

بررسی منابع رسوب حوزه‌های آبخیز بر اساس روش انگشت‌نگاری

❖ **سادات فیض‌نیا**؛ استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

❖ **اصغر کوهیما**؛ باشگاه پژوهشگران جوان، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

❖ **حسن احمدی**؛ استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

❖ **سید علی اصغر هاشمی**؛ مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سمنان، سمنان، ایران

چکیده

با توجه به موفقیت روش انگشت‌نگاری در تهیه سریع و کم‌هزینه اطلاعات در مورد منابع رسوب، در این تحقیق از روش انگشت‌نگاری در سه زیرحوضه - عمروان، عطاری، و علی‌آباد - از زیرحوضه‌های حوزه آبخیز چاشت‌خوران در استان سمنان، استفاده شد. پس از جداکردن ذرات زیر ۶۳ میکرون و اندازه‌گیری ۱۵ خصوصیت منشأیاب، نخست از روش‌های آماری - مقایسه میانگین‌ها و تحلیل تشخیص - برای تعیین خصوصیات استفاده شد که به بهترین نحو منابع رسوب را از هم تفکیک می‌کنند. سپس، با حداقل کردن مدل‌های چندمتغیره ترکیبی، با روش‌های بهینه‌سازی، سهم هر منبع تعیین شد. بر اساس نتایج آنالیز تابع تشخیص (DFA)، در حوضه آبخیز عمروان، چهار خصوصیت - $\text{K, Co, Ph, Kaolinite}$ - ترکیب بهینه شناخته شد که می‌تواند صد در صد منابع رسوب را تفکیک کند. در حوضه آبخیز علی‌آباد پنج پارامتر ترکیب بهینه شناخته شد که عبارت‌اند از: $\text{Smektite, Na, XLf, Ca, Co}$ و این ترکیب نیز می‌تواند صد درصد منابع رسوب را تفکیک کند. در حوضه آبخیز عطاری ترکیب بهینه شامل چهار پارامتر بود: $\text{Kaolinite, Na, Co, XLf}$ ؛ این ترکیب می‌تواند ۹۱/۷ درصد منابع رسوب را تفکیک کند. نتایج حاصل از مدل‌های چندمتغیره ترکیبی محاسبه شده نشان می‌دهد سازند قرمز بالایی در حوضه‌های عمروان، عطاری، و علی‌آباد، به ترتیب، با ۳۵/۹، ۲۳/۵۳، و ۸۶/۶۴ درصد بالاترین سهم را در تولید رسوب دارد. بنابراین، برنامه‌های مدیریت و کنترل رسوب باید بر این منابع متمرکز شود.

واژگان کلیدی: انگشت‌نگاری، آنالیز تابع تشخیص، ترکیب بهینه، کروسکال - والیس.

مقدمه

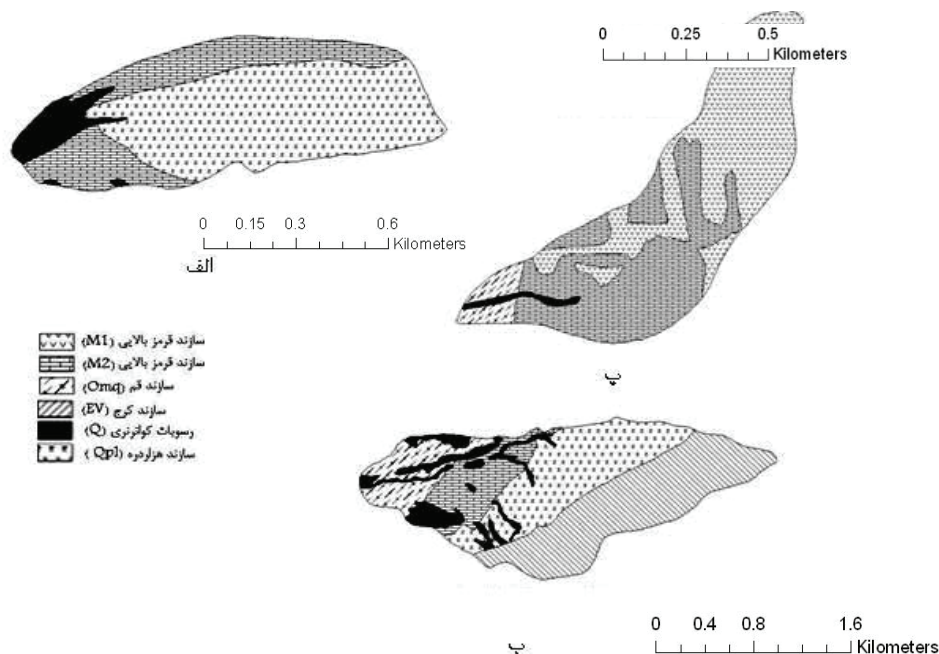
کاهش تولید رسوب به اجرای برنامه‌های حفاظت خاک و کنترل رسوب در چارچوب طرح‌های آبخیزداری نیازمند است. لازمه اجرای این برنامه‌ها شناسایی و کسب اطلاعات از اهمیت نسبی منابع رسوب و سهم آن‌ها در تولید رسوب و، در نتیجه، شناسایی مناطق بحرانی در داخل آبخیز است (Kouhpeima, 2007). به سبب مشکلات روش‌های سنتی در تعیین منابع رسوب، از تکنیک‌های انگشت‌نگاری، به منزله روش‌های واقعی و مستقیم برای جمع‌آوری اطلاعات، به طور فزاینده‌ای استفاده می‌شود (Krause et al, 2003; Foster et al, 2002). تکنیک‌های انگشت‌نگاری منابع رسوب، به منظور به‌دست‌آوردن اطلاعات زمانی و مکانی حوضه‌هایی با مقیاس مختلف، نسبتاً ساده و اقتصادی است (Collins & Walling, 2004). استفاده از روش منشأیابی در حوضه‌های بزرگ، به دلیل شرایط مختلف و فرصت‌های رسوب‌گذاری فراوان در طول مسیر، چندان رضایت‌بخش نیست (Walling, 2005). کاربرد ترکیبی از ردیاب‌های مختلف باعث افزایش دقت مطالعات

می‌شود (Collins et al, 2006). برخی محققان، به منظور تعیین سهم هر یک از منابع رسوب، از آمار ایستگاه‌های رسوب‌سنجی استفاده کرده‌اند (Nicholls, 2001). با توجه به موفقیت روش انگشت‌نگاری در تهیه سریع و کم‌هزینه چنین اطلاعاتی، در این تحقیق سعی شده است روش انگشت‌نگاری در سه حوزه آبخیز - عمروان، عطاری، و علی‌آباد - در استان سمنان، به علت تنوع واحدهای سنگ‌شناسی، وجود سازندهای حساس به فرسایش از جمله مارن‌ها و بندهای رسوب‌گیر در انتهای هر حوضه، بررسی شود.

روش شناسی

منطقه مورد مطالعه

مناطق مورد مطالعه در این تحقیق سه حوزه آبخیز عمروان، عطاری، و علی‌آباد واقع در استان سمنان است (شکل ۱). کاربری اراضی در همه حوضه‌ها مرتع است، با اقلیمی نیمه‌خشک و سرد. جدول ۱ خصوصیات بیشتر حوضه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱. نقشه سازندهای زمین‌شناسی حوضه‌های مورد مطالعه

جدول ۱. خصوصیات حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه

نام حوزه	مساحت (هکتار)	شیب (درصد)	بارش (میلی‌متر)	درجه حرارت (میلی‌متر)
عمروان	۱۰۲٫۳	۱۱٫۴	۱۷۵	۱۲٫۵
عطاری	۶۲۸	۱۶	۱۸۰	۱۲٫۵
علی‌آباد	۱۲۹٫۳	۱۱٫۴	۱۷۷	۱۲٫۷

نمونه‌برداری رسوب و منابع رسوب

تعداد شصت نمونه از منابع سطحی (عمق ۰-۲ سانتی‌متری) و زیرسطحی (کناره‌های در حال فرسایش) (Collins et al., 2004) برداشت شد. نمونه‌برداری به مقدار کافی (تقریباً دو کیلوگرم) (Russell et al., 2001) و به وسیله یک بیلچه استیل انجام شد. برای هر یک از بندها نیز ۱۰ نمونه رسوب برداشت شد. در این مطالعه، تعیین سهم منابع فعلی رسوب مد نظر بود، از این رو، نمونه‌ها از رسوباتی برداشت شد که در چند سال اخیر رسوب کرده بودند. عمق نمونه‌برداری حداکثر ۱۵ سانتی‌متر بود (Collins et al., 2004).

آماده‌سازی نمونه‌ها

نمونه‌های منابع رسوب در هوای آزاد خشک شد. سپس، به روش خشک الک‌بندی گردید. ذرات زیر ۶۳ میکرون (۱۵) جدا شده و برای آنالیز در مرحله بعد آماده شد. نمونه‌های رسوب، به دلیل کلوخه‌ای بودن، به روش تر، الک‌بندی و ذرات زیر ۶۳ میکرون جدا شد. برای جداسازی کامل ذرات زیر ۶۳ میکرون، آب رسوبدار خارج شده از الک ۶۳ میکرون جمع‌آوری و سانتریفیوژ شد. سپس، رسوبات سانتریفیوژ شده در آن و در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد خشک و برای آنالیز آماده شد (Walling et al., 2008).

انتخاب خصوصیات منشأیاب اولیه

به منظور تفکیک منابع رسوب، ۱۵ خصوصیت منشأیاب اولیه انتخاب شد که شامل موارد زیر است:

چهار نوع کانی رسی: Smektite، Chlorite،

Illite و Kaolinite؛ دو خصوصیت مغناطیسی قابلیت مغناطیسی فرکانس پایین^۱ (XLF) و قابلیت مغناطیسی وابسته به فرکانس^۲ (XFD)؛ عناصر کربن آلی (Oc)، نیتروژن کل (N)، و فسفر قابل جذب (P)؛ کاتیون‌های کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، پتاسیم (K)، و سدیم (Na)؛ و عناصر کروم (Cr) و کبالت (Co).

تفکیک منابع رسوب

کیفیت خصوصیات منشأیاب مورد استفاده در بررسی تفکیک منابع رسوبات پشت مخازن سدها در حوضه‌های مورد بررسی با استفاده از یک روش آماری دومرحله‌ای (Collins et al., 2001)، از لحاظ آماری، آنالیز شد: نخست از آزمون ناپارامتری کروسکال-والیس، بدین منظور که کدام یک از خصوصیات منشأیاب اختلاف معنی‌داری بین انواع منابع را نشان می‌دهد، استفاده شد. سپس، برای کاهش خصوصیات انتخابی اولیه، به طوری که دارای حداقل همبستگی و حداکثر توان تفکیک باشند، آنالیز تابع تشخیص^۳ (DFA, et al., 1975) (Nie) به کار گرفته شد.

تعیین سهم منابع رسوب

از مدل چندمتغیره ترکیبی (Walling et al., 1999) برای برآورد اهمیت نسبی منابع بالقوه رسوب استفاده شد (معادله ۱).

$$R_{es} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_{ssi} - \left(\sum_{s=1}^m c_{si} \cdot P_s \right)}{C_{ssi}} \right)^2 \quad (1)$$

1. Low Frequency Magnetic Susceptibility
2. Frequency Dependent Magnetic Susceptibility
3. Discrimination Function Analysis

بهینه شناخته شد، زیرا این ترکیب توانست منابع رسوب را صد در صد تفکیک کند. در این ترکیب Co، اولین متغیر ورودی، با ۶۶۷ درصد بیشترین طبقه‌بندی صحیح را داراست. در حوضه آبخیز عطاری ترکیب بهینه شامل چهار پارامتر - Na، Co، Xlf، و Kaolinite - است؛ این ترکیب توانست ۹۱/۷ درصد منابع رسوب را تفکیک کند. در این ترکیب Na، اولین متغیر ورودی، ۴۸/۹ درصد از منابع رسوب را تفکیک کرد. در حوضه آبخیز علی‌آباد پنج پارامتر - Na، Xlf، Ca، Co، و Smektite - ترکیب بهینه شناخته شد. این ترکیب توانست منابع رسوب را صد در صد تفکیک کند. در این حوضه نیز Na، اولین متغیر ورودی، بیشترین درصد طبقه‌بندی صحیح (۴۷/۲ درصد) را داراست. در هر سه حوزه، در ترکیب نهایی انتخاب‌شده به وسیله تحلیل تشخیص Co دیده می‌شود که نشان‌دهنده اهمیت بسیار زیاد این عنصر در تفکیک منابع رسوب است.

جدول ۴ سهم و اهمیت هر یک از منابع تولید رسوب در هر یک از حوضه‌ها را نشان می‌دهد. بر اساس جدول ۴، در حوزه آبخیز عمروان سازند قرمز بالایی (M۲) (۳۵/۹۰ درصد) بیشترین و سازند کواترن (Q) (۱۵/۳۸ درصد) کمترین سهم را در تولید رسوب حوضه داراست. سازندهای هزاردره (Qpl) و فرسایش خندقی (GE)، بعد از سازند قرمز بالایی، به ترتیب در رده‌های بعدی قرار دارند. خطای نسبی مدل چندمتغیره مورد استفاده برای برآورد سهم منابع رسوب برای هر یک از نمونه‌های رسوب از ۳ تا ۶/۷ متغیر بود و میانگین خطای نسبی برای همه نمونه‌ها حدود ۴/۳ به دست آمد. متوسط ضریب کارایی مدل حدود ۰/۹۸ است. در حوزه آبخیز عطاری سازند قرمز بالایی (M2) بیشترین (۲۳/۵۳ درصد) و سازند کرج (Ev) (۱۵/۶۹ درصد) کمترین سهم را در تولید رسوب حوضه داراست. خطای نسبی مدل چندمتغیره مورد استفاده برای برآورد سهم منابع رسوب برای هر یک از نمونه‌های رسوب از ۴/۵ تا ۲۱/۱۸ متغیر بود و میانگین خطای نسبی برای همه نمونه‌ها حدود ۱۲ به دست آمد. متوسط ضریب کارایی مدل حدود ۰/۹۴

در این معادله CSSi میزان خصوصیت منشأیاب است، i رسوبات داخل مخزن، CSI مقدار همان خصوصیت در منابع رسوب S، Ps سهم هر یک از منابع S در تولید رسوب، S نام واحد همگن، n تعداد خصوصیات منشأیاب، و Res حداقل مجموع مربعات باقی‌مانده.

برای به‌دست‌آوردن نتایج بهینه در تعیین سهم منابع رسوب و به جای حل مستقیم، از روش‌های بهینه‌سازی برنامه‌ریزی خطی به منظور حداقل‌نمودن تابع هدف (معادله ۱) استفاده شد (Collins et al, 2001). برای ارزیابی نتایج مدل چندمتغیره ترکیبی از معیارهای خطای نسبی، ضریب کارایی مدل (Nash et al, 1970)، و مشاهدات صحرائی استفاده شد.

نتایج

جدول ۲ نتایج آزمون کروسکال-والیس را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۲، در حوضه آبخیز عمروان، به‌جز سه منشأیاب N، Cr و Co، بقیه خصوصیات منشأیاب منابع رسوب را تفکیک کرده‌اند. در حوضه آبخیز عطاری، به‌جز N، و در حوضه علی‌آباد، به‌جز Cr، Co، و K، تمامی خصوصیات منشأیاب توانسته‌اند منابع رسوب را به‌خوبی تفکیک کنند. در جدول ۲، مقادیر آماره H بیانگر توان جداسازی هر یک از خصوصیات منشأیاب است و مقادیر بالای این آماره بیانگر توان بالای آن خصوصیت در جداسازی منابع رسوب. بر اساس مقادیر آماره H، در حوزه آبخیز عمروان Oc، Ph، و K، به ترتیب، دارای بالاترین و N، Cr و Co کمترین قدرت تفکیک‌اند. در حوزه آبخیز عطاری نیز Oc و Ph بیشترین قدرت تفکیک را دارد و N قدرت تفکیک کمی دارد. در حوزه آبخیز علی‌آباد Ilite قدرت تفکیک بسیار بالایی را نشان می‌دهد، در حالی که Cr، Co، و K، N قدرت تفکیک اندکی دارند.

جدول ۳ نتایج آنالیز تابع تشخیص (DFA) را، برای شناسایی ترکیب بهینه خصوصیات منشأیاب، نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد در حوضه آبخیز عمروان چهار خصوصیت - Co، Ph، Kaolinite، و K - ترکیب

جدول ۲. نتایج آزمون کروסקال-والیس جهت تعیین خصوصیات منشأیابی که قادرند منابع رسوب را به خوبی تفکیک کنند

علی آباد		عطاری		عمران		خصوصیات منشأیاب
H آماره	P آماره	H آماره	P آماره	H آماره	P آماره	
۸٫۸	*۰٫۰۳	۵٫۲۵	۰٫۲۶	۳٫۳	۰٫۳۵	N
۲۰٫۸۳	*	۳۱٫۲۳	*	۲۵٫۱۵	*	Ph
۲۳٫۹۴	*	۳۱٫۹۵	*	۲۶٫۶۷	*	OC
۸٫۶۷	*۰٫۰۳	۲۰٫۵	*	۱۴٫۹۹	*	Ca
۳٫۵۰	۰٫۳۲	۹٫۹۲	*۰٫۰۴	۴٫۸	۰٫۱۹	Cr
۷٫۵۷	۰٫۰۶	۱۳٫۰۶	*۰٫۰۱	۷٫۴۱	۰٫۰۶	Co
۱۷٫۸۸	*	۱۳٫۲۸	*	۲۳٫۴	*	Mg
۴٫۳۳	۰٫۲۳	۱۵٫۷۷	*	۲۴٫۷۷	*	K
۱۲٫۵۷	*۰٫۰۱	۲۱٫۹۳	*	۱۸٫۶۵	*	Na
۱۴٫۳۳	*	۲۰٫۰۴	*	۱۶٫۲	*	Smektite
۱۵٫۰۱	*	۱۹٫۹۵	*	۱۶٫۰۹	*	Cholorite
۳۶٫۶	*	۲۰٫۳۸	*	۱۶٫۳۵	*	Ilite
۱۰٫۹۶	*۰٫۰۱	۱۳٫۳	*۰٫۰۱	۱۱٫۲۱	*۰٫۰۱	Kaolinite
۱۵٫۱۶	*	۱۵	*	۹٫۲۸	*۰٫۰۳	X _{LF}
۱۶٫۶۶	*	۲۱٫۶۶	*	۱۶٫۶۷	*	X _{FD}

مقادیر بحرانی احتمال = ۰٫۰۵

جدول ۳. نتایج (DFA) جهت شناسایی ترکیب بهینه خصوصیات منشأیاب

حوضه آبخیز	گام	خصوصیت منشأیاب وارد شده	حداقل مربع فاصله ماهالانویس	Wilks' Lambda	درصد تجمعی طبقه‌بندی درست نمونه‌ها
عمران	۱	Oc	۰٫۲۸۶	۰٫۱۶۲	۶۶٫۷
	۲	Ph	۲٫۶۱	۰٫۰۶۳	۹۱٫۷
	۳	Kaolinite	۳٫۹۲	۰٫۰۲۵	۹۰٫۵
	۴	k	۱۲٫۳	۰٫۰۰۲	۱۰۰
عطاری	۱	Na	۰٫۱۱۸	۰٫۴۱۲	۴۸٫۹
	۲	Oc	۱٫۱۹	۰٫۰۶۲	۷۷٫۸
	۳	XLF	۲٫۱۹۵	۰٫۰۳	۸۸٫۹
	۴	Kaolinite	۳٫۱۹۲	۰٫۰۰۹	۹۱٫۷
علی آباد	۱	Na	۰٫۱۲۷	۰٫۵۰۲	۴۷٫۲
	۲	XLF	۰٫۰۲۶	۰٫۱۲۷	۶۱٫۶
	۳	Ca	۲٫۴۰۴	۰٫۰۳۶	۶۱٫۱
	۴	Oc	۳٫۸۸	۰٫۰۰۴	۸۱٫۱
	۵	Smektite	۴۵٫۸۳	۰۰۰	۱۰۰

برای برآورد سهم منابع رسوب برای هر یک از نمونه‌های رسوب از ۲/۳ تا ۲۱/۳۸ متغیر بود و میانگین خطای نسبی برای همه نمونه‌ها حدود ۱۱ به دست آمد. متوسط ضریب کارایی مدل حدود ۰/۹۹ است.

است. در حوضه آبخیز علی آباد سازند قرمز بالایی (M2) بیشترین (۸۶/۶۴ درصد) و سازندهای قم (Omq) و کواترن (Q) (۴/۰۵) کمترین سهم را در تولید رسوب حوضه دارند. خطای نسبی مدل چندمتغیره مورد استفاده

جدول ۴. سهم و اهمیت نسبی هر یک از منابع در تولید رسوب

حوضه آبخیز	منابع تولید رسوب	سهم کل (درصد)	میانگین خطای نسبی	متوسط ضریب کارایی
عمروان	سازند کواترنر (Q)	۱۵,۳۸	۴,۳	۰,۹۸
	سازند هزاردره (Qpl)	۲۸,۲۱		
	سازند قرمز بالایی (M۲)	۳۵,۹		
	فرسایش خندقی (GE)	۲۰,۵۱		
عطاری	سازند کواترنر (Q)	۱۹,۶۱	۱۲	۰,۹۴
	سازند هزاردره (Qpl)	۲۱,۵۷		
	سازند قرمز بالایی (M۲)	۲۳,۵۳		
	سازند قم (Om۱)	۱۹,۶۱		
علی‌آباد	سازند کرج (Ev)	۱۵,۶۹	۱۱	۰,۹۹
	سازند کواترنر (Q)	۴,۰۵		
	سازند قرمز بالایی (M۲)	۸۶,۶۴		
	سازند قرمز بالایی (M۱)	۲۷,۰۳		
	سازند قم (Om۱)	۴,۰۵		

به طوری که منابع نزدیک به آبراهه اصلی یا منابع نزدیک به خروجی حوضه سهم بیشتری در تولید رسوب دارند. اما به دلیل کوچک بودن حوضه‌های مورد بررسی در این تحقیق، این مشکل چندان درخور توجه نیست. خطای نسبی کم و ضریب بالای کارایی مدل‌های محاسبه شده نیز بیانگر صحت و کارایی مناسب آن است. این یافته تأییدکننده نتایج محققان دیگر (Walling et al, 2005) و (Collins et al, 2004) است؛ این محققان بیان می‌کنند که در حوضه‌های بزرگ، به دلیل وجود فرصت‌های رسوب‌گذاری فراوان در طول مسیر، رسوب کمتری به خروجی می‌رسد. نتایج نشان می‌دهد سازند قرمز بالایی در حوضه‌های عمروان، عطاری، و علی‌آباد، به ترتیب، با ۳۵/۹، ۲۳/۵۳، و ۸۶/۶۴ درصد بالاترین سهم را در تولید رسوب داراست، بنابراین، برنامه‌های مدیریت و کنترل رسوب باید بر این منابع متمرکز شود. سازند قرمز بالایی در این حوضه‌ها متشکل از مارن‌های دوره نئوژن بوده، و املاح نمک و گچ فراوانی دارد و سهم عمده تولید رسوب را به خود اختصاص داده است. این نتیجه با مطالعات حکیم‌خانی و همکاران (۲۰۰۷) و فیض‌نیا (۱۹۹۵)، که به فرسایش‌پذیری بالای مارن‌ها اشاره می‌کنند، مطابقت دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

آزمون کروسکال-والیس نشان می‌دهد که بیشتر عناصر مورد استفاده دارای قدرت تفکیک و جداسازی منابع رسوب‌اند. از بین پانزده خصوصیت انتخابی اولیه یازده خصوصیت $Ph, Co, Ca, Mg, Na, Smektite, -$ ، $Cholorite, Ilite, Kaolinite, XLF$ و XFD - در همه زیرحوضه‌ها توانستند منابع رسوب را به‌خوبی تفکیک کنند، بنابراین، بهترین خصوصیات منشأیاب برای این مناطق‌اند. از طرف دیگر، منشأیاب‌های N, Cr و Co در بیشتر موارد نتوانستند منابع رسوب را تفکیک کنند. خصوصیات منشأیاب در مناطق مختلف و با ویژگی‌های سنگ‌شناسی و اقلیمی گوناگون نتایج یکسانی ندارد، مثلاً منشأیاب N ، که در این تحقیق نتوانست منابع رسوب را به‌خوبی تفکیک کند، در مطالعات دیگر (Walling et al, 2008) و (Nichols, 2001) یکی از منشأیاب‌های مهم بود. بنابراین، در مطالعات منشأیابی انتخاب خصوصیات منشأیاب اولیه بسیار مهم است و باید خصوصیتی انتخاب شود که توانایی جداسازی مؤثر منابع رسوب را داشته باشد و از انتخاب خصوصیات غیرمؤثر اجتناب شود.

یکی از اشکالات روش انگشت‌نگاری، به‌ویژه در حوضه‌های بزرگ، موقعیت قرارگیری منابع مختلف است،

References

- [1]. Collins, A. L. and Walling, D. E. (2004). Documenting catchment suspended sediment sources: problems, approaches and prospects. *Progress in Physical Geography*, 28, 159-196.
- [2]. Collins, A. L. and 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.
- [3]. Collins, A. L., Walling, D. E., Sickingabula, H. M. and Leeks, G. J. L. (2001). Suspended sediment source fingerprinting in a small tropical catchment and some management implications. *Applied Geography*, 21, 387-412.
- [4]. Feiznia, S. (1995). Straight Rocks to erosion in different climate of Iran. *Journal of Iran. Natural Resources*, 47, 107-131.
- [5]. Foster, I. D. L., Lees, J. A., Jones, A. R., Chapman, A. S. and Turner, S. E. (2002). The possible role of agricultural land drains in sediment delivery to a small reservoir, Worcestershire, UK: a multiparameter fingerprint study. *IAHS Publication*, 276, 433-442.
- [6]. Hakim Khani, S. H., Ahmadi, H., Ghayoumian, J., Feiznia, S. and Bihamta, M. R. (2007). Determinining a suitable subset of geochemical elements for separation of lithological types of Poldasht waterspreading station basin, *Journal of. Iran. Natural. Resources*, 60, 693-711.
- [7]. Kouhpeima, A. (2007). Investigation of sediment deposits in small ponds and their relation to watershed characteristics (case study: Semnan Province), A thesis submitted to Graduated Studies Office in partial fulfillment of requirements for the degree of Master of Science at Watershed Management, University of Tehran, Iran.
- [8]. Krause, A. K., Franks, S. W., Kalma, J. D., Rowan, J. S. and Loughran, R. J. (2003). Multi-parameter fingerprinting of sediment deposition in a small gullied catchment in SE Australia. *Catena*, 53, 327-348.
- [9]. Nash, J. E. and Sutcliffe, J. E. (1970). River flow forecasting through conceptual models. *Journal of Hydrology*, 10, 282-290.
- [10]. Nichols, D. J. (2001). The source and behavior of fine sediment deposits in the River Torridge Devon and their implications for salmon spawning. PhD thesis, University of Exeter.
- [11]. Nie, N. H., Hull, C. H., Jenkins, J. G., Steinbrenner, K. and Bent, D. H. (1975). *Statistical package for the Social Science*. 2nd ed. McGraw-Hill, New York.
- [12]. Russell, M. A., walling, D. E. and Hodgkinson, R. A. (2001). Suspended sediment sources in two small lowland agriculter catchments in the UK. *Journal of hydrology*, 252, 1-24.
- [13]. Walling, D. E. (2005). Tracing suspended sediment sources in catchments and river systems. *Science of the Total Environment*, 344, 159-184.

- [14]. Walling, D. E., Collins, A. L. and Stroud, R. W. (2008). Tracing suspended sediment and particular phosphorus in catchments, *Journal of Hydrology*, 350, 274-289.
- [15]. 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. *Hydrology Process*, 13, 955-975.