/۹۵ درصد می باشد. متوسط بارش سالانه ۱۸۰/٤ میلیمتر و متوسط دما سالانه ۱۲/۵ درجه سانتیگراد است. پراکنش و ویژگی‌های واحدهای سنگی سطحی در حوزه آبخیز عطاری در جدول ۱ آمده است.

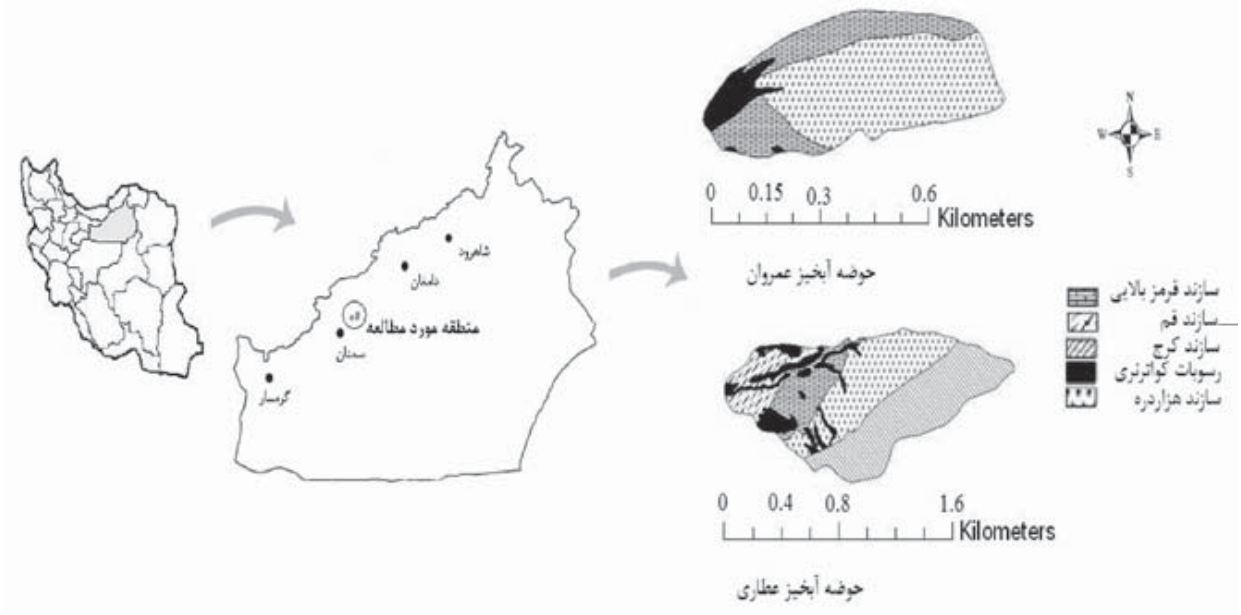
مواد و روش‌ها

نمونه برداری و آماده سازی نمونه‌ها

عملیات نمونه برداری شامل برداشت نمونه‌های خاک و رسوب از مواد منشا و نیز رسوبات بود. در مطالعات منشایابی، منابع رسوب، انواع کاربری از جمله پژوهش‌های معظمی [۲۱]، فرسایش‌های سطحی و زیر سطحی مانند مطالعات گراسوسکی و همکاران [۱۳]، اونس و همکاران [۲٤]، هاردی و همکاران [۱۵] و هیلر [۱٦]، منابع مکانی از جمله واحدهای سنگ شناسی یا زیرحوضه‌ها از جمله پژوهش‌های بوتریل و همکاران [۱]، کولینز و والینگ [۵] و کیموتو و همکاران [۱۸] و نیز ترکیبی از تمام منابع مانند مطالعات فوستر و همکاران [۱۱] و کارتر و همکاران [۳] در نظر گرفته شده است. در این پژوهش با بررسی‌های میدانی انجام شده، در حوزه آبخیز عمروان ترکیبی از سطح مناطق با سنگ شناسی مختلف و نیز منابع زیر سطحی (دیواره خندق‌ها) بعنوان منابع رسوب تشخیص داده شد. به این ترتیب در این حوضه چهار منبع رسوب شامل سازندهای کواترنری، هزار دره، قرمز بالایی و دیواره خندق‌ها تفکیک گردید. در حوزه آبخیز عطاری به دلیل عدم وجود خندق‌های قابل ملاحظه تنها سازندهای زمین‌شناسی

جدول۱- پراکنش و ویژگی واحدهای سنگی سطحی در حوزه آبخیز عمروان

حوزه آبخیز	دوران	دوره	نماد	سازند	توصیف سنگ شناسی	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)
عمروان	سنوزوئیک	کواترنری	Q	کواترنر	آبرفت‌های جوان بستر رودخانه، نهشته‌های آبرفتی قدیمی	۷/۷۹	۷/٤٦
		ترشیری	Qpl	هزاردره	کنگلومرا همراه با ماسه سنگ ورس، کنگلومرا	٦۵/۲۳	٦۲/۵۱
			M	قرمز بالایی	کنگلومرا و مارن گچ دار	۳۱/۳۳	۳۰/۰۲
	سنوزوئیک	کواترنری	Q	کواترنر	آبرفت‌های جوان بستر رودخانه، تراس‌های آبرفتی حاشیه رودخانه، نهشته‌های آبرفتی قدیمی	٦۳/۱۱	۱۰/۰٤
			Qp	هزاردره	کنگلومرا ماسه سنگ ورس، کنگلومرا	۱۸٦/۳۲	۲۹/٦٤
عطاری		ترشیری	M	قرمز بالایی	کنگلومرا و مارن گچ دار	۷۳/۸۱	۱۱/۷٤
			Omq	قم	آهک ومارن گچ دار	٦۳/۹۷	۱۰/۱۷
			EV	کرج	آذرین، آذرین و شیل	۲٤۱/۲٦	۳۸/۳۸



شکل ۱ - نقشه موقعیت و پراکنش واحدهای سنگی حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه

به عنوان منابع رسوبی در نظر گرفته شد. در این حوضه نیز پنج منبع رسوبی تفکیک گردید که عباتند از سازندهای کواترنری، هزاردره، قرمز بالایی، قم و کرج. نمونه‌برداری از منابع رسوب سطحی، از عمق ۲-۰ سانتیمتری و از منابع زیر سطحی، از کناره‌های در حال فرسایش به روش والینگ و همکاران [۲۶] به مقدار کافی (حدود ۲ کیلوگرم) و بوسیله یک بیلچه استیل در اردیبهشت ماه ۱۳۸٦ انجام شد. طرح نمونه‌برداری به صورت تصادفی نظام‌مند بوده و از هر سازند بین ۳ تا ۸ نمونه بسته به مساحت سازند مذکور برداشت گردیده است. در سازندهای با مساحت بیشتر تعداد نمونه‌های بیشتری برداشت گردید. همچنین از سازندهای با وسعت کم حداقل سه نمونه برداشت گردیده است تا نتایج از لحاظ آماری قابل قبول باشد. از هر یک از مخازن نیز ۸ نمونه رسوب از نقاط مختلف رسوبات برداشت گردید. تمامی نمونه‌های منابع رسوب به روش خشک الک بندی گردید، ذرات زیر ٦۳ میکرون جدا و برای تحلیل در مرحله بعد آماده شدند. نمونه‌های رسوب به علت کلوخه‌ای بودن به روش تر، الک‌بندی شده و ذرات زیر ٦۳ میکرون جدا گردیده است. برای جداسازی کامل ذرات زیر ٦۳ میکرون آب رسوبدار خارج شده از الک ٦۳ میکرون را جمع‌آوری و سانتریفیوژ گردید. رسوبات سانتریفیوز شده سپس در آون و در دمای ٤۰ درجه سانتی‌گراد خشک و برای تحلیل آماده شدند.

آزمایش پراش اشعه ایکس (DRX)

برای تعیین میزان کانی‌های رسی هر یک از نمونه‌ها از روش یو اس جی اس [۲۷] استفاده شده است. در این روش قبل از انجام آزمایش ابتدا رسها شستشو شده تا مواد اضافی و آلاینده‌هایی که احتمال دارد نتایج نهایی را تحت تاثیر قرار دهد جداسازی گردد. آهک توسط استات سدیم و مواد آلی نمونه‌ها توسط آب اکسیژنه در چند نوبت حذف گردید سپس مقداری از نمونه بر روی لام قرار گرفته و پس از خشک شدن در چهار تیمار مختلف به صورت اشباع با پتاسیم (K)، اشباع با پتاسیم در دمای ۵۵۰ درجه (KT)، اشباع با منیزیم (MG) و اشباع با منیزیم و گلیکول (MGG) پیک‌های مربوط به کانی‌ها ترسیم شدند [۲۷]. نهایتا جهت تعیین درصد کانی‌های رسی از مساحت زیر هر پیک استفاده شد [۲۲].

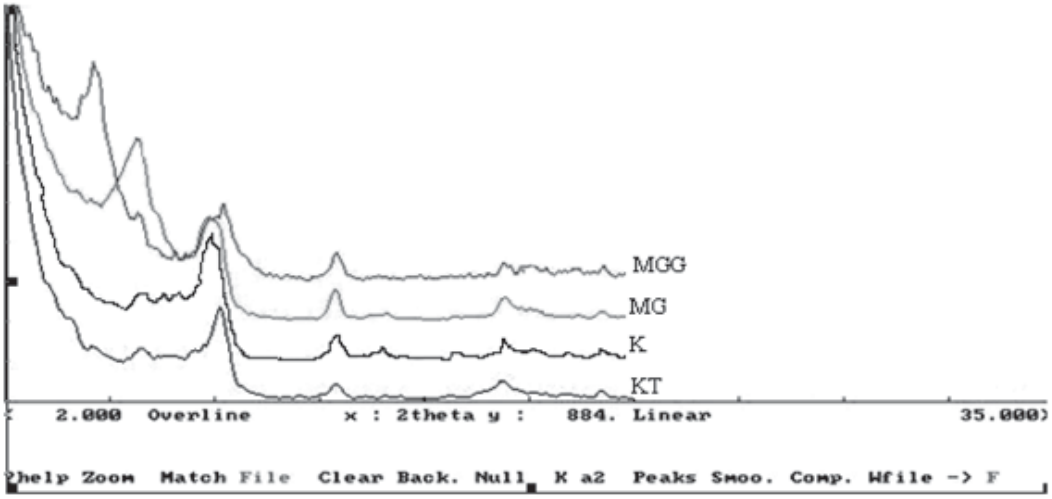
آزمونهای آماری برای تفکیک منابع رسوب

قابلیت کانی‌های رسی مورد استفاده در تفکیک منابع رسوب در حوضه‌های مورد بررسی با استفاده از یک روش آماری دو مرحله‌ای پیشنهاد شده بوسیله کولینز و همکاران [۷] مورد ارزیابی قرار گرفت. ابتدا از آزمون عاملی کروسکال- والیس به منظور حذف ویژگی‌های زاید (ویژگی‌هایی که قادر به تفکیک مناسب منابع رسوب نیستند) استفاده شد. این روش یک تابع عاملی تحلیل واریانس و یک آزمون توزیع آزاد برای تمایز بین منابع رسوب مخلف است [٤]. آزمون عاملی به این دلیل استفاده گردید که مجموعه داده‌های ویژگی‌های منشایاب از توزیع نرمال پیروی نکرده و دارای واریانس‌های یکسانی نبودند [۸]. سپس جهت تعیین میزان تفکیک منابع بالقوه رسوب توسط ویژگی‌هایی که از مرحله اول گذشته اند، تحلیل تابع تشخیص (DFA)[1] اجرا گردید. در این تابع ابتدا قدرت تفکیک هر یک از کانی‌های رسی به صورت انفرادی مشخص و سپس قدرت گروهی آنها در تفکیک منابع بالقوه رسوب تعیین گردید. تابع تشخیص عبارت از بدست آوردن ترکیبی خطی از متغیرهای مستقل است که بتواند تعدادی از گروه‌های از پیش تعیین شده را از هم تفکیک کند. تفکیک گروه‌ها با دادن وزن‌های مناسب به هر یک از متغیرها براساس حداکثر کردن واریانس بین گروهی نسبت به واریانس

1- Discriminant Function Analysis

جدول ۲ -آماره‌های توصیفی هر یک از ویژگی‌های منشایاب در دو حوزه آبخیز

	خصوصیات منشایاب	مینیمم	ماکزیمم	میانگین	انحراف معیار
عمروان	اسمکتیت (٪)	۱۳	٦٥	٤٨/٧٤	۱۳/۳٥
	کلریت (٪)	۰	٤٤	۲٥/٤٥	۱۲/٤۹
	ایلیت (٪)	۱٦/٦٥	۳٤	۲۱/٦۱	٦/۱۸
	کائولینیت (٪)	۰	۱٥	٤/۱٤	٥/۰٥
عطاری	اسمکتیت (٪)	۰	٥۸	۳۸/٦۸	۱٥/۲٦
	کلریت (٪)	٥	٤۰	۲۲/۲۸	۱۲/۸٤
	ایلیت (٪)	۱۳/۹٥	۳٥	۲٥/٦۱	۸/۲۰
	کائولینیت (٪)	۸/۳۱	۲٥	۱۳/۳۷	٤/۸۷



شکل ۲ - نمودارهای پراش اشعه ایکس کانی‌های رسی نمونه‌ها توسط دستگاه پراش

درون گروهی انجام می شود. در این مطالعه از روش گام به گام برای برآورد تابع تشخیص استفاده شد. برآورد گام به گام شامل وارد کردن یک متغیر مستقل در هر مرحله بر اساس توان تفکیکی آنها می باشد. این روش با انتخاب مهمترین متغیر مستقل از نظر توان تفکیک شروع می شود. در مرحله بعد توان تفکیکی هر یک از متغیرهای مستقل با در نظر گرفتن متغیر اولیه بررسی شده و متغیری که همراه متغیر اولیه بیشترین سهم را در افزایش توان تفکیکی تابع داشته باشد، انتخاب خواهد شد. متغیرهای بعدی نیز به همین شیوه انتخاب خواهد شد. بنابراین در تحلیل تشخیص ترکیبهای مختلفی از متغیرها (توابع) طوری بدست می‌آیند که اولین تابع بیشترین سهم را در جدا سازی گروهها داشته باشد و توابع بعدی به ترتیب شماره در رتبه‌های بعدی قرار خواهند داشت.

نتایج

با انجام آزمایشات پراش اشعه ایکس(XRD)بر روی نمونه‌ها، چهار گروه کانی‌های رسی اسمکتیت، کلریت، ایلیت و کائولینیت برای هر یک از نمونه‌ها شناسایی شده و به عنوان منشایاب مورد استفاده قرار گرفته است. جدول ۲ آماره‌های توصیفی هر یک از ویژگی‌های منشایاب در دو حوزه آبخیز را نشان می دهد. آماره‌های توصیفی نشان داده شده در جدول مذکور شامل ماکزیمم، مینیمم، میانگین و انحراف معیار هر یک از ویژگی‌های منشایاب می باشد. این آماره‌ها بیانگر میزان تغییرات هر یک از ویژگی‌های منشایاب در نمونه‌های منابع رسوب مختلف می باشد. در حوزه آبخیز عمروان بیشترین میزان انحراف معیار برابر ۱۳/۳٥ مربوط به اسمکتیت و کمترین مقدار آن برابر ٥/۰٥ مربوط به کائولینیت می باشد. حداکثر میزان انحراف معیار در نمونه‌های حوزه آبخیز عطاری برابر ۱٥/۲٦ مربوط به اسمکتیت و حداقل مقدار آن برابر ٤/۸۷ مربوط به کائولینیت می باشد. بنابراین چنانچه نتایج نشان می دهد میزان کائولینیت چه در نمونه‌های حوزه آبخیز عمروان و چه در نمونه‌های حوزه آبخیز عطاری دارای تغییرات کمتری می باشد.

شکل (۲) نمونه ای از نمودارهای پراش اشعه ایکس کانی‌های

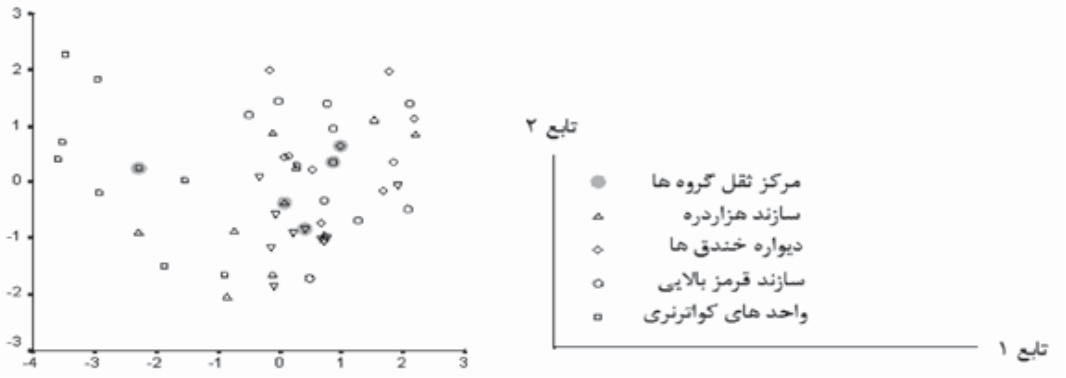
رسی نمونه‌ها را که توسط دستگاه ترسیم شده است نشان می دهد. هر یک از پیک‌ها در این نمودار مربوط به یک کانی رسی بوده که بر اساس تغییرات شرایط پیک‌های حاصله و موقعیت مکانی آنها به دست آمده است.

جدول (۳) نتایج حاصل از آزمون کراسکال-والیس و DFA در تفکیک منابع رسوب را نشان می دهد. با توجه به مقادیر به دست آمده از آزمون کراسکال-والیس، مقادیر P برای هر چهار کانی رسی، پایین تر از مقدار احتمال بحرانی (سطح احتمال بحرانی ۰/۰۵) بوده و بنابراین وارد تحلیل DFA شده اند. در نتیجه تمامی ویژگی‌های مذکور برای تفکیک منابع رسوب دراین حوضه‌ها مناسب می باشد.

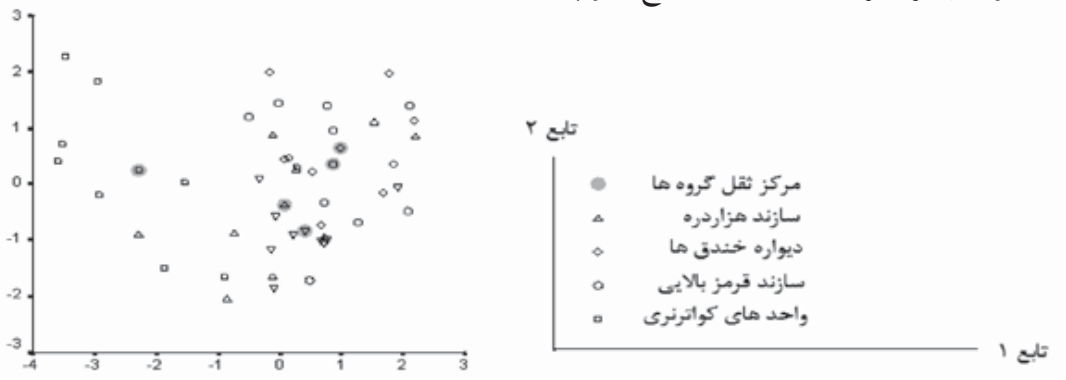
جدول۳ - نتایج آزمونهای کراسکال-والیس وDFA در تفکیک منابع رسوب حوزه‌های آبخیز

حوزه آبخیز	ویژگی‌های منشایاب	سطح معنی‌داری*	درصد نمونه‌های درست طبقه‌بندی شده
عمروان	اسمکتیت	۰	۵۷/۵
	کلریت	۰	۵۲/۵
	ایلیت	۰	٤۵
	کائولینیت	۰/۰۱	۵۵
عطاری	اسمکتیت	۰	٦۲
	کلریت	۰	٤٤
	ایلیت	۰	۵٤
	کائولینیت	۰	٤٦

* مقدار احتمال بحرانی : p =۰/۰۵



الف) حوزه آبخیز عمروان (۷۲/۵ درصد منابع رسوب تفکیک شده است)



ب) حوزه آبخیز عطاری (٧٦ درصد منابع رسوب تفکیک شده است.)

شکل ۳- میزان تفکیک منابع بالقوه رسوب به دست آمده از DFA با استفاده از ترکیبی از چهار کانی رسی اسمکتیت،کلریت، ایلیت و کائولینیت

درصد نمونه‌های درست طبقه بندی شده توسط DFA در ستون آخر جدول (۳) آمده است. در حوزه آبخیز عمروان کانی‌های اسمکتیت، کائولینیت، کلریت و ایلیت به ترتیب با ۵۷/۵، ۵۵، ۵۲/۵ و ٤٥ درصد دارای بالاترین قدرت تفکیک بوده است و در حوزه آبخیز عطاری کانی‌های اسمکتیت، ایلیت، کائولینیت و کلریت به ترتیب با ٦۲، ٥٤، ٤٦ و ٤٤ درصد دارای بیشترین قدرت تفکیک بوده اند.

شکل (۳) میزان تفکیک منابع بالقوه رسوب به دست آمده از DFA با استفاده از ترکیبی از چهار کانی رسی اسمکتیت، کلریت، ایلیت و کائولینیت را نشان می دهد. این اسکاتر پلاتها که از محاسبه تابع ۱ و ۲ به دست آمده است نشان دهنده میزان تفکیک بین منابع رسوب مختلف است.

با استفاده از مدل چند متغیره ترکیبی پیشنهاد شده توسط والینگ و همکاران [۲٦] و بر اساس چهار ردیاب اسمکتیت، کلریت، ایلیت و کائولینیت سهم هر یک از منابع در تولید رسوب برای هر یک از حوزه‌های آبخیز به دست آمده است. جدول ٤ سهم و اهمیت هر یک از منابع تولید رسوب در هر یک از حوضه‌ها را نشان می دهد.

بر اساس جدول ٤ در حوزه آبخیز عمروان سازند قرمز بالایی (M۲) با ۳٦ درصد بیشترین و سازند کواترنر (Q) با ۱٥ درصد کمترین سهم را در تولید رسوب حوضه دارند و سازندهای هزاردره (Qpl)، و فرسایش خندقی (GE) بعد از سازند قرمز بالایی به ترتیب در رده‌های بعدی قرار دارند. در حوزه آبخیز عطاری سازند قرمز بالایی (M۲) با ۲٤ درصد بیشترین و سازند کرج (Ev) با ۱٦ درصد کمترین سهم را درتولید رسوب حوضه دارند.

بحث و نتیجه گیری

با نتایج به دست آمده از میزان تفکیک منابع رسوب توسط هر یک از کانی رسی مشاهده می شود که هیچ یک از خصوصیات به تنهایی نتوانسته ۱۰۰ درصد نمونه‌های منابع رسوب را در هیچ یک از حوضه‌ها تفکیک کند. و تابع (ADF) محاسبه شده توسط هر یک از این ویژگی‌ها در منابع رسوب مختلف دارای هم پوشانی قابل ملاحظه ای است. این هم پوشانی به علت شباهت نسبی بین منابع تولید رسوب در این حوضه‌ها می باشد. بالاترین قدرت تفکیک در حوضه‌های عمروان و عطاری به ترتیب برابر ۵۷/۵ و ٦۲ درصد و مربوط به کانی اسمکتیت بوده در حالی که کمترین میزان تفکیک در حوضه عمروان مربوط به کانی ایلیت (٤٥ درصد) و در حوضه عطاری مربوط به کانی کلریت (٤٤ درصد) بوده است.

با بررسی نتایج این پژوهش می توان گفت که استفاده از ترکیبی از ویژگی‌های منشایاب، میزان تفکیک منابع رسوب را به میزان قابل توجهی نسبت به هریک از ویژگی‌های منشایاب فردی بالا برده است. به عنوان مثال بالاترین میزان تفکیک منابع رسوب در حوزه آبخیز عمروان که توسط یک ویژگی فردی تفکیک شده است ۵۷/۵ درصد و مربوط به اسمکتیت بوده در حالی که ترکیبی از چهار کانی رسی در این حوضه، ۷۲/۵ درصد نمونه‌های منابع رسوب را به درستی تفکیک کرده است (شکل ۳-الف). به همین ترتیب بالاترین میزان تفکیک منابع رسوب در حوزه آبخیز عطاری که توسط یک خ ویژگی فردی (اسمکتیت) تفکیک شده ٦۲ درصد است در حالی که ترکیبی از چهار کانی رسی در این حوضه، ۷٦ درصد نمونه‌های منابع رسوب را تفکیک کرده است (شکل ۳-ب). این نتیجه با مطالعات کولینز و والینگ [٤] و والینگ و همکاران [۲٦] مطابقت دارد.

با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش می توان بیان کرد که کانی‌های رسی به ویژه به صورت انفرادی نمی توانند تفکیک کننده مناسب منابع تولید رسوب در این حوضه‌ها باشند و باید در

جدول ٤- سهم و اهمیت نسبی هر یک از منابع در تولید رسوب

حوزه آبخیز	منابع تولید رسوب	سهم کل (درصد)
عمروان	سازند کواترنر (Q)	۱٥
	سازند هزار دره (Qpl)	۲۸
	سازند قرمز بالایی (M۲)	۳٦
	دیواره خندق‌ها (GE)	۲۱
عطاری	سازند کواترنر (Q)	۱۹
	سازند هزار دره (Qpl)	۲۱
	سازند قرمز بالایی (M۲)	۲٤
	سازند قم (Omq)	۲۰
	سازند کرج (Ev)	۱٦

ترکیب با ویژگی‌های دیگر برای تفکیک منابع بالقوه رسوب به کار گرفته شوند. در بررسی دیگری که در این حوضه‌ها بعمل آوردیم [۱۷] با به کارگیری کانی‌های رسی در ترکیب با ویژگی‌های منشایاب دیگر از جمله عناصر ژئوشیمایی، ویژگی‌های مغناطیسی، عناصر آلی و کاتیونهای پایه میزان تفکیک منابع بالقوه رسوب به میزان قابل ملاحظه ای افزایش یافت. در حوزه آبخیز عمروان اسمکتیت در ترکیب با منیزیم، کربن، کلسیم و ویژگی‌های مغناطیسی X_{LF} توانست صد درصد منابع رسوب را تفکیک کند و در حوزه آبخیز عطاری ترکیب کربن، اسمکتیت، پتاسیم، ویژگی مغناطیسی X_{LF} و کائولینیت صد درصد نمونه‌های منابع رسوب را تفکیک کرد.

منابع

1- 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.

2- Caitcheon, G. G. 1993. Sediment source tracing using environmental magnetism: A new approach with examples from Australia. Hydrological processes, 7, 349-358.

3- 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.

4- Collins, A. L. Walling, D. E. 2002. Selecting fingerprinting properties for discriminating potential suspended sediment sources in river basins», Journal of Hydrology, 61, 218-244.

5- Collins, A. L. Walling, D. E. 2004. Documenting catchment suspended sediment sources: problems, approaches and prospects. Progress in Physical Geography, 28, 159-196.

6- 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.

7- Collins, A. L. Walling, D. E. Leek, G. J. L. 1997a. 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.

8- Collins, A. L. Walling, D. E. Leek, 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. Leeks, G. J. L. 2001. Suspended sediment source fingerprinting in a small tropical catchment & some management implications. Applied Geography, 21, 387-412.

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

11- 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 Public, 276, 433-442.

12- Garrad, P.N. Hey, R.D. 1989. Source of suspended and deposited sediment in a broadland river, Earth Surface Processes and Landforms, 14, 41-62.

13- 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.

14- Hakim Khani, S. H. Ahmadi, H. Ghayoumian, J. Feiznia, S. Bihamta, M. R. Determinining a suitable subset of geochemical elements for separation of lithological types of Poldasht waterspreading station basin, Natural Resources Journal of Iran 60, 693–711.

15- 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.

16- 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.

17- Khodami, M. Mahbobi, A. Feiznia, S. Mosavi Herami, R. Fatahi Ardakani, M. A. 2007. Application of clay minerals as soil erosion index (case study: Latshor catchment in south-western Tehran). Mineralogy Journal of Iran 2, 247-262.

18- 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.

19- Kouhpeima, A. 2009. Investigation of Sediment deposits in small ponds and their relation to watershed characteristics (case study: Semnan Province), University of Tehran, Iran, 146 p.

20- 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.

21- Moaazami, M. 2009. Tracing of fluvial fine sediment using fingerprinting technique. University of Tehran, Iran, 158 p.

22- Moore, D. M. Reynolds, R.C. 1989. X-Ray diffraction and the identifications and analysis of clay minerals. Oxford University Press, NewYork.

23- 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.

24- 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.

25- Walling, D. E. Collins, A. L. Stroud, R. W. 2008. Tracing suspended sediment and particular phosphorus in catchments, Journal of Hydrology, 350, 274-289.

26- Walling, D. E. Owens, P. N. Leeks, G. J. L. 1999. Fingerprinting suspended sediment sources in the catchment of the river Ouse, Yorkshire, UK". Hydrol. Process, 13, 955-975.

27- USGS X-Ray powder Diffraction Information Handout, 2002. http://pubs. Usgs.gov/info/ diffraction/html.