

## تعیین سهم کاربری های مختلف اراضی در تولید رسوب با استفاده از روش منشأیابی (مطالعه موردی: حوضه پلدشت ماکو)

شاهرخ حکیم خانی<sup>1\*</sup>، حسن احمدی، شادروان جعفر غیومیان و حبیب نظر نژاد

استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه؛ [Hakimkhani@yahoo.com](mailto:Hakimkhani@yahoo.com)

استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

دانشیار پژوهشی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری

عضو هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه

### چکیده

در تعیین منابع رسوب در حوضه ها، به دلیل وجود مشکلات زیاد در کاربرد روشهای سنتی، روش انگشت نگاری، ردیابی یا عبارتی منشأیابی به عنوان روشی جایگزین و مناسب مورد توجه محققین مختلف قرار گرفته است. در این روش، خصوصیات فیزیکی، ژئوشیمیایی و آلی رسوب و منابع آن برای تعیین منابع اصلی رسوب و اهمیت نسبی آنها مورد استفاده قرار می گیرند. در روش یاد شده با استفاده از ترکیبی مناسب از خصوصیات جدا کننده منابع رسوب، سهم این منابع در تولید رسوب تعیین می شود. در این تحقیق، سعی شده است با بهره گیری از ترکیبی مناسب از عناصر ژئوشیمیایی، رادیواکتیو، کربن آلی، نیتروژن و فسفر که قادر به جداسازی کاربری های مختلف اراضی در یکی از زیر حوضه های حوضه ایستگاه پخش سیلاب پلدشت (حوضه مرگن) واقع در شهرستان ماکو از استان آذربایجان غربی هستند سهم کاربری های یاد شده تعیین شود. بعد از برداشت 106 نمونه معرف از واحدهای سنگ شناسی و 6 نمونه رسوب از انتهای حوضه نسبت به تجزیه ردیاب های یاد شده اقدام شد. با بهره گیری از روش تحلیل تشخیص، 8 ردیاب ( $^{137}\text{Cs}$ , OC, Pb, Be, Sn, P, Ti و Cu) از ردیاب های مورد استفاده به عنوان ترکیب مناسب انتخاب شدند. در آخر با استفاده از ترکیب یاد شده و مدلهای چند متغیره ترکیبی سهم کاربری های کشاورزی، مرتع با فرسایش های ورقه ای و شیاری و مرتع با فرسایش های خندقی، آبراه ای و رودخانه ای به ترتیب برابر با 20/34، 13/81 و 65/85 درصد بدست آمد و در کل کاربری مرتع تقریباً 80 درصد رسوب را تولید می کند. میانگین خطای نسبی تقریباً برابر با 12 درصد و متوسط ضریب کارایی مدل حدود 0/999 است و در ضمن نتایج با مشاهدات صحرائی همخوانی دارد. روش منشأیابی رسوب، روشی با ارزش برای کسب اطلاعات از نقش کاربری ها در تولید رسوب تشخیص داده شد.

واژه های کلیدی: ردیاب ها، منابع رسوب، کاربری های اراضی، پلدشت، تحلیل تشخیص، منشأیابی

### مقدمه

و سهم آنها در تولید رسوب و در نتیجه شناسایی مناطق بحرانی در داخل آبخیز است. اطلاعات در زمینه منابع

لازمه اجرای برنامه های حفاظت خاک و کنترل رسوب، کسب اطلاعات از اهمیت نسبی منابع رسوب

1- نویسنده مسئول، آدرس: ارومیه، دانشگاه ارومیه، پردیس نازلو، صندوق پستی 165

\* دریافت: 84/10/19 و پذیرش: 86/6/4

خاک منابع مختلف به جای پایش دراز مدت و گرانقیمت فرسایش و حمل رسوب دارد. مرور مطالعات انجام شده نشان می دهد که برای تعیین سهم و اهمیت نسبی نوع منابع رسوب از جمله انواع کاربری ها، فرسایش های سطحی و زیر سطحی (مانند رودخانه ای و خندقی) (Walden و همکاران، 1997 و Russel و همکاران، 2001)، منابع مکانی از جمله واحدهای سنگ شناسی (Collins و همکاران، 1998؛ Walling و همکاران، 1999 و امیری، 1381) یا زیر حوضه ها (Bottrill و همکاران، 2000؛ Walling و همکاران، 1999 و عطاپور و حکیم خانی، 1382) و ترکیبی از تمام منابع (Walling و همکاران، 1999 و Collins و همکاران، 1997) به کار رفته است. در مطالعات امروزی در مورد منشأیابی رسوبات از روش منشأیابی مرکب و کمی استفاده می شود. به این نحو که ابتدا ترکیبی از خصوصیات منشأیاب (ردیاب) انتخاب شده و سپس با استفاده از روشهای آماری، ترکیبی بهینه از ترکیب اولیه که قادر به جداسازی دقیق منابع رسوب باشند استخراج می شود. در آخر این خصوصیات برای تعیین سهم نسبی هر یک از منابع رسوب با استفاده از مدل های ترکیبی چند متغیره بکار برده می شوند.

علی رغم توسعه مطلوب روش منشأیابی رسوب در طول بیش از دو دهه گذشته و پتانسیل های بالای آن در تعیین منابع رسوب، هنوز عدم قطعیت هایی نیز در روش تحقیق آن وجود دارد. از این عدم قطعیت ها می توان به عدم وجود یک دستورالعمل مناسب برای انتخاب مناسبترین ترکیب از ردیابها جهت تفکیک منابع رسوب در حوضه ها و مناطق مختلف اشاره کرد (Foster و Lees، 2000 و Collins و Walling، 2002). با اینکه مطالعاتی وجود دارند (Walling و همکاران، 1999؛ Russel و همکاران، 2001 و Collins و همکاران، 1998) که نشان می دهند عناصر ژئوشیمیایی و خواص مغناطیسی برای جداسازی منابع مکانی نظیر واحدهای سنگ شناسی و عناصر آلی (کربن، نیتروژن و فسفر آلی) و رادیواکتیو ریزشی (بخصوص  $^{137}\text{Cs}$ ،  $^{210}\text{Pb}$  حمایت نشده و  $^7\text{Be}$ ) برای جداسازی نوع منابع رسوب مانند انواع فرسایش ها و کاربری های اراضی مناسب هستند، ولی با این حال تا به امروز اطلاعات کافی در مورد خصوصیتی منفرد یا ترکیبی از خصوصیات ردیاب که به عنوان منشأیاب قابلیت کاربرد جهانی داشته باشند بدست نیامده است (Foster و Lees، 2000 و Collins و Walling، 2002) و این مسئله یکی از چالش های اصلی تحقیقات جدید در مورد منشأیابی رسوب می باشد. با توجه به موارد فوق ضرورت انجام تحقیقات بیشتر در مورد منشأیابی احساس می شود.

رسوب می تواند در تهیه بیان رسوب آبخیز و در نتیجه شناسایی سیستم ایجاد رسوب، حمل و رسوبگذاری (Walling و همکاران، 2002)، ارزیابی مدل های فرسایش و تولید رسوب (Takken و همکاران، 1999) و تفسیر داده های تولید رسوب برحسب عوامل اقلیم و فیزیوگرافی (کاربری اراضی، زمین شناسی و غیره) (Summer، 1996). مقدار و توزیع مکانی فرسایش و الگوی شکل گیری سطح زمین (Peart و Walling، 1988) نیز مورد استفاده قرار گیرد. از روش های سنتی جمع آوری اطلاعات یاد شده در زمینه منابع رسوب می توان به پین ها و پلات های فرسایشی، بررسی های چشمی منابع رسوب از طریق عکس ها و مشاهدات صحرایی (Collins و Walling، 2002)، اندازه گیری بار رسوبی در انتهای زیر حوضه های آبخیز اصلی برای تعیین اهمیت نسبی آنها در تولید رسوب (Walling و Woodward، 1995) اشاره کرد. اما کاربرد این روش ها معمولاً با مشکلات نمونه گیری مکانی و زمانی و تنگناهای اجرایی مواجه بوده و بعضی از آنها به زمان و هزینه زیادی نیاز دارند (Collins و Walling، 2004 و Loughran و Campbell، 1995).

به دلیل وجود مشکلات یاد شده در کاربرد روشهای سنتی، روش انگشت نگاری<sup>1</sup> یا ردیابی یا بطور ساده تر منشأیابی که بر استفاده از خصوصیات رسوب متکی است به عنوان روشی جایگزین و مناسب برای تعیین منابع اصلی رسوب و اهمیت نسبی آنها مورد توجه محققین مختلف قرار گرفته است (Peart و Walling، 1988؛ Collins و Walling، 2004 و Walling، 2005). در طول بیش از دو دهه گذشته و از زمان کارهای اولیه نظیر تحقیقات Wall و Wilding (1976)، Oldfield و همکاران (1979) و Walling و همکاران (1979) کارآیی روش منشأیابی یا انگشت نگاری به عنوان روشی موفق و مؤثر برای تعیین منابع رسوب به اثبات رسیده است. مهمترین اصل این روش این است که منابع مختلف رسوب با استفاده از تعدادی از خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و آلی قابل شناسایی و تشخیص بوده و با مقایسه این خصوصیات با همان خصوصیات در نمونه های رسوب می توان سهم و اهمیت نسبی منابع رسوب را در تولید رسوب به دست آورد. این روش فاقد بسیاری از مشکلات روش های سنتی می باشد. از مهمترین مزایای این روش می توان به سرعت زیاد و اقتصادی بودن آن اشاره کرد. یعنی این روش تنها نیاز به جمع آوری و تجزیه و تحلیل نمونه های رسوب و

<sup>1</sup> - Fingerprinting techniques

## نمونه برداری و تجزیه آزمایشگاهی

در هر یک از کاربری های با فرسایش های ورقه ای و شیاری، نمونه های خاک از عمق 2 - 0 سانتیمتری و از کاربری های با فرسایش های خندقی، رودخانه ای و آبراهه ای، از کناره های در حال فرسایش به مقدار کافی (تقریباً دو کیلوگرم) و بوسیله یک بیلچه استیل برداشت شد. برای جلوگیری از مخلوط شدن نمونه ها، بیلچه استیل بعد از هر بار نمونه برداری تمیز می شد. نمونه ها طوری برداشت شده اند که معرف تغییرات کاربری های مختلف از جمله شیب باشند. تعداد نمونه ها از هر یک از کاربری ها حداقل 27 عدد و جمع نمونه ها 106 عدد می باشد. تعداد 6 نمونه نیز از رسوبات نهشته شده در بستر و کناره های رودخانه در خروجی حوضه برداشت شد. نمونه ها بعد از انتقال به آزمایشگاه در هوای آزاد و دمای اتاق خشک شده و سپس برای شکستن خاکدانه های احتمالی نمونه ها از یک هاون استفاده شد. در خاتمه برای جدا کردن بخش زیر 63 میکرون از الک مربوطه استفاده شده و از این بخش برای اندازه گیری ردياب های انتخابی در مرحله بعد استفاده شد. نقاط نمونه برداری در شکل (1) مشاهده می شوند.

در این مطالعه 36 ردياب شامل عناصر رادیواکتیو  $^{137}\text{Cs}$  و  $^{232}\text{Th}$ ، عناصر ژئوشیمیایی  $\text{In}$ ،  $\text{Cs}$ ،  $\text{Ce}$ ،  $\text{Bi}$ ،  $\text{Be}$ ،  $\text{Al}$ ،  $\text{Fe}$ ،  $\text{Zn}$ ،  $\text{Sn}$ ،  $\text{Pb}$ ،  $\text{Ni}$ ،  $\text{Cu}$ ،  $\text{Cr}$ ،  $\text{Co}$ ،  $\text{Cd}$ ،  $\text{Nb}$ ،  $\text{La}$ ،  $\text{Zr}$ ،  $\text{Hf}$ ،  $\text{Th}$ ،  $\text{Tl}$ ،  $\text{Ti}$ ،  $\text{Te}$ ،  $\text{Ta}$ ،  $\text{W}$ ،  $\text{V}$ ،  $\text{Ge}$ ،  $\text{Ga}$ ،  $\text{Y}$ ،  $\text{Mn}$  و  $\text{Se}$  و کربن آلی (OC) و نیتروژن کل (N) و فسفر قابل جذب (P) که در مطالعات گذشته به عنوان ردياب مورد استفاده قرار گرفته اند انتخاب شده اند. تجزیه آزمایشگاهی و تعیین غلظت عناصر ژئوشیمیایی با استفاده از ترکیبی از دو روش  $^{1}\text{ICP-MS}$  و  $^{2}\text{ICP-AES}$  و هضم توسط چهار اسید ( $\text{HF}$ ،  $\text{HNO}_3$ ،  $\text{HClO}_3$  و  $\text{HCl}$ )، فسفر قابل جذب به روش اولسن و به طریق طیفسنجی UV/Visible، کربن آلی به روش والکلی و بلاک و نیتروژن کل به روش کجلدال (علی احیایی و بهبهانی زاده، 1372) انجام شده است. در ضمن عناصر رادیواکتیو به روش گاما اسپکترومتری و با به کارگیری آشکارساز نیمه رسانای ژرمانیم بسیار خالص (آشکارسازهای HPGGe) ساخت شرکت EG & G Ortec و همراه با یک تجزیه گر چند کانالی اندازه گیری شده اند.

بخصوص اینکه در ایران تحقیقی در خصوص این روش انجام نشده و کارایی آن در تعیین سهم منابع رسوب در تولید رسوب بررسی نشده است. در این مطالعه با توجه به اهمیت کاربری اراضی در فرسایش و تولید رسوب (Walling، 1999 و Erskine و همکاران، 2002)، با انتخاب ترکیب مناسبی از ردياب ها و بررسی کارایی روش منشأیابی، نقش و اهمیت انواع کاربری های غالب در یکی از زیر حوضه های حوضه ایستگاه پخش سیلاب پلدشت واقع در شهرستان ماکو از استان آذربایجان غربی در تولید رسوب تعیین شده است. خصوصیات ردياب مورد استفاده شامل عناصر رادیواکتیو  $^{137}\text{Cs}$  و  $^{232}\text{Th}$ ، ژئوشیمیایی، کربن آلی (OC) و نیتروژن کل (N) و فسفر قابل جذب (P) می باشند.

## مواد و روش ها

## مشخصات حوضه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه از حوزه های آبخیز سد ارس و در جنوب بخش پلدشت از توابع شهرستان ماکو در استان آذربایجان غربی قرار دارد. این حوضه به مرگن معروف بوده و یکی از دو زیر حوضه ایستگاه پخش سیلاب پلدشت و در محدوده  $44^{\circ}47'24''$  تا  $44^{\circ}59'51''$  طول شرقی  $39^{\circ}00'21''$  تا  $39^{\circ}11'27''$  عرض شمالی واقع شده است. چینه شناسی حوضه از دوره تریاس تا عهد حاضر را در بر می گیرد و شامل واحدهای سنگ شناسی رسوبات کواترنری (مخروط افکنه ها، رسوبات رودخانه ای جدید و تراس های آبرفتی قدیم)، کنگلومرا، مارن الیگومیوسن (سازند قرمز فوقانی)، آهک الیگومیوسن، آهک و دولومیت تریاس بالایی و شیل و اسلیت تریاس پایین است. متوسط بارندگی سالانه منطقه 335 میلیمتر است. ارتفاع حداقل، حداکثر و متوسط وزنی حوضه به ترتیب برابر با 899، 2292/5 و 1289/65 متر است. شکل (1) موقعیت حوضه و کاربری های موجود در آن را نشان می دهد.

## روش تحقیق

## تهیه نقشه کاربری اراضی

برای تهیه نقشه کاربری اراضی، از نقشه های توپوگرافی با مقیاس  $\frac{1}{25000}$  به عنوان پایه استفاده شد. در نقشه های توپوگرافی یاد شده، کشت آبی از کشت دیم جدا نشده است. از این رو برای اصلاح اشکال یاد شده و سایر ایرادهای نقشه استخراج شده، از تصاویر ماهواره ای  $\text{ETM}^+$ ، عکس های هوایی و بازدیدهای صحرائی استفاده شد.

1- Inductively coupled plasma mass spectrometry  
2- Inductively coupled plasma atomic emission spectrometry

## بررسی امکان وجود داده های پرت

مشاهدات پرت می تواند اثر زیادی بر نتایج روش های آماری از جمله صحت طبقه بندی تحلیل تشخیص که در این تحقیق از آن برای جداسازی منابع رسوب (کاربری های اراضی) و تعیین ترکیبی مناسب از ردیاب ها استفاده شده است داشته باشند. باید تمام داده ها را با هدف تعیین مشاهدات یا اعداد پرت بررسی کرده و موارد واقعا پرت را حذف کرد (Hair و همکاران، 1998). برای تشخیص یک متغیره مشاهدات پرت از روش های  $(\text{Median} \pm 3 \text{ MAD})$  و نمودار جعبه ای (Reimann و همکاران، 2005) استفاده شده که تحت تأثیر داده های پرت قرار نمی گیرند. Median میانه داده ها و MAD، میانه انحراف های مختلف تمام داده ها از میانه است که از معادله زیر محاسبه می شود (Chiang و همکاران، 2003):

$$\text{MAD} = 1/482 \text{Median} (|x_i - x_{\text{median}}|) \quad (1)$$

برای تشخیص چند متغیره مشاهدات پرت از فاصله ماهالانویس استفاده شده است. برای یک نمونه چند متغیره P (تعداد متغیرها) بعدی، فاصله ماهالانویس برای مشاهده i ام از رابطه زیر بدست می آید:

$$\text{MD}_i = \left( (X_i - \bar{X})^T C^{-1} (X_i - \bar{X}) \right)^{1/2} \quad (2)$$

که در آن،  $X_i$  بردار متغیرها برای مشاهده i ام،  $\bar{X}$  بردار میانگین متغیرها (مرکز ثقل مشاهدات) و C؛ ماتریس کواریانس نمونه است. خصوصیات مربع فاصله ماهالانویس ( $\text{MD}^2$ ) طوری است که اجازه استفاده از آزمونهای آماری از جمله آزمون t و آزمون مربع کای ( $\chi^2$ ) را برای بررسی داده های پرت می دهد. در این تحقیق از مقایسه  $\text{MD}^2$  و توزیع t (Hair و همکاران، 1998) استفاده شد. هرگاه مقدار یاد شده با توجه به درجه آزادی (df) و سطح معنی داری مورد نظر بیشتر از t جدول باشد داده مربوطه پرت محسوب می شود.

## بررسی فرض های تحلیل تشخیص

همان طور که ذکر شد روش آماری تحلیل تشخیص در این تحقیق برای جداسازی منابع رسوب و تعیین ترکیبی مناسب از ردیاب ها مورد استفاده قرار گرفته است. باید قبل از کاربرد تحلیل تشخیص، فرض های آن برقرار باشد. فرض های اصلی روش تحلیل تشخیص شامل فرض های نرمال چند متغیره، برابری ماتریس های کواریانس و عدم وجود هم خطی چندگانه قوی بین متغیرها می باشند. برای بررسی فرض نرمال هر یک از عناصر از روش گرافیکی چندک - چندک و آزمون های Shapiro - Wilks و Kolmogorov - Smirnov برای

بررسی نرمال چند متغیره از روش گرافیکی چندک - چندک مربع فاصله ماهالانویس مرتب شده در مقابل توزیع مربع کای مرتب شده (Reimann و Filzmoser، 2000) و برای بررسی برابری ماتریس های کواریانس از آزمون Box's M (Hair و همکاران، 1998) استفاده شده است. برای تشخیص هم خطی چندگانه از عدد تحمل و عکس آن (عامل تورم واریانس) استفاده شده است (Hair و همکاران، 1998). عدد تحمل برابر یا کوچکتر از 0/1 و عامل تورم واریانس برابر یا بزرگتر از 10 بیانگر هم خطی قوی بین متغیرها است برای مقابله با مشکلات ناشی از هم خطی چندگانه قوی، ترکیب هایی از عناصر طوری انتخاب شدند که کمترین هم خطی در بین آنها وجود داشته باشد. انتخاب ترکیبی بهینه از ردیاب هایی که قادر به تفکیک منابع رسوب (کاربری های اراضی) باشد.

برای انتخاب ترکیبی مناسب از ردیاب ها که به طور جمعی قادر به تفکیک منابع رسوب باشند از روش تحلیل تشخیص گام به گام و برای انتخاب متغیرهای مستقل از روش مربع فاصله ماهالانویس استفاده شده است. سطح معنی داری آماره F برای ورود و حذف متغیر نیز به ترتیب برابر با 0/05 و 0/1 در نظر گرفته شد. برای نشان دادن توان جداسازی یا طبقه بندی تحلیل تشخیص، معنی داری توابع، اختلاف گروه ها و ماتریس طبقه بندی بررسی شده است. درصد طبقه بندی صحیح مهمترین معیار بررسی توان طبقه بندی تحلیل تشخیص می باشد که برای تعیین آن از ماتریس طبقه بندی استفاده شده است. در ضمن به منظور ارزیابی نتایج تحلیل تشخیص از روش ارزیابی متقابل (Hair و همکاران، 1998) استفاده به عمل آمده است.

## تعیین سهم کاربری های اراضی در تولید رسوب

روش مدل های ترکیبی چند متغیره بیش از سایر روشها برای تعیین سهم منابع رسوب مورد استفاده قرار می گیرد (برای مثال Walling، 2005؛ Collins و همکاران، 1998 و Walden و همکاران، 1997). در مدل های یاد شده از برنامه نویسی خطی برای حل تعدادی از معادلات استفاده می شود (Rowan و همکاران، 2000 و Foster و Lees، 2000). در این مدلها فرض بر این است که ترکیب و مخلوط شدن خصوصیات منشأیاب از منابع (منشأهای) مختلف به صورت خطی است. از این رو مدل یا معادله ترکیبی برای هر یک از خصوصیات منشأیاب به صورت زیر در نظر گرفته شد:

$$\hat{X}_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} b_j \quad (3)$$

معادله (4) با در نظر گرفتن دو شرط فوق به روش بهینه سازی خطی و با استفاده از نرم افزار Whats Best! حل شد.

#### تعیین ضریب تصحیح اندازه ذرات ( $Z_j$ )

طبیعت انتخابی فرایندهای فرسایش و انتقال رسوب باعث غنی شدن یا تهی شدن رسوب از نظر بعضی از اندازه ها می شود. در اثر این فرآیند، توزیع اندازه ذرات نمونه های رسوب و خاک منشأ متفاوت خواهد بود. بنابراین مقایسه بین خصوصیات خاک منابع رسوب و نمونه های رسوب که از نظر اندازه ذرات اختلاف دارند صحیح نخواهد بود. جهت رفع این عیب و فراهم آوردن امکان مقایسه مستقیم بین نمونه های رسوب و نمونه های خاک باید از روشهای اصلاحی استفاده شود. در این تحقیق با این فرض که خصوصیات منشأیاب به یک اندازه تحت تأثیر فرآیند غنی شدن یا تهی شدن قرار می گیرند و به دلیل نقش زیاد پارامتر سطح ویژه در میزان خصوصیات منشأیاب و انعکاس ترکیب اندازه ذرات، از نسبت سطح ویژه هر یک از نمونه های رسوب به متوسط سطح ویژه نمونه های خاک هر یک از منابع رسوب برای اصلاح خصوصیات منشأیاب منابع رسوب استفاده شد (Collins و همکاران، 1997 و Walling، 1998 و Owens و همکاران، 2000):

$$Z_j = \frac{S_s}{S_j} \quad (7)$$

$S_s$ ؛ سطح ویژه متوسط نمونه رسوب و  $S_j$ ؛ سطح ویژه متوسط نمونه های خاک منبع رسوب  $Z_j$  می باشند.

سطح ویژه متوسط نمونه های خاک و رسوب از روی ترکیب اندازه ذرات برآورد شد. برای ذرات سیلت با فرض کروی بودن دانه ها و برای رس با فرض صفحه ای و پولکی بودن دانه ها، سطح ویژه به ترتیب از نسبت های  $\frac{6}{\rho_p d}$  و  $\frac{4 + 2d/h}{\rho_p d}$  تعیین شد (Skopp، 2000).

پارامترهای  $\rho_p$ ،  $d$  و  $h$  به ترتیب برابر با وزن مخصوص حقیقی (2/65 سانتیمترمربع برگرم)، قطر ذرات و ضخامت ذره رس می باشند. از آنجا که ضخامت رس نسبت به طول آن بسیار کوچک است، لذا در این تحقیق نسبت  $d/h$  برابر با ده (Skopp، 2000) در نظر گرفته شده است.

دانه بندی و تعیین ترکیب اندازه ذرات نمونه های منابع رسوب و رسوب در مرکز تحقیقات

در این معادله  $\hat{X}_i$ ؛ برابر با مقدار برآوردی ردیاب  $i$  ام ( $m$  و ... و 2 و 1)؛ مقدار میانگین ردیاب  $i$  ام در کاربری  $J$  ام ( $n$  و ... و 2 و 1)؛  $b_j$ ؛ سهم کاربری  $J$  ام،  $m$ ؛ تعداد کاربری ها و  $n$ ؛ تعداد خصوصیات ردیاب است.

برای هر یک از خصوصیات منشأیاب، معادله (3) تکرار می شود و بنابراین به تعداد خصوصیات، معادله وجود خواهد داشت و مدل چند متغیره ترکیبی با تعدادی معادله مشخص خواهد شد. با حل این معادلات می توان سهم هر یک از کاربری ها را بدست آورد. چون مجموعه معادلات یاد شده دارای مجهولات زیادی بوده و راه حل های متنوعی می تواند داشته باشد از این رو برای بدست آوردن نتایج بهینه در تعیین سهم منابع رسوب و به جای حل مستقیم از روشهای بهینه سازی استفاده می شود (Walling و Collins، 2000). در این تحقیق از روش حداقل کردن مجموع مربعات باقیمانده برای بدست آوردن نتایج یا سهم بهینه کاربری ها به صورت زیر استفاده شد:

$$R = \sum_{i=1}^m \left( \frac{X_i - \left( \sum_{j=1}^n a_{ij} b_j Z_j \right)}{X_i} \right)^2 w_i \quad (4)$$

در این معادله،  $R$ ؛ مجموع مربعات باقیمانده و  $X_i$ ؛ مقدار اندازه گیری شده ردیاب  $i$  ام در نمونه رسوب،  $w_i$ ؛ ضریب وزنی ویژه ردیاب  $i$  ام،  $Z_j$ ؛ ضریب اصلاحی اندازه ذرات برای کاربری  $J$  ام می باشند. طرز محاسبه ضریب اصلاحی اندازه ذرات و ضریب وزنی ویژه به ترتیب در زیر توضیح داده شده است.

جوابهای بهینه برای سهم کاربری ها به روش بهینه سازی خطی و با حداقل کردن معادله (4) با استفاده از عملیات تکرار و با در نظر گرفتن دو شرط زیر بدست آمد. با به حداقل رسیدن  $R$  معادلات حل شده و سهم هر کدام از کاربری ها برای نمونه رسوب مورد نظر بدست می آید. این کار را برای تمام نمونه های رسوب انجام داده و از مقادیر سهم هریک از کاربری ها برای بدست آوردن سهم متوسط میانگین گیری شد.

الف- مقادیر ضریب سهم هر یک از کاربری ها باید بین صفر و یک باشد

$$0 \leq b_j \leq 1 \quad (5)$$

ب- مجموع ضرائب سهم هر یک از کاربری ها باید برابر با یک باشد:

$$\sum_{j=1}^n b_j = 1 \quad (6)$$

بدست آمده، برآوردی بهتر از میانگین مشاهدات (ردیاب ها) ندارد.

### نتایج

کاربری های موجود در حوضه شامل کشت دیم، کشت آبی، باغ، روستا و مراتع هستند که مساحت تحت پوشش آنها به ترتیب برابر با 4517/53 (46/56 درصد)، 867/41 (8/94 درصد)، 176/59 (1/82 درصد)، 94/12 (0/97 درصد) و 4046/95 (41/71 درصد) هکتار است. بنابراین کشت دیم و مراتع بیشترین و باغ و روستا کمترین گسترش را دارند. شکل (1) نقشه کاربری های موجود را نشان می دهد. در کل کشت آبی و باغ موجود در حوضه به دلیل مساحت کم و واقع شدن در دشت ها (روی رسوبات کواترنری) و شیب نزدیک به صفر که فرسایش بسیار ناچیزی نیز در آنها مشاهده می شود با کشت دیم ادغام شدند. دو کاربری یاد شده (کشت آبی و باغ) جمعاً حدود 10/76 درصد حوضه را تشکیل می دهند.

بررسی یک متغیره و چند متغیره داده های پرت نشان داد که هیچ یک از نمونه ها در تعداد قابل توجهی از متغیرها (ردیاب ها) و از نظر ترکیب ردیاب ها، پرت نیستند، لذا شواهد قوی مبنی بر پرت بودن و عضو جامعه نبودن آنها وجود نداشته و نمی توان نسبت به حذف آنها اقدام کرد. به عقیده Hair و همکاران (1998) نیز داده های با شرایط یاد شده نباید حذف شوند.

بررسی نرمال یک متغیره ردیاب ها نشان داد که تنها پنج عنصر Cr، Cu، Pb، Zn و <sup>232</sup>Th از توزیع نرمال تبعیت می کنند. شکل (2) نمودار چندک-چندک مربع فاصله ماهالانویس مرتب شده در مقابل توزیع مربع کای مرتب شده را نشان می دهد. با توجه به شکل یاد شده و انحراف قابل توجه نقاط از خط راست، مجموعه متغیرها از توزیع نرمال چند متغیره نیز تبعیت نمی کنند. عدم تبعیت مجموعه متغیرها از فرض نرمال حیاتی نیست و آزمون معنی داری حاصل تا زمانی که غیر نرمال بودن ناشی از چولگی است و نه داده های پرت، معتبر است (Fidell و Tabachnick، 1996). از آنجا که قبلاً مسئله وجود داده های پرت بررسی شده و هیچ نمونه ای به طور قطع پرت تشخیص داده نشد، لذا می توان نتیجه گرفت که عدم تبعیت مجموعه متغیرها از فرض نرمال ناشی از چولگی است و تحلیل را ادامه داد. آزمون Box's M تحلیل ها معنی دار است و این نشان دهنده عدم برابری ماتریس های کواریانس گروه های مختلف (کاربری های اراضی) است. آزمون یاد شده به طور قابل ملاحظه ای تحت تأثیر نرمال بودن یا نبودن داده ها است (Hair و همکاران، 1998). چون در اینجا داده ها از توزیع نرمال

اقیانوس شناسی و به روش دانه بندی لیزری<sup>1</sup> و با حذف مواد آلی به وسیله آب اکسیژنه انجام گرفته است.

اندازه گیری ضریب وزنی ویژه هر یک از ردیاب ها ( $w_i$ )

ردیابهایی که دقت اندازه گیری آنها بالا است باید تأثیر بیشتری در برآورد مدلهای ترکیبی چند متغیره داشته باشند. برای وزن دادن به ردیابها براساس دقت اندازه گیری آنها، از یک ضریب وزنی ویژه ( $w_i$ ) استفاده شد (Collins و همکاران 2001 و Walling، 2005). برای محاسبه آن، ابتدا هر یک از ردیابها با پنج تکرار در آزمایشگاه اندازه گیری شده و مقادیر حاصل با تقسیم شدن بر میانگین خود استاندارد شدند. سپس ضریب وزنی ویژه ( $w_i$ ) هر یک از ردیابها با محاسبه عکس ریشه دوم واریانس داده های استاندارد شده همان ردیاب ها بدست آمد.

### ارزیابی نتایج مدل چند متغیره ترکیبی

از معیارهای خطای نسبی (Walling و Woodward، 1995 و Collins و همکاران، 2001)، ضریب کارایی مدل (Walling و Woodward، 1995 و Rowan و همکاران، 2000) و روشهای غیر مستقیم و مشاهدات صحرائی (Collins و همکاران، 1998 و Rowan و همکاران، 2000) می توان برای ارزیابی نتایج مدل های چند متغیره ترکیبی استفاده کرد. در این تحقیق نتایج به روشهای یاد شده ارزیابی شد. معیارهای خطای نسبی را می توان برای هر ردیاب، ترکیب ردیابها برای هر یک از نمونه های رسوب و کل نمونه ها با استفاده از مقادیر برآورد ردیاب های یاد شده توسط مدل و مقادیر اندازه گیری شده آنها در نمونه های رسوب محاسبه کرد. ضریب کارایی مدل را نیز می توان با استفاده از معادله (8) که توسط Nash و Sutcliffe (1970) ارایه شده محاسبه کرد:

$$ME = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m (X_i - \hat{X}_i)^2}{\sum_{i=1}^m (X_i - \bar{X}_i)^2} \quad (8)$$

ME؛ ضریب کارایی مدل و  $\bar{X}_i$ ؛ میانگین مقادیر اندازه گیری شده ردیاب  $i$  ام برای تمام نمونه های رسوب است. سایر پارامترها قبلاً توضیح داده شده اند. مقادیر نزدیک به عدد یک بیانگر کارایی خوب مدل خواهد بود. عدد صفر برای ضریب یاد شده به این معنی است که مدل

یک طرفه به ترتیب 13/2، 20/2، 9/2 و 8/7 درصد هستند. در ضمن عناصر  $^{137}\text{Cs}$ ،  $\text{Ti}$ ،  $\text{Mn}$ ،  $\text{OC}$ ،  $\text{N}$  و  $\text{P}$  از نظر هر دو آزمون بسیار معنی دار هستند که حاکی از توان بالای آنها در تفکیک انواع کاربری ها است. بررسی های اولیه نشان داد که آزمون های آماری و تحلیل تشخیص قادر به تفکیک مناسب دو کاربری مرتع و کشاورزی نیستند. علت آن را می توان به قرار دادن فرسایش های سطحی و شیاری و فرسایش های آبراهه ای، خندقی و رودخانه ای در یک گروه به نام مرتع ربط داد. در حالی که دو گروه فرسایش یاد شده از نظر ردیاب های مورد استفاده اختلاف های زیادی دارند. با تفکیک مرتع به دو گروه مرتع با آبراهه ها، خندق ها و رودخانه ها و مرتع با فرسایش های سطحی و شیاری معنی داری آزمون های آماری و کارایی و درصد طبقه بندی صحیح تحلیل تشخیص به طور قابل ملاحظه ای افزایش یافت. در مطالعاتی مانند Walling و همکاران (1999)، Woodward (1995) و Collins و همکاران (1997) نیز به روش یاد شده عمل شده است. بنابراین سه گروه یعنی اراضی کشاورزی، اراضی مرتعی با آبراهه ها، خندق ها و رودخانه ها و اراضی مرتعی با فرسایش های سطحی و شیاری مد نظر هستند. از میان ترکیب های به دست آمده، ترکیبی که فاقد عناصر  $\text{Zr}$ ،  $\text{Bi}$ ،  $\text{V}$  و  $\text{Co}$  (به علت داشتن همبستگی زیاد با سایر عناصر)، کمترین هم خطی و بیشترین درصد طبقه بندی درست را برای کاربری های اراضی نسبت به سایر ترکیب ها نشان داد و در نهایت ترکیب نهایی از آن انتخاب شد. مراحل مختلف اضافه شدن عناصر ردیاب در توابع تشخیص به روش گام به گام و تأثیر آنها بر توان جداسازی تحلیل تشخیص برای کاربری های اراضی در جدول (2) مشاهده می شود. با عنایت به جدول یاد شده ملاحظه می شود که با اضافه شدن هر عنصر مقدار مربع فاصله ماهالانویس افزایش، Wilks' Lambda کاهش و درصد تجمعی طبقه بندی درست نمونه ها افزایش یافته و سطح معنی داری بهتر شده است و در نتیجه توان جداسازی تحلیل و میزان تفکیک بین گروه ها افزایش یافته است. عنصر  $^{137}\text{Cs}$  اولین و آخرین متغیرهای ورودی هستند.  $^{137}\text{Cs}$  بیشترین درصد طبقه بندی صحیح (67 درصد) را نشان داده و عنصر  $\text{Pb}$  با اینکه سهمی در افزایش درصد طبقه بندی صحیح ندارد ولی با توجه به زیاد کردن فاصله ماهالانویس و کاهش Wilks' Lambda (جدول 2)، باعث افزایش اختلاف گروه ها (کاربری های اراضی) شده است. بیش از 78 درصد طبقه بندی درست نمونه ها مربوط به سه عنصر  $^{137}\text{Cs}$ ،  $\text{OC}$  و  $\text{P}$  است که بیانگر توان بالای آنها در تفکیک کاربری ها است. بنابراین ترکیب مناسبی از عناصر که قادر

چند متغیره تبعیت نمی کنند، آزمون یاد شده نیز عدم برقراری فرض برابری ماتریس های کواریانس را نشان می دهد. در چنین حالتی برای به حداقل رساندن تأثیر فرض یاد شده بر نتایج تحلیل تشخیص می توان به جای ماتریس کواریانس ادغام شده (کلی) از ماتریس های کواریانس جداگانه (هریک از گروه ها) استفاده کرد (Hair و همکاران، 1998). در این مطالعه این کار انجام شد و به علت نداشتن اختلاف زیاد با حالت معمولی به این نتیجه رسیدیم که عدم برقراری فرض برابری ماتریس های کواریانس در این تحقیق تأثیر کمتری بر نتایج دارد. وجود هم خطی چندگانه قوی باعث مشکلاتی در تفسیر اهمیت هر یک از متغیرها و ناپایداری نتایج طبقه بندی تحلیل تشخیص می شود (Nas، Mevic و Hair 2001 و همکاران، 1998). در جدول (1) معیارهای عدد تحمل و عامل تورم واریانس برای ردیاب های مختلف ارائه شده است. با توجه به این جدول بیشتر عناصر با داشتن عامل تورم واریانس بیش از 10 دارای هم خطی قوی بین خود و سایر عناصر می باشند. عناصر  $\text{Fe}$ ،  $\text{Nb}$ ،  $\text{Ga}$ ،  $\text{Zr}$ ،  $\text{Ta}$  و  $\text{Hf}$  به ترتیب با داشتن عامل تورم واریانس برابر با 105/81، 133/17، 140/68، 156/03، 193/92 و 196/79 بیشترین هم خطی چندگانه را با یکدیگر و با عناصر دیگر دارند. در این مطالعه برای مقابله با مسئله هم خطی چندگانه قوی بین ردیاب ها، ترکیب هایی از عناصر برای تحلیل تشخیص طوری انتخاب شدند که دارای کمترین هم خطی و حداکثر با عامل تورم واریانس برابر یا کوچکتر از 10 باشند.

همان طور که جدول (1) نشان می دهد از نظر آزمون Kruskal - Wallis اختلاف میانگین های حدود 14 عنصر ( $\text{Ti}$ ،  $\text{V}$ ،  $\text{Mn}$ ،  $\text{Fe}$ ،  $\text{Zn}$ ،  $\text{Pb}$ ،  $\text{Cu}$ ،  $\text{Co}$ ،  $\text{Cd}$ ،  $\text{Nb}$ )،  $^{137}\text{Cs}$ ،  $\text{OC}$ ،  $\text{N}$  و  $\text{P}$ ) در کاربری های مختلف در سطح کمتر از 5 درصد معنی دار هستند که بیانگر این است که تمام عناصر یاد شده دارای قدرت تفکیک و جداسازی کاربری های موجود در حوضه مورد مطالعه می باشند. دو عنصر  $\text{Al}$  و  $\text{Ni}$  نیز به ترتیب در سطح های 7/7 و 8/7 درصد معنی دار هستند. به عبارت دیگر، میانگین غلظت هر یک از عناصر یاد شده حداقل در یکی از کاربری ها (گروه ها) متفاوت از کاربری های دیگر است. آزمون تجزیه واریانس یک طرفه نیز نتایج آزمون Kruskal - Wallis را به غیر از چهار مورد ( $\text{V}$  و  $\text{Cd}$ ،  $\text{Ni}$ ،  $\text{Al}$ ) تأیید می کند. کاربرد آزمون تجزیه واریانس یک طرفه برای چهار عنصر یاد شده نیز به علت عدم تبعیت آنها از توزیع نرمال نمی تواند صحیح باشد. سطح های معنی داری عناصر  $\text{Al}$ ،  $\text{Ni}$ ،  $\text{Cd}$  و  $\text{V}$  به روش آزمون تجزیه واریانس

1/22 تا 18 درصد متغیر است و میانگین خطای نسبی برای تمام نمونه ها تقریباً برابر با 12 درصد به دست آمد. متوسط ضریب کارایی مدل حدود 0/999 است. خطای نسبی کم و ضریب کارایی بالای مدل بیانگر صحت و کارایی مناسب آن است. مشاهدات صحرائی نیز نتایج بدست آمده و صحت و عملکرد مناسب مدل را تأیید می کند. بیشتر اراضی کشاورزی (بیش از 85 درصد) در شیب های کمتر از 12 درصد قرار دارند و آثار فرسایش در آنها کم است. حدود 22 درصد از اراضی کشاورزی موجود بر روی واحد کنگلومرا دارای شیبی بیش از 12 درصد بوده و شخم در جهت شیب است و آثار فرسایش های سطحی و شیبی به وضوح در آن دیده می شود. ولی در اراضی مرتعی اشکال مختلف فرسایش نظیر سطحی، شیبی، خندقی، آبراهه ای و رودخانه ای به صورت فعال به وفور مشاهده می شود، به طوری که در بیش از 23 درصد اراضی یاد شده، فرسایش های خندقی، آبراهه ای و رودخانه ای غالب است.

#### بحث

با توجه به جدول (1) توان حدود 14 عنصر (OC, <sup>137</sup>Cs, Ti, V, Mn, Fe, Zn, Pb, Cu, Co, Cd, Nb) در جداسازی کاربری های اراضی حوضه مورد مطالعه از نظر آزمون های آماری و در سطح کمتر از 5 درصد معنی دار بوده و این عناصر به عنوان ردیاب قادر به جداسازی کاربری های یاد شده هستند. مناسب ترین ترکیب از 36 عنصر مورد مطالعه نیز که بیشترین قدرت تفکیک را دارا بوده و با استفاده از تحلیل تشخیص به دست آمده است، 8 عنصر مندرج در جدول (2) می باشد. علت عدم ورود عناصر دیگر نیز مسئله هم خطی و داشتن همبستگی زیاد با عناصر وارد شده در مدل است. در نتیجه یکی از اثرات هم خطی چندگانه در بین متغیرهای مستقل، تأثیر بر انتخاب متغیرها است. ممکن است بعضی از متغیرهایی که همبستگی بالایی با متغیر وابسته دارند به علت همبستگی زیاد با یک یا چند متغیر مستقلی که قبلاً در مدل وارد شده اند حذف شوند. در کل می توان از ترکیب یاد شده برای تعیین سهم کاربری های اراضی حوضه مورد مطالعه و حوضه های مشابه در تولید رسوب استفاده کرد. بیش از 78 درصد طبقه بندی درست نمونه ها مربوط به سه عنصر <sup>137</sup>Cs, OC و P است که بیانگر توان بالای آنها در تفکیک کاربری ها است. نتایج تحقیقی از جمله Wallbrink و همکاران (1998)، Collins و همکاران (1997)، Zhang و Walling (2005) و Walling و همکاران (1999) نیز نتایج یاد شده را تأیید می کنند. عناصر رادیواکتیو ریزشی (مانند <sup>137</sup>Cs)، کربن آلی، نیتروژن

به جداسازی کاربری های اراضی باشند متشکل از 8 عنصر جدول (2) می باشند. در ضمن عامل تورم واریانس برای عناصر ترکیب یاد شده، حداکثر 10 است که بیانگر عدم وجود هم خطی شدید بین عناصر ورودی به مدل است. سایر عناصر با داشتن آماره F برای ورود بیشتر از 5 درصد و به علت نداشتن توان جداسازی کافی حذف شده اند. درصد طبقه بندی صحیح نمونه ها در کاربری های اراضی مربوطه در مرحله تحلیل برابر با 86/8 درصد و در مرحله ارزیابی برابر با 84 درصد می باشند.

ضرایب وزنی ویژه عناصر انتخابی در جدول (1) مشاهده می شود. همان طور که قبلاً گفته شد، ضریب وزنی ویژه ( $w_i$ ) جهت لحاظ دقت اندازه گیری های هر یک از ردیاب ها در برآورد سهم منابع رسوب محاسبه می شود و مقادیر بزرگتر بیانگر دقت بیشتری است. مقادیر ضرایب در جدول یاد شده از 0/038 (N) تا 1 (Te) متغیر هستند.

متوسط مقادیر ضرایب تصحیح اندازه ذرات ( $Z_i$ ) برای کاربری های مرتع، کشاورزی و آبراهه ها و خندق ها و رودخانه ها به ترتیب برابر با 0/84، 0/84 و 0/80 می باشند. این مقادیر نیز نشان دهنده غنی شدن ذرات رسوب از نظر ذرات درشت تر و تهی شدن از نظر ذرات ریزتر است.

سهم کاربری های اراضی در تولید رسوب در جدول (3) مشاهده می شود. طبق ستون سوم جدول یاد شده، اراضی مرتعی با آبراهه ها، خندق ها و رودخانه ها بیشترین (65/85 درصد) و اراضی مرتعی با فرسایش های سطحی و شیبی (13/81 درصد) کمترین سهم را در تولید رسوب حوضه دارند. در کل مراتع با 79/66 درصد بیشترین سهم را در مقایسه با اراضی کشاورزی (20/34 درصد) در تولید رسوب دارند. ترتیب یاد شده، براساس سهم کل بوده و در آن مساحت تحت پوشش هر یک از کاربری ها منظور نشده است. برای بررسی اهمیت نسبی کاربری ها و فراهم آوردن امکان مقایسه آنها، در جدول یاد شده (جدول 3) سهم کل (ستون سوم) بر درصد مساحت تحت پوشش (ستون دوم) تقسیم شده است. براساس ستون یاد شده، اراضی مرتعی با داشتن ضریب برابر با 1/91 در مقایسه با اراضی کشاورزی (با ضریب برابر با 0/35) نقش و اهمیت زیادی در تولید رسوب حوضه دارند. در کل می توان گفت که اراضی مرتعی تقریباً 80 درصد رسوب حوضه را تولید می کنند.

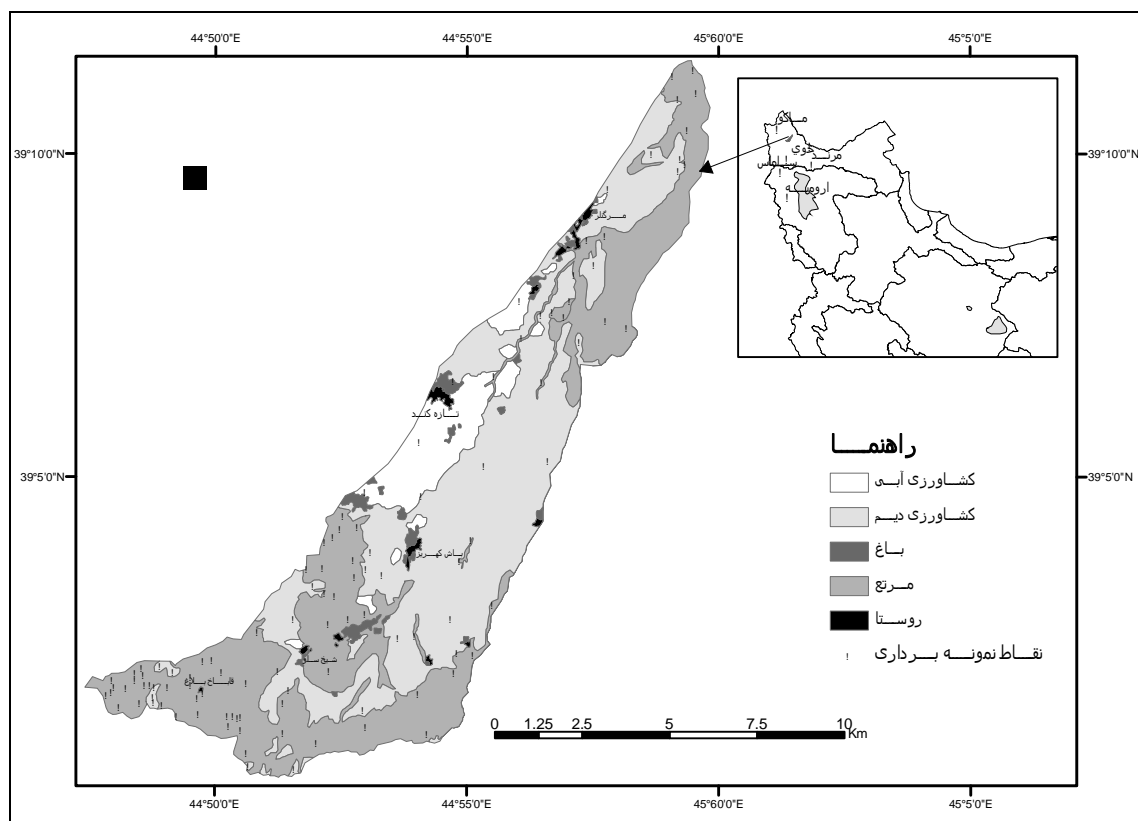
خطای نسبی مدل چند متغیره مورد استفاده برای برآورد سهم کاربری های اراضی برای هر یک از نمونه های رسوب از 2/4 تا 24 درصد و برای تمام نمونه ها



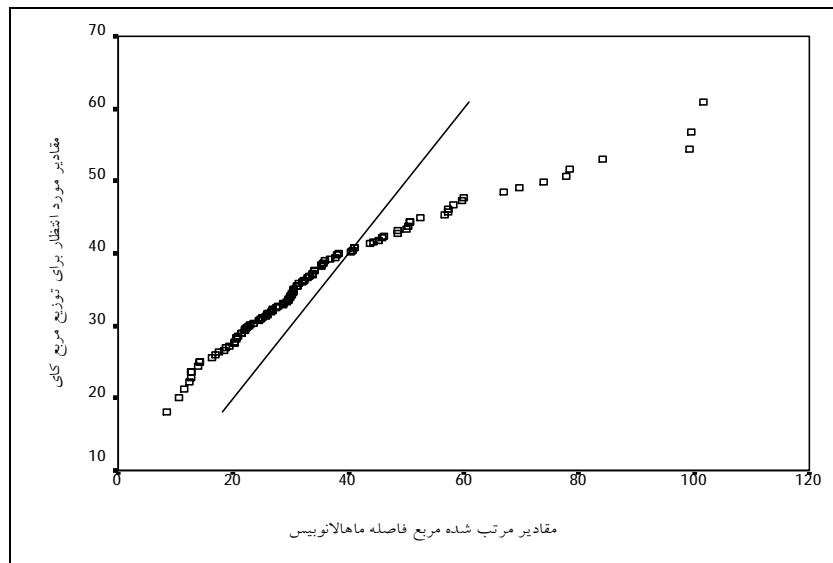
در کل روش منشأیابی رسوبات آبی قادر به تعیین و تفکیک مناسب سهم منابع رسوب (کاربری های اراضی) حوضه مرگن است و نشان داده شد که کارایی بالایی در این زمینه دارد. این روش مزایای زیادی نسبت به سایر روش های مستقیم و غیر مستقیم دارد که از مهمترین این مزایا می توان به سرعت زیاد و اقتصادی بودن آن اشاره کرد. یعنی این روش تنها نیاز به جمع آوری و تجزیه و تحلیل نمونه های رسوب و خاک منابع مختلف به جای پایش دراز مدت و گرانقیمت فرسایش و حمل رسوب دارد. برای دست یابی به سهم منابع یاد شده در تولید رسوب از روش های دیگر، نیاز به سال ها اندازه گیری و جمع آوری داده با هزینه زیاد می باشد. ضمن آنکه ممکن است ارتباط فرسایش بالادست با فرآیندهای رسوبگذاری و حمل رسوب نیز برقرار نشود. لذا توصیه می شود برای کسب اطلاعات از اهمیت نسبی منابع رسوب و در نتیجه شناسایی مناطق بحرانی و حساس به فرسایش در داخل آبخیز به منظور اجرای برنامه های حفاظت خاک و کنترل رسوب، از این روش استفاده شود.

(N) و فسفر (P) در خاک سطحی (فرسایش سطحی و شیار) بیشتر از زیرسطحی (فرسایش های آبراهه ای، خندقی و رودخانه ای) و در اراضی مرتعی معمولاً بیش از اراضی کشاورزی می باشند و در نتیجه می توانند منابع رسوب مذکور را از هم تفکیک کنند.

سهم کاربری های کشاورزی، مرتع با فرسایش های سطحی و شیار و مرتع با فرسایش های آبراهه ای، خندقی و رودخانه ای در تولید رسوب حوضه به ترتیب برابر با 20/34، 13/81 و 65/85 درصد به دست آمده است. سهم و اهمیت نسبی اراضی مرتعی و کشاورزی نیز به ترتیب برابر با 1/91 و 0/35 است که بیانگر نقش و اهمیت زیاد اراضی مرتعی در تولید رسوب حوضه است. در کل می توان گفت که اراضی مرتعی تقریباً 80 درصد رسوب حوضه را تولید می کنند. خطای نسبی پائین و ضریب کارایی بالای روش و مشاهدات صحرائی دال بر موفقیت و کارایی بالای روش منشأیابی در برآورد سهم کاربری های اراضی در تولید رسوب می باشند. بنابراین برای اجرای برنامه های حفاظت خاک و کنترل رسوب در این حوضه باید بیشتر روی مراتع و به خصوص فرسایش های خندقی و آبراهه ای متمرکز شد.



شکل 1- نقشه کاربری های اراضی حوضه مرگن و موقعیت نقاط نمونه برداری



شکل 2- نمودار چندک - چندک مربع فاصله ماهالانویسی نمونه های منابع رسوب در مقابل توزیع مربع کای

جدول 1- آزمون های بررسی توان ردیاب ها در جداسازی کاربری ها، معیارهای تشخیص هم خطی و ضریب وزنی ویژه

ردیاب	آزمون های آماری بررسی توان جداسازی						
	وزنی ویژه ( $W_i$ )	معیارهای تشخیص هم خطی چندگانه		تجزیه واریانس یک طرفه		Kruskal - Wallis	
		عامل تورم واریانس	عدد تحمل	سطح معنی داری	آماره H		سطح معنی داری
Al	0/312	48/95	0/02	0/077	5/13	0/132	2/06
Be	0/094	56/78	0/02	0/512	1/34	0/740	0/30
Bi	0/067	74/91	0/01	0/684	0/76	0/841	0/17
Cd	0/245	2/12	0/47	0/033	6/85	0/092	2/45
Ce	0/698	72/66	0/01	0/150	3/79	0/314	1/17
Co	0/119	45/55	0/02	0/004	11/12	0/028	3/71
Cr	0/130	12/86	0/08	0/002	12/59	0/003	6/08
Cs	0/575	4/69	0/21	0/497	1/40	0/682	0/38
Cu	0/196	6/19	0/16	0/006	10/19	0/009	4/96
Fe	0/361	105/81	0/01	0/043	6/31	0/025	3/83
Ga	0/206	140/68	0/01	0/166	3/59	0/302	1/21
Ge	0/078	4/63	0/22	0/084	4/94	0/110	2/26
Hf	0/093	196/79	0/01	0/406	1/80	0/345	1/08
In	0/210	48/20	0/02	0/122	4/21	0/187	1/70
La	0/553	95/02	0/01	0/171	3/53	0/414	0/89
Mn	0/260	13/20	0/08	0/000	21/27	0/000	10/97
Nb	0/221	133/17	0/01	0/046	6/16	0/050	3/09
Ni	0/305	38/47	0/03	0/087	4/87	0/202	1/62
Pb	0/175	8/71	0/11	0/010	9/17	0/005	5/56
Se	0/040	5/48	0/18	0/146	3/84	0/147	1/96
Sn	0/095	22/33	0/04	0/529	1/27	0/788	0/24
Ta	0/316	193/92	0/01	0/078	5/10	0/100	2/36

1	2/73	0/37	0/688	0/75	0/882	0/13	Te
0/162	19/07	0/05	0/542	1/23	0/439	0/83	Th
0/305	47/54	0/02	0/001	14/07	0/006	5/47	Ti
0/129	16/41	0/06	0/860	0/30	0/977	0/02	Tl
0/252	58/63	0/02	0/050	5/99	0/087	2/51	V
0/172	11/50	0/09	0/383	1/92	0/581	0/55	W
0/334	16/33	0/06	0/193	3/29	0/600	0/51	Y
0/276	4/87	0/21	0/025	7/34	0/023	3/94	Zn
0/151	156/03	0/01	0/215	3/07	0/185	1/71	Zr
0/079	2/66	0/38	0/000	74/46	0/000	42/72	<sup>137</sup> Cs
0/170	1/64	0/61	0/999	0/00	0/931	0/07	<sup>232</sup> Th
0/038	4/94	0/20	0/000	18/90	0/000	11/99	N
0/096	6/53	0/15	0/000	51/37	0/000	43/06	OC
0/040	1/95	0/51	0/000	21/65	0/000	9/58	P

جدول 2- گام های مختلف ورود عناصر به مدل و تأثیر آنها بر توان جداسازی تحلیل تشخیص برای کاربریها

گام	اضافه شدن عنصر ردیاب	حداقل مربع فاصله ماهالانوبیس	Wilks' Lambda	سطح معنی داری F	درصد تجمعی طبقه بندی درست نمونه ها	عامل تورم واریانس
1	<sup>137</sup> Cs	1/087	0/547	0/000	67/0	1/21
2	OC	1/624	0/420	0/000	73/6	1/41
3	Pb	2/273	0/389	0/000	73/6	2/28
4	Be	2/842	0/335	0/000	76/4	10/00
5	Sn	3/361	0/315	0/000	79/2	9/77
6	P	3/942	0/280	0/000	84/0	1/12
7	Ti	4/193	0/264	0/000	84/9	1/57
8	Cu	4/521	0/250	0/000	86/8	1/29

جدول 3- سهم و اهمیت نسبی کاربری ها در تولید رسوب

انواع فرسایش	درصد مساحت تحت پوشش	سهم کل بر حسب درصد	اهمیت نسبی
مرتج با فرسایش های سطحی و شیاری	18/65	13/81	0/74
اراضی کشاورزی	57/32	20/34	0/35
مرتج با آبراهه ها، خندق ها و رودخانه ها	23/06	65/85	2/86

### فهرست منابع:

1. امیری، م. 1381. منشأیابی کلونیدها (رسها) و سیلتهای ایستگاه پخش سیلاب کبودرآهنگ، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، 101 صفحه.
2. عطاپور، ع. و حکیم خانی، ش. 1382. تعیین سهم زیرحوزه های حوزه آبخیز چنداب در تولید رسوب با بکارگیری کانی های رسی، مجموعه مقالات سومین همایش آبخیزداری، دستاوردها و چشم اندازهای آینده، ارومیه، 4 و 5 شهریور 1382، صفحه 74 - 82.

3. علی احیایی، م، و بهبهانی زاده، ع.ا. 1372. شرح روش های تجزیه شیمیایی خاک. موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره 893.

4. Bottrill, L.J., D.E. Walling, and G.J.L. Leeks. 2000. Using recent overbank deposits to investigate contemporary sediment sources in larger river basins. Pp. 369-387. *In* I. D. L. Foster (ed.). *Tracers in Geomorphology*. Wiley, Chichester.
5. Chiang, L. H., R.J. Pell, and M. B. Seasholtz. 2003. Exploring process data with the use of robust outlier detection algorithms. *Journal of Process Control* 13, 437-449.
6. Collins, A.L., D.E. Walling, and G.J.L. Leeks. 1997. Source type ascription for fluvial suspended sediment based on a quantitative composite fingerprinting technique. *Catena* 29: 1-27.
7. Collins, A.L., and D.E. Walling. 2004. Documenting catchment suspended sediment sources: problems, approaches and prospects. *Progress in Physical Geography* 28: 159-196.
8. Collins, A.L., D.E. Walling, and G.J.L. Leeks. 1998. Use of composite fingerprints to determine the spatial provenance of the contemporary suspended sediment load transported by rivers. *Earth Surface Processes and Landforms* 23: 31-52.
9. Collins, A.L., D.E. Walling, H.M. Sickingabula, and G.J.L. Leeks. 2001. Suspended sediment source fingerprinting in a small tropical catchment and some management implications. *Applied Geography* 21: 387-412.
10. Collins, A.L., and D.E. Walling. 2002. Selecting fingerprint properties for discriminating potential suspended sediment sources in river basins. *Journal of Hydrology* 261: 218-244.
11. Erskine, W. D., A. Mahmoudzadeh, and C. Myers. 2002. Land use effects on sediment yields and soil loss rates in small basins of Triassic sandstone near Sydney, NSW, Australia. *Catena* 49: 271-287.
12. Foster, I.D.L., and J.A. Lees. 2000. Tracers in geomorphology. Pp. 3-20. *In* I. D. L. Foster (ed.). *Tracers in Geomorphology*. Wiley, Chichester
13. Hair, J.F., R.E. Andersen, R.L.T. Atham, and W. C. Black. 1998. *Multivariate Data Analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
14. Loughran, R.J., and B.L. Campbell. 1995. The identification of catchment sediment sources. Pp. 189-205. *In* I.D.L. Foster et al. (eds.). *Sediment and Water Quality in River Catchments*. Wiley, Chichester.
15. Nas, T., and B.H. Mevic. 2001. Understanding the collinearity problem in regression and discriminant analysis. *J. Chemometrics* 15: 413-426.
16. Nash, J.E., and J.E. Sutcliffe. 1970. River flow forecasting through conceptual models. Part 1: A discussion of principles. *Journal of Hydrology* 10: 282-290.
17. Oldfield, F., T.A. Rummery, R. Thompson, and D.E. Walling. 1979. Identification of suspended sediment sources by means of mineral magnetic measurements: some preliminary results. *Water Resources Research* 15: 211-219.
18. Owens, P.N., D.E. Walling, and G.J.L. Leeks. 2000. Tracing fluvial suspended sediment sources in the catchment of the River Tweed, Scotland, using composite fingerprints and a numerical mixing model. Pp. 291-308. *In* I.D.L. Foster (ed.) *Tracers in geomorphology*. Jon Wiley, Chichester.
19. Peart, M.R., and D.E. Walling. 1988. Techniques for establishing suspended sediment sources in two drainage basins in Devon, UK: a comparative assessment. *In* M.P. Bordas, and D.E. Walling (eds.) *Sediment budgets: IAHS Publication No. 174*: 269-279 (Wallingford).
20. Reimann, C., P. Filzmoser, and R.G. Garrett. 2005. Background and threshold: critical comparison of methods of determination. *Science of the Total Environment* 346: 1-16.

21. Reimann, C., and P. Filzmoser. 2000. Normal and lognormal data distribution in geochemistry: death of a myth. Consequences for the statistical treatment of geochemical and environmental data. *Environ Geol.* 39/9:1001 –1014.
22. Rowan, J.S., P. Goodwill, and S.W. Franks. 2000. Uncertainty estimation in fingerprinting suspended sediment sources. Pp. 279-290. *In* I.D.L. Foster (ed.) *Tracers in geomorphology.* Jon Wiley, Chichester.
23. Russell, M.A., D.E. Walling, and R.A. Hodgkinson. 2001. Suspended sediment sources in two small lowland agricultural catchments in the UK. *Journal of Hydrology* 252: 1-24.
24. Skopp, J.M. 2000. Physical properties of primary particles. Pp. B3-B24. *In* M.E. Samner (ed.) *Handbook of soil science,* CRC press.
25. Summer, W., E. Klaghofer, and K. Hintersteiner. 1996. Trends in soil erosion and sediment yield in the alpine basin of the Austrian Danube. *In* , D.E. Walling, and B.W. Webb (eds.) *Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives.* Wallingford, IAHS Publ. No. 236: 473-479.
26. Tabachnick, B.G., and , L.S. Fidell. 1996. *Using Multivariate Statistics.* Harper Collins College Publishers, New York.
27. Takken, I., L. Beuselinck, J. Nachtergaele, G. Govers, J. Poesen, and G. Degraer. 1999. Spatial evaluation of a physically-based distributed erosion model (LISEM). *Catena* 37: 431-447.
28. Walden J., M.C. Slattery, and T.P. Burt. 1997. Use of mineral magnetic measurements to fingerprint suspended sediment sources: approaches and techniques for data analysis. *J. of Hydrology* 202: 353–372.
29. Wall, G.J., and L.P. Wilding. 1976. Mineralogy and related parameters of fluvial suspended sediments in Northwestern Ohio. *Journal of Environmental Quality* 5: 168-173.
30. Wallbrink, P.J., J.M. Olley, A.S. Murray, and L.J. Olive. 1998. Determining sediment sources and transit times of suspended sediment in the Murrumbidgee River, NSW, Australia using fallout <sup>137</sup>Cs and <sup>210</sup>Pb. *Water Resour. Res.* 34: 879–887.
31. Walling, D.E. 1999. Linking land use, erosion and sediment yields in river basins. *Hydrobiologia* 410: 223-240.
32. Walling, D.E. 2005. Tracing suspended sediment sources in catchments and river systems. *Science of the Total Environment* 344: 159-184.
33. Walling, D.E., and J.C. Woodward. 1995. Tracing sources of suspended sediment in river basins: a case study of the River Culm, Devon, UK. *Marine and Freshwater Research* 46: 327–336.
34. Walling, D.E., P.N. Owens, and G.J.L. Leeks. 1999. Fingerprinting suspended sediment sources in the catchment of the River Ouse, Yorkshire, UK. *Hydrological Processes* 13: 955–975.
35. Walling, D.E., M.R. Peart, F. Oldfield, and R. Thompson. 1979. Suspended sediment sources identified by magnetic measurements. *Nature* 281: 110–113.
36. Walling, D.E., M.A. Russell, R.A. Hodgkinson, and Y. Zhang. 2002. Fine-grained sediment budgets for two small lowland agricultural catchments in the UK. *Catena* 47: 323-353.
37. Walling, D.E., and A.L. Collins. 2000. *Integrated assessment of catchment sediment budgets: A technical manual.* University of Exeter, 168p.
38. Zhang, X., and D.E. Walling. 2005. Characterizing Land Surface Erosion from Cesium-137 Profiles in Lake and Reservoir Sediments. *J. Environ. Qual.* 34:514-523.