نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۶، بهمن-اسفند ۱۳۹۷، ص. ۱۰۶۷-۱۰۵۵

Journal of Water and Soil
Vol. 32, No. 6, Jan.-Feb. 2019, p. 1055-1067

تعیین سهم منابع رسوب حوزه با استفاده از تکنیک انگشت‌نگاری عناصر ژئوشیمیایی (مطالعه موردی: حوزه دره انار باغملک)

امین ذرتی پور[1*]- محمد معظمی[2]- محمدرضا انصاری[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۲۱

چکیده

لازمه اجرای صحیح برنامه‌های حفاظت خاک و کنترل رسوب، کسب اطلاعات از اهمیت نسبی منابع رسوب و تعیین سهم آن‌ها در توان رسوب‌زایی و همچنین شناسایی کانون‌های بحرانی در حوزه‌های آبخیز است. امروزه تکنیک‌های انگشت‌نگاری منابع رسوب، روشی مناسب در تهیهٔ سریع و کم هزینهٔ اطلاعات در مورد منابع اصلی رسوب هستند. در تحقیق حاضر از این تکنیک در سهم‌بندی منابع رسوب و شناسایی واحدهای بحرانی در زیرحوزه دره انار باغملک در استان خوزستان استفاده شد. در این روش با به کارگیری آزمون‌های آماری مقایسهٔ میانگین‌ها و تحلیل تشخیص، از میان هفت ردیاب ژئوشیمیایی انتخاب شده که عبارتند از سرب، روی، مس، آهن، منگنز، نیکل وکروم، ترکیب بهینه‌ای از ردیاب‌ها شامل مس، آهن و منگنز انتخاب شد. در نهایت با استفاده از یک مدل ترکیبی چندمتغیره، رابطه‌ای بین مقادیر ردیاب‌های منشاء و رسوبات برقرار شده و سهم منابع رسوب حوزه برآورد شد. سازند گچساران با ۵۳/۳ درصد بیش‌ترین و سازند بختیاری با ۰/۹ درصد کم‌ترین سهم را در رسوب‌زایی حوزه به خود اختصاص دادند. همچنین کاربری مرتع درجه سه و کاربری جنگل نیز به ترتیب با ۷۱/۵ و ۰/۳درصد، بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار رسوب‌زایی کاربری اراضی حوزه را بر عهده داشتند. در نهایت برای ارزیابی نتایج از ضریب کارایی مدل استفاده شد و ضریب ۰/۹۸ به دست آمد، که نشان داد تکنیک انگشت‌نگاری رسوبات صحت و دقت بالایی در برآوردها داشته و روش مناسبی در تفکیک و تعیین سهم منابع رسوب حوزه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: باغملک، تابع تشخیص، ردیاب، مدل ترکیبی، منشاءیابی رسوب

مقدمه

شناخت منابع اصلی رسوب حوزه و عوامل تشدید و توسعه آن‌ها، یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های اساسی در مدیریت و حفاظت منابع آب و خاک و طرح‌های مدیریت و توسعه حوزه‌های آبخیز، در جهت نیل به توسعه پایدار منابع طبیعی است. بررسی چگونگی روابط میان ارتباط‌های شبکه زهکشی و میزان خروج رسوب نیاز به شناسایی منابع اصلی رسوب و تعیین سهم انتقال آن‌ها دارد (۱۴). همچنین لازمه اجرای صحیح برنامه‌های حفاظت خاک و کنترل رسوب در حوزه‌های آبخیز، کسب اطلاعات از اهمیت نسبی منابع اصلی رسوب و سهم آن‌ها در تولید رسوب معلق و بارکف حوزه‌ها است. همچنین توجه به نقش ویژه واحدهای سنگ‌شناسی در کاربری‌های اراضی مختلف، در تولید رسوبات خروجی، استفاده از روش‌های جدید و تکمیل و تصحیح روش‌های فعلی برآورد رسوب امری ضروری به نظر می‌رسد. لازمه اجرای این برنامه‌ها، شناسائی و کسب اطلاع از اهمیت نسبی منابع رسوب و سهم آن‌ها در تولید رسوب و در نتیجه شناسائی مناطق بحرانی در داخل آبخیز است (۶). به‌طورکلی وضعیت فرایندهای فرسایش و رسوب‌گذاری در ایران در شرایط بحرانی قرار دارد. در ایران، وجود سالیانه حدود یک‌صد میلیون مترمکعب رسوب در پشت سدهای کشور، دلیل روشن بر بالا بودن تخریب اراضی در حوزه‌های بالادست سدها است.

مطالعات اجمالی تا سال ۱۳۸۵، آمار تلفات خاک کشور را به‌طور متوسط بین ۶/۱ تا ۱۵/۲ تن در هکتار در سال گزارش داده است (۹). طبق گزارشات فائو، میزان فرسایش آبی در کشور از میزان ۱۰ تن در هکتار در سال فراتر است. بر اساس همین گزارش، خطر افزایش فرسایش بیش از ۱۰ تن در هکتار در سال، سطحی بیش از ۷۸

۱ و ۲- استادیاران گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
(*- نویسنده مسئول: Email: Zoratipour@Ramin.ac.ir)
۳- استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

DOI: 10.22067/jsw.v32i6.65219

میلیون هکتار از اراضی کشور را تهدید می‌کند (۲). عرب خدری، فرسایش در ایران را حدود یک میلیارد تن در سال یا ۶ تن در هکتار در سال برآورد نمود. طرح سراسری سیمای حوزه‌های آبخیز کشور (۱۳۷۷)، فرسایش کل کشور حدود ۶/۱ میلیارد تن در سال تخمین زد. اگر به این میزان بار کف ۲۰ درصدی هم اضافه شود، میزان فرسایش کل کشور (بار معلق و بارکف) حدود ۷/۳ میلیارد تن‌در سال تخمین زده می‌شود. فرسایش خاک در ایران به طور متوسط شش برابر مقدار تولید متوسط خاک در کشور می‌باشد (۲).

از روش‌های معمول و متداول برآورد رسوب می‌توان به استفاده از، منحنی‌های سنجه دبی-رسوب، پین‌ها و پلات‌های فرسایشی و تله‌های رسوب‌گیر، مدل‌های برآوردی آماری (هیدرولوژیکی) و پایه فیزیکی در تخمین بار رسوب رودخانه‌ها و مجاری باز اشاره کرد. به دلیل وجود مشکلات متعدد در کاربرد روش‌های سنتی، روش انگشت‌نگاری[1] یا ردیابی یا به طور ساده‌تر منشأیابی که بر استفاده از خصوصیات رسوب متکی است به عنوان روشی جایگزین برای تعیین منابع اصلی رسوب و اهمیت نسبی آن‌ها مورد توجه محققین مختلف قرار گرفته است (۱۲). نتایج تحقیقات کرواس و همکاران (۹)، والیینگ و همکاران (۲۲)، به کارآیی روش منشأیابی یا انگشت‌نگاری 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 است و با مقایسه این خصوصیات با همان خصوصیات در نمونه‌های رسوب می‌توان سهم و اهمیت نسبی منابع رسوب را در تولید رسوب به دست آورد.

روش انگشت‌نگاری یا ردیابی که بر استفاده از خصوصیات رسوب متکی است به عنوان روشی جایگزین برای تعیین منابع اصلی رسوب و اهمیت نسبی آن‌ها مورد توجه محققین مختلف قرار گرفته است (۴ و ۱۸). این روش برخلاف روش‌های سنتی با مرتبط‌کردن منابع رسوب به رودخانه و مخازن، به طور مستقیم سهم منابع رسوب را تعیین می‌کنند. حکیم خانی (۶) از خصوصیات فیزیکی، ژئوشیمیایی و آلی رسوب و منابع رسوب برای تعیین منابع اصلی رسوب و تعیین اهمیت نسبی آن‌ها در حوزه پخش سیلاب پلدشت آذربایجان غربی در سال ۲۰۰۷ استفاده کرده است، وی با استفاده از ترکیبی مناسب از خصوصیات جدا کننده منابع رسوب و مدل‌های چند متغیره ترکیبی، سهم منابع رسوب را در تولید رسوب تعیین کرده است. از جمله نتایج او به دست آوردن سهم واحدهای سنگ‌شناسی کنگلومرا، آهک و دولومیت، مارن و رسوبات کواترنری، شیل و اسلیت به ترتیب برابر ۸/۳۰، ۳/۹، ۳۳/۵۲و ۵۱/۷ درصد در تولید رسوب براورد شده است. والیینگ و همکاران (۲۲)، با مطالعه دو حوزه آبخیز زوجی در انگلستان، بیان می کنند که ذرات رسوبی ریز به واسطه نقل و انتقال انواع ریز مغذی‌ها، فلزات سنگین و حشره کش‌ها نقش مهمی را در آلودگی آب‌های سطحی بازی می‌کنند. به‌نظر آن‌ها مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز در بردارنده محاسبه دقیق بودجه رسوبی آن می‌باشد . به عقیده آن‌ها مفهوم بودجه رسوبی چهارچوب ارزشمندی را جهت ارزیابی مدیریت و کنترل منابع آلودگی حوزه فراهم می‌کند. لذا با شناسایی منابع کلیدی رسوب و تعیین نرخ مهاجرت رسوبات بالادست قادر به کاهش آلودگی و مدیریت بهینه حوزه‌های آبخیز هستیم. مالهوترا و همکاران (۸)، در مطالعه خود علاوه بر تائید روش‌های منشاءیابی و سهم‌بندی رسوبات بار معلق و بارکف رودخانه‌ای در حوزه شهری آلبامای آمریکا، به دقت بالای این روش در سهم‌بندی رسوبات خروجی حوزه پرداختند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که تغییرات زمانی و مکانی رسوبات معلق و بار کف جهت پیاده سازی مدیریت کنترل رسوب حوزه مؤثر می باشد. همچنین نمونه برداری جهت منشاءیابی رسوبات معلق و کف رودخانه بایستی به طور همزمان در حوزه اجرا گردد. به رغم توسعه مطلوب روش منشأیابی رسوب در طول بیش از دو دهه گذشته و پتانسیل‌های بالای آن در تعیین منابع رسوب، هنوز عدم قطعیت‌هایی نیز در روش تحقیق آن وجود دارد. از این عدم قطعیت‌ها می‌توان به نبود یک دستورالعمل مناسب برای انتخاب مناسب‌ترین ترکیب از ردیاب‌ها برای تفکیک منابع رسوب در حوزه‌ها و مناطق مختلف اشاره کرد (۳ و ۶). مطالعات نشان می‌دهد عناصر ژئوشیمیایی برای جداسازی منابع مکانی نظیر واحدهای سنگ‌شناسی برای جداسازی نوع منابع رسوب مانند انواع فرسایش‌ها و کاربری‌های 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 کاربری جهانی داشته باشد به دست نیامده است و این مسئله یکی از چالش‌های اصلی تحقیقات جدید در منشأیابی رسوب است (۱۲).

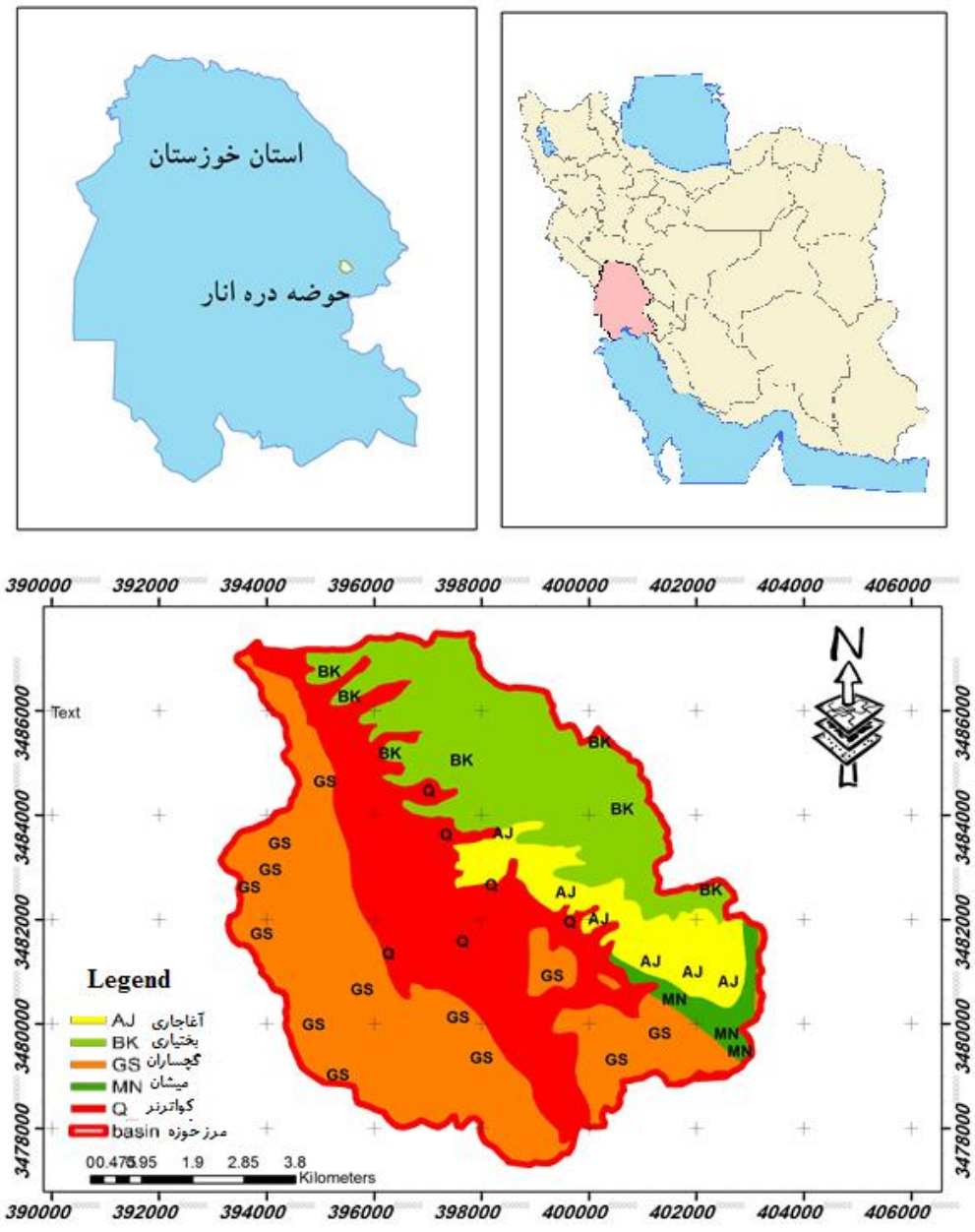
با کمبود مطالعات مرتبط با نوع سازندهای زمین شناسی در کاربری‌های اراضی مختلف و تولید مدل‌های ترکیبی در ایران، هدف از این مطالعه شناسایی منشاء و منبع اصلی تولید رسوب حوزه با استفاده از ردیاب‌های ژئوشیمیایی است. با توجه به موقعیت حوزه رودخانه دره انار در بالاست و ورودی شهر باغملک، این رودخانه در تامین آب آبیاری اراضی زراعی و باغات منطقه در فصول سرد سال مؤثر بوده، بنابراین این حوزه جهت منشاءیابی رسوبات آبی و تعیین مقدار سهم کمی عناصر ژئوشیمیایی از هر واحد زمین‌شناسی و نیز هر واحد کاربری اراضی حوزه با استفاده از ردیاب‌های ژئوشیمیایی انتخاب شد.

1- Fingerprinting techniques

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

در تحقیق حاضر منطقه مورد مطالعه حوزه دره انار باغملک، یکی از زیرحوزه های بخش سراب حوزه آبخیز رودزرد که خروجی آن بر ایستگاه منجنیق شهرستان باغملک دراستان خوزستان می‌باشد. مساحت و محیط حوزه به ترتیب ۶۷۴۷ هکتار و ۳۹/۶۵ کیلومتر است. ارتفاع متوسط منطقه ۶۷۵متر از سطح دریا و کاربری غالب حوزه اراضی مرتعی درجه سه و کشت دیم می‌باشد. با بررسی آمار ۵۰ساله داده‌های سازمان هواشناسی کشور طی سال‌های (۱۳۴۱-۱۳۹۰)، اقلیم حوزه نیمه‌خشک به‌طوری که متوسط دمای ماهانه ۳۰ درجه سانتیگراد و مقدار بارندگی متوسط سالانه ۵۶۹ میلی‌متر، متوسط دبی خروجی از حوزه ۲/۷مترمکعب برثانیه و متوسط رسوب خروجی از حوزه ۱/۶۵کیلوگرم در ثانیه، متوسط حداکثر بارش ۲۴ساعته، ۳۶/۵میلیمتر و شیب متوسط این زیر حوزه ۳۴/۵ درصد برآورد شد (۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی حوزه دره انار باغملک

Figure 1- Geographical location of the study area Dare Anar Basin of Baghmalek

مراحل انجام تحقیق

در این مطالعه نمونه‌برداری به صورت مجزا از منابع و رسوبات خروجی حوزه انجام شده است. نمونه‌های منابع از واحدهای کاری همگن برداشت شد؛ نقشه‌ی این واحدهای همگن از تلفیق لایه‌ی زمین شناسی رقومی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کل کشور و نقشه‌ی کاربری اراضی ۱:۱۰۰۰۰۰ اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خوزستان تهیه شد. نمونه تا عمق ۳-۵ سانتی‌متری با روش سیستماتیک تصادفی در طول یک ترانسکت ۲۰ متری و در سه تکرار برداشت شدند. نمونه‌برداری از رسوبات در آبراهه‌ها و چاله‌های رسوب‌گیر خروجی در جهت شیب و از بالا به پایین و به فواصل یکسان اجرا شد. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه ابتدا هوادهی شده، خشک شده و سپس از الک ۶۳ میکرون عبور داده شدند. به منظور دانه بندی رسوبات، به دلیل کلوخه‌ای بودن، الک بندی ذرات زیر۶۳ میکرون به روش تر انجام شد. در این روش آب رسوب‌دار خارج شده از الک ۶۳ میکرون جمع‌آوری و سانتریفیوژ شد. سپس، رسوبات سانتریفیوژ شده در آون و در دمای۴۰ درجهٔ سانتیگراد خشک و برای آنالیز دانه‌بندی آماده شدند (۵). لیکن به منظور تعیین غلظت کل عناصر و فلزات در نمونه‌های مورد مطالعه از روش استاندارد تسیر و همکاران (۱۷) استفاده شد. به این ترتیب که ۱ گرم از هر نمونه را در بشر ۲۵ سی سی قرار داده و به نسبت ۱:۳ مخلوط پرکلریک اسید، نیتریک اسید به نمونه ها افزوده شد. نمونه‌ها بر روی هیتر قرار داده شدند تا زمانی که تغییر رنگ صورت بگیرد و محلول موجود در بشر تبخیر گردد به‌گونه‌ای که ۲ تا ۳ سی‌سی از محلول در بشر باقی بماند، بعد از عبور محلول باقی‌مانده از کاغذ صافی، حجم عصاره صاف شده، با آب مقطر به ۲۵ میلی‌لیتر رسانیده شد. سپس توسط دستگاه جذب اتمی[1]، تعیین غلظت عناصر انتخابی انجام شد.

- معیارهای انتخاب عناصر ردیاب

مسئله اساسی در انتخاب عناصر ژئوشیمیایی برای تعیین منشاء رسوب این است که کدام عناصر نامحلول هستند. عناصر شیمیایی نامحلول با جذب به رسوبات دانه ریز و معلق (شامل سیلت و رس، اکسید ها و اکسی هیدرو کسید ها و مواد آلی جامد) و ترکیب در ساختمان سیلیکاتها و سایر کانی ها حمل می شوند (۱۳). درحالیکه عناصر شیمیایی در حالت محلول به صورت کاتیون ها، آنیون ها و کمپلکس های یونی حمل شده و از دسترس خارج می شود. بر اساس نظریه Goldschmidt انحلال پذیری عناصر به پتانسیل یونی (نسبت بار یونی به شعاع یونی) آنها بستگی دارد (۱۳) (شکل ۲). همچنین اثبات شده است که روند یاد شده ممکن است تحت تاثیر عوامل محیطی مختلفی نظیر دما، PH، پتانسیل اکسید اسیون و احیاء، میزان رسوب معلق، ترکیب کانی شناسی و فعالیت ارگانیسم ها تغییر کند. به عقیده محققان مختلف (۱۳ و ۱۹)، از بین عوامل ذکر شده دو عامل PH و پتانسیل اکسیداسیون و احیا عوامل اصلی در انحلال و عدم انحلال عناصر هستند. همچنین غلظت رسوب نیز بر وضعیت عناصر شیمیایی تاثیر زیادی دارد و باعث جذب عناصر یاد شده به سطح ذرات رسوب به خصوص اجزا اکسید های آهن، منگنز، آلومینیوم، کانی های رسی و مواد آلی می شود.

با توجه به مطالب یاد شده و بخصوص بدلیل نسبتاً خنثی بودن و قلیائیت ضعیف آب رودخانه ها که بسیاری از عناصر انحلال پذیری کمی در آن دارند، اکسید کننده بودن آب رودخانه ها و وجود سطوح بار دار در ذرات رسوب (کانی های رسی، مواد آلی، اکسید ها و هیدروکسیدهای منگنز، آهن و آلومینیوم) و زیاد بودن غلظت رسوب در مواقع سیلابی، قسمت زیادی از عناصر محلول به غیر از بیشتر عناصر قلیایی خاکی جذب سطوح بار دار رسوب می شوند (۱۳). بنابراین استفاده از عامل پتانسیل یونی می تواند معیار خوبی برای انتخاب ردیابهای مناسب برای منشاء یابی باشد و بر همین اساس ردیابهای مورد استفاده انتخاب شدند. بر همین اساس و با توجه به مطالعات صورت گرفته (۵) عناصر ردیاب مورد استفاده شامل سرب، روی، مس، آهن، منگنز، نیکل، کروم، آلومینیوم و سیلیسیوم بودند.

- روش‌های آماری جهت انتخاب ترکیب بهینه ردیاب

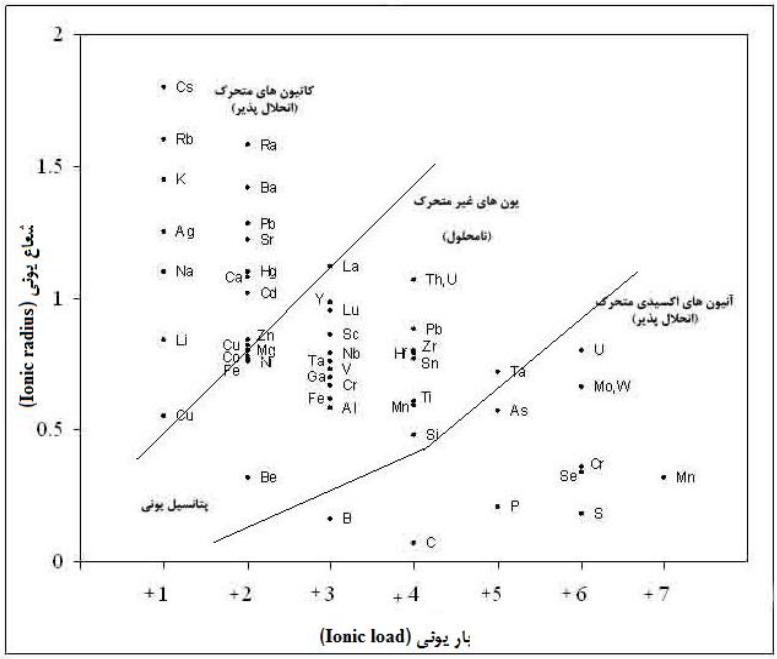
در این مطالعه از آزمون مقایسه میانگین‌ها جهت تعیین توان هر یک از ردیاب‌ها به‌صورت جداگانه در تفکیک منابع رسوب (به‌منظور تفکیک منابع رسوب حوزه با استفاده از خصوصیات ردیاب‌های انتخابی) استفاده شد، که در صورت نرمال بودن خصوصیات ردیاب‌ها، از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه و در صورت عدم تبعیت از توزیع نرمال از آزمون کروسکال والیس (H) استفاده شد. سپس به منظور کاهش تعداد ردیاب‌های انتخابی اولیه (تعیین ردیاب‌هایی با حداقل همبستگی و حداکثر توان تفکیک) از آزمون آماری تابع تشخیص استفاده شد (۳ و ۲۱).

- تابع تحلیل تشخیص

تابع تحلیل تشخیص عبارتست از بدست 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 هر یک از متغیرها براساس حداکثرکردن واریانس بین گروهی نسبت به واریانس درون گروهی انجام می شود.

تحلیل تشخیص روش آماری مناسب برای حالتی است که متغیر وابسته غیر متریک (اسمی یا طبقه‌ای) و متغیرهای مستقل متریک باشند.

1- Atomic Absorption Spectrometry



شکل۲ - انحلال پذیری عناصر مختلف بر اساس شعاع یونی (منبع ۱۳)

Figure 2 - Solubility of various elements based on ionic radius (Referenced 13)

در این مطالعه متغیرهای مستقل، مقادیر ردیاب‌های مورد استفاده (متریک) و متغیرهای وابسته یا گروه‌ها انواع سازندهای زمین‌شناسی و یا کاربری‌های اراضی (غیرمتریک) می‌باشند. ترکیب خطی در تحلیل تشخیص که به تابع تشخیص نیز معروف است دارای معادله‌ای به شکل معادله (۱) می‌باشد. در این رابطه Z_{jk}، نمره Z تابع تشخیص j ام برای نمونه (شی، فرد، مشاهده،...) K ام، a، عرض از مبداء، Wi، وزن متغیر مستقل i ام و X_{ik} متغیر مستقل i ام برای نمونه K ام است (۱۱). در تحقیق حاضر مقادیر وزن‌دهی و عرض از مبداء با از الگوریتم Solver، در نرم افزار اکسل استفاده شد.

- تعیین سهم و اهمیت نسبی واحدهای رسوبی

به منظور تعیین سهم و اهمیت نسبی منابع رسوب از مدل‌های ترکیبی چند متغیره آماری استفاده شد. برای به دست آوردن نتایج بهینه در تعیین سهم منابع رسوب و به جای حل مستقیم، از روش‌های بهینه‌سازی برنامه‌ریزی خطی به منظور حداقل نمودن تابع هدف (معادلهٔ ۱) استفاده شد (۴ و ۲۲). در این مدل‌ها فرض بر این است که ترکیب و مخلوط شدن خصوصیات منشأیاب از منابع مختلف به صورت خطی است (۴ و ۲۲). از این رو می‌توان مدل یا معادله ترکیبی را برای هر یک از خصوصیات منشأیاب به صورت معادله (۲) نوشت. در این معادله $\hat{X}_i$، برابر با مقدار برآوردی خصوصیت i ام (m و ... و ۲ و ۱=i)، aij، مقدار میانگین خصوصیت i ام در منبع رسوب jام (n و ... و ۲ و ۱= j)، bj، سهم منبع رسوب j ام، n، تعداد منابع رسوب و m، تعداد خصوصیات منشأیاب است. برای هر یک از خصوصیات منشأیاب، معادله (۲) 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 می‌توان سهم هر یک از منابع مختلف رسوب را به دست آورد. در حل این معادلات باید دو شرط زیر را در نظر گرفت: (۱۷).

۱- مقادیر ضریب سهم هر یک از منابع رسوب باید بین صفر و یک باشد (معادله ۳).

۲- مجموع ضرایب سهم هر یک از منابع رسوب باید برابر با یک باشد (معادله ۴).

برای بدست آوردن سهم بهینه منابع رسوب برآورد شده توسط مدل‌های چند متغیره ترکیبی استفاده شده است. مجموع مربعات باقیمانده را می‌توان به صورت رابطه ۵ نوشت. به طوریکه در این معادله R، مجموع مربعات باقی‌مانده و Xi مقدار اندازه‌گیری شده خصوصیت i ام در نمونه رسوب است. معادله (۵) با حذف تاثیر واحدهای مختلف اندازه‌گیری می‌توان به‌صورت رابطه ۶ نوشت. در این معادله، SSR مجموع خطاهای نسبی است. به این معادلات توابع هدف نیز می گویند. جواب‌های بهینه برای سهم منابع رسوب با حداقل‌کردن معادله (۶) با استفاده از عملیات تکرار و سعی و خطا بدست می‌آید. بدین نحوکه مقادیر مختلف برای سهم منابع رسوب

(b_j) انتخاب شده و مقدار تابع هدف (R) محاسبه می‌شوند و این عملیات تا جایی ادامه می‌یابد که R به کم‌ترین مقدار خود برسند.

معیار خطای نسبی (NS) را می‌توان برای هر خصوصیت منشأیاب، ترکیب خصوصیات برای هر یک از نمونه‌های رسوب و کل نمونه‌ها با استفاده از مقادیر برآوردی خصوصیت یاد شده توسط مدل و مقادیر اندازه‌گیری شده آنها در نمونه‌های رسوب محاسبه کرد (۹).

NS، ضریب کارایی مدل، $\hat{X}_i$ مقدار برآوردی و $\overline{X_i}$ میانگین مقادیر اندازه گیری شده خصوصیت i ام برای تمام نمونه‌های رسوب و m تعداد ردیاب‌ها است. مقادیر نزدیک به یک بیانگر کارایی خوب مدل خواهد بود و عدد صفر به این معنی است که مدل به دست آمده، برآوردی بهتر از میانگین مشاهدات (ردیاب‌ها) ندارد.

نتایج و بحث

حوزه آبخیز دره انار باغملک خوزستان از لحاظ موقعیت در زیرزون زاگرس چین خورده واقع شده است. واحدهای دوران سوم شامل سازند گچساران، آغاجاری و کنگلومرای بختیاری و واحدهای دوران چهارم رسوبات کواترنر شامل رسوبات پادگانه‌های آبرفتی و رودخانه‌ای است. مساحت واحدهای سنگ‌شناسی و کاربری اراضی حوزه در جدول (۲) ارائه شده است (۱).

با توجه به نتایج جدول (۲)، سازند گچساران با ۳۸/۷ درصد بیش‌ترین و سازند آغاجاری با ۹/۳ درصد کم‌ترین مساحت را در حوزه به خود اختصاص می‌دهند. همچنین با توجه به سطوح پوشش کاربری اراضی حوزه (جدول ۲)، کاربری مرتع درجه سه با ۵۶/۲درصد بیش‌ترین و کاربری جنگل با ۷/۹درصد کم‌ترین مساحت را در حوزه به خود اختصاص داشتند. نقشه سازندهای زمین شناسی و کاربری اراضی در شکل (۳) ارائه شده است. نقشه واحدهای کاری نیز از تلفیق کاربری اراضی و سازند زمین شناسی در شکل (۴)، ارائه شده است. با توجه به شکل (۴)، تعداد واحدهای کاری همگن در منطقه مطالعاتی به نه عدد رسید.

جدول ۱- معادلات به کار رفته در آنالیزهای آماری

Table 1. Equations used in statistical analyzes

شماره معادله No.	معادله و تابع Function	عنوان معادله Equation Title
1	$Z_{jk} = a + W_1 X_{1k} + W_2 X_{2k} + \ldots + W_n X_{nk}$	تابع تشخیص Discriminant Function Analysis
2	$Xi = \sum_{i=1}^{n} a_{ij}\ b_j$	معادله ترکیبی برای هر منشأیاب Combined equation
3	$0 \le b_j \le 1$	شرط یک تابع هدف The first condition of the target function
4	$\sum_{j=1}^{n} b_j = 1$	شرط دو تابع هدف The second condition of the target function
5	$R = \sum_{i=1}^{m} (X_i - \hat{X})^2 = \sum_{i=1}^{m} \left[X_i - \left(\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, b_j \right) \right]^2$	تابع هدف the target function
6	$SSR = \sum_{i=1}^{m} \left[\frac{X_i - \left(\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, b_j \right)}{X_i} \right]^2$	مجموع خطاهای نسبی Total relative residual errors
7	$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{m} (X_i - \hat{X}_i)^2}{\sum_{i=1}^{m} (X_i - \bar{X}_i)^2}$	ضریب ناش- ساتکلیف Nash and Sutcliffe coefficient

جدول۲- خصوصیات واحدهای سنگ‌شناسی حوزه و سطح پوششی واحدها

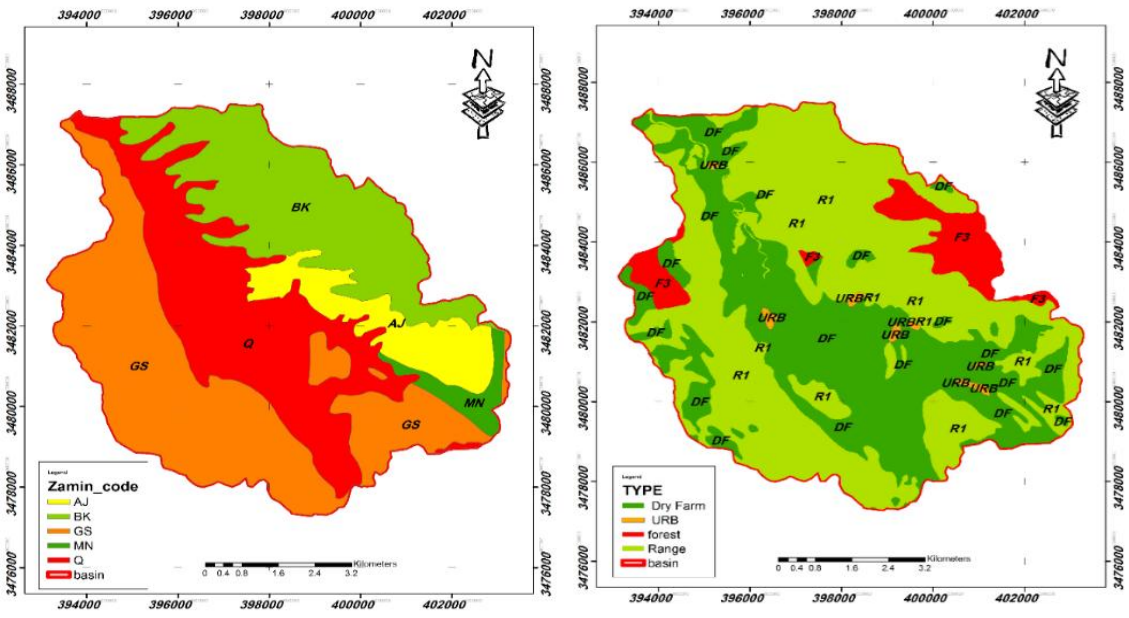
Table 2– Geological Units' Characteristics and the cover area of units

دوره Era	سازند Formation	سنگ‌شناسی Geology	مساحت (هکتار) Area	درصد نسبت به سطح حوزه Relative Area (Percent)
کواترنر Quaternary	کواترنری Qt	رسوبات رودخانه ای Alluvial sediments	1864	28.4
	بختیاری Bk	بیرون زدگی سنگی و ماسه سنگ Stone Expulsion	1554	23.6
ترسیر Tertiary	آغاجاری Aj	تناوب مارن و ماسه سنگ Sequence Marl & sand stone	610	9.3
	گچساران Gs	تناوب مارن ولایه های گچی Sequence Marl & Gyieps	2540	38.7

جدول۳- مشخصات کاربری اراضی حوزه و درصد سطح پوشش واحدها

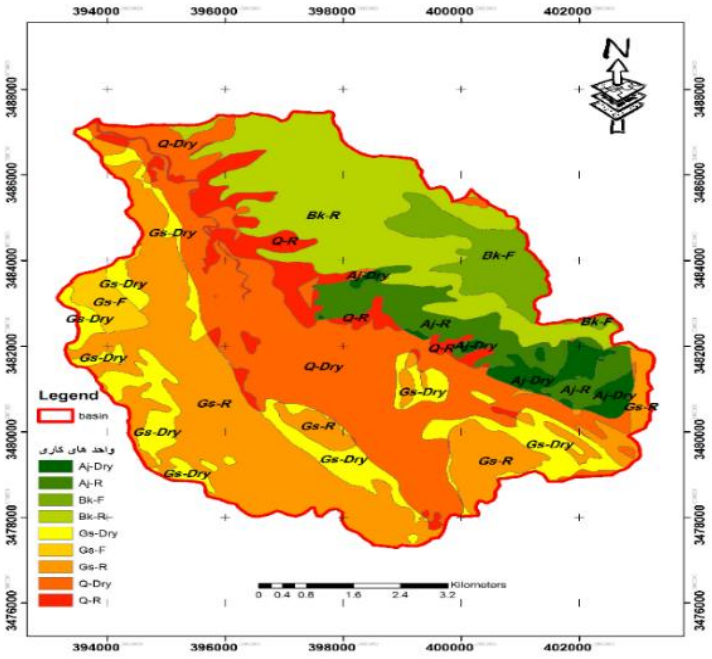
Table3– Land Use Characteristics of basin and relative area units

نوع کاربری Land use	مساحت (هکتار) Area (Ha)	درصد نسبت به سطح حوزه Relative area (percent)
مرتع فقیر (درجه سه) Poor Range	3684.5	56.2
اراضی دیم و آبی Farm and Rain fed land	2358.1	35.9
جنگل Forest	441.6	7.9



شکل ۳- نقشه سازندهای زمین شناسی و کاربری اراضی حوزه دره انار

Figure 2– Map of the Geological formations and land uses of basin



شکل ٤- نقشه واحدهای همگن (واحدکاری) حوزه دره انار

Figure 3- Map of work units (uniform units) of basin

جدول ٤ - نتایج آزمون تعیین نرمال بودن ردیاب‌ها

Table 4- Results of normal test of tracers

آزمون نرمالیت کولموگراف- اسمیرونوف Kolmogorov-smironov test		
سطح معنی داری Sig.	مقدار آماره F	ردیاب Tracer
.018	0.83	Mn
.017	1.05	Cr
.023	1.49	Cu
.015	2.68	Ni
.027	0.77	Pb
.029	0.67	Fe
.015	0.78	Zn

با توجه به نتایج آزمون کولموگراف- اسمیرونوف (جدول ۴) جهت تعیین نرمال بودن مقادیر ردیاب‌ها، مشخص شد که کلیه ردیاب‌ها (در سطح ۵ درصد) از توزیع نرمال تبعیت نکرده و باید از آزمون غیرپارامتری کروسکال- والیس (H) جهت انتخاب ترکیب بهینه ردیاب‌ها استفاده شد. جدول (۵)، نتایج آزمون آماری کروسکال- والیس را در واحدهای کاری مختلف را نشان می‌دهد، باتوجه به این جدول از هفت عنصر به کار رفته در مدل انتخابی، سه عنصر منگنز (Mn)، مس(Cu) و آهن(Fe) با سطح معنی داری کم‌تر از ۰/۰۵ (که با ستاره مشخص شده‌اند)، قادر به تفکیک و جداسازی واحدهای کاری حوزه می‌باشند. به بیانی دیگر، میانگین غلظت هر یک از عناصر حداقل در یک منبع از منابع دیگر متفاوت است. در این جدول مقدار آماره H نیز در نظر گرفته شده است هر چه مقدار H بالاتر باشد قدرت تفکیک عنصر هم بیشتر می‌شود همان‌طورکه در اینجا مشخص شده است با افزایش مقدار آماره H سطح معنی‌داری نیز بهتر شده است. در ضمن چهار ردیاب Cr، Pb، Ni و Zn با عدم داشتن معنی داری بالا برای ورود (معنی داری کم‌تراز ۵ درصد) و آماره H پایین، توان جداسازی کافی نداشته و حذف شده‌اند.

جدول ۵- نتایج آزمون آماری کروسکال - والیس در واحدهای کاری حوزه

Table 5- Results of Kruskal-Wallis H of the work units

ردیاب Tracer	مقدار H	سطح معنی داری Sig.	ردیاب Tracer	مقدار H	سطح معنی داری Sig.
Mn*	19.6	0.005	Pb	1.03	0.4
Cr	1.2	0.23	Fe*	12.6	0.01
Cu*	43.3	0.001	Zn	4.56	0.15
Ni	5.1	0.12			

* سطح معنی داری کم‌تر از 0.05

جدول (۶)، مراحل اضافه شدن خصوصیات ردیاب در توابع تشخیص به روش گام به گام[1] و تاثیر آن‌ها بر توان جداسازی منابع رسوب برای واحدهای کاری مختلف را نشان می‌دهد. ویلکس لامبدا[2] معیاری مناسب از نسبت اختلاف‌های درون گروهی به اختلاف‌های بین گروهی است. در هر مرحله متغیری وارد تابع شده که در سطح ۰/۰۵ یا کم‌تر معنی‌دار بوده است. همان طور که در جدول مشخص شده است با اضافه شدن هر ردیاب مقدار ویلکس لامبدا کاهش یافته و سطح معنی‌داری بهتر شده است و در نتیجه توان جداسازی تحلیل و میزان تفکیک بین گروه‌ها افزایش یافته است.

با توجه به نتایج جدول (۶)، با اضافه شدن هر ردیاب مقدار مربع فاصله ماهالانوبیس افزایش، معیار ویلکس لامبدا کاهش و درصد تجمعی طبقه‌بندی درست نمونه‌ها افزایش یافته و سطح معنی‌داری بهتر شده است و در نتیجه توان جداسازی تحلیل و میزان تفکیک بین گروه‌ها نیز افزایش یافته است.

در نهایت به منظور تعیین سهم و اهمیت نسبی هر یک از واحدهای سازند زمین شناسی و کاربری اراضی در تولید رسوب خروجی حوزه با توجه به تحلیل تابع تشخیص برآوردها صورت گرفت (جدول ۷ و ۸). برای بررسی اهمیت نسبی کاربری‌ها و فراهم آوردن امکان مقایسه آن‌ها در جدول یاد شده سهم کل بر درصد مساحت تحت پوشش تقسیم شده است. با توجه به جدول (۷)، برآوردها نشان داد که سهم سازند کواترنری که ۲۸/۴درصد از سطح حوزه را پوشانده، مقدار ۳۹/۹درصد از سهم رسوب خروجی حوزه را ایجاد کرده است، به‌طوری‌که با ضریب اهمیت نسبی ۱/۴ بیش‌ترین توان رسوب‌زایی حوزه را داشته است. سازند گچساران نیز با ضریب اهیمت نسبی ۱/۳۸ در درجه اهمیت بالایی (به لحاظ رسوب‌زایی) بعد از سازندکواترنر قرار دارد. ولیکن سازند کنگلومرای بختیاری که ۲۳/۶درصد از سطح حوزه را دربر داشته، تنها سهمی کم‌تر از ۰/۹درصد از رسوب خروجی را تولید می نماید، لذا با ضریب اهمیت نسبی ۰/۰۴، مقاوم‌ترین سازند حوزه به فرسایش بوده و تاثیری در تولید رسوب حوزه ندارد.

همچنین با توجه به نتایج جدول (۸)، کاربری مرتع درجه سه (فقیر) که ۵۶/۲ درصد از حوزه را در برداشته؛ ۷۱/۵ درصد از رسوب تولیدی حوزه را تولید می‌کند. بر این اساس اراضی مرتع فقیر و رها شده حوزه با داشتن ضریب اهمیت نسبی ۱/۲۷در مقایسه با اراضی کشاورزی با ضریب ۰/۷۸، نقش و اهمیت بسیار بیشتری در تولید رسوب حوزه دارند. در نهایت با مقایسه مقادیر اندازه گیری شده و مشاهده شده در نمونه های رسوب خروجی حوزه با استفاده از معیار ناش- ساتکلیف، متوسط ضریب کارایی مدل حدود ۹۸/۲درصد برآورد گردید.

نتیجه‌گیری

اصل روش منشاءیابی، استفاده از تعدادی خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و آلی قابل شناسایی و تشخیص در منابع رسوب است، که با مقایسه این خصوصیات با همان خصوصیات در نمونه‌های رسوب می‌توان سهم و اهمیت نسبی منابع رسوب را در توان رسوبزایی حوزه به‌دست آورد. با توجه به نتایج بدست آمده از بین نه ردیاب انتخاب شده، عنصر Cu (مس) با داشتن 54/7 درصد بیش‌ترین درصد طبقه‌بندی صحیح را به خود اختصاص داده و ردیاب‌های Fe و Mn با اینکه به ترتیب سهم کم‌تری در افزایش درصد طبقه‌بندی صحیح مقادیر رسوب داشتند ولی با توجه‌به زیادکردن فاصله ماهالانوبیس و کاهش آماره ویلکس-لامبدا موجب افزایش اختلاف گروه‌ها شده‌اند و می‌توانند منابع رسوب حوزه را با دقت شناسایی و تشخیص دهند. این نتایج با نتایج والینگ و همکاران (۲۰۰۸) و معظمی (۲۰۰۶) همخوانی دارد. از بین سازندهای موجود حوزه دره انار، سازندکواترنر و سازندگچساران با داشتن بیش‌ترین سهم در رسوب خروجی حوزه به ترتیب ۳۹/۹ و ۵۳/۳ درصد (ضریب نسبی ۱/۴ و ۱/۳۸) بیش‌ترین تاثیر را در توان رسوب‌زایی حوزه به خود اختصاص دادند. این نتایج با توجه به نزدیک بودن سازندکواترنر به آبراهه اصلی و نیز گستردگی سازند گچساران در کنار خروجی های اصلی زیرحوزه قابل قبول می‌باشد. همچنین در کاربری‌های مختلف حوزه، مراتع فقیر و رهاشده و کاربری جنگل، به ترتیب با ۷۱/۵ و ۰/۳درصد بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار رسوب‌زایی حوزه را بر عهده داشتند.

1- Stepwise
2- Wilk's Lambda

جدول ٦- نتایج تحلیل تابع تشخیص به روش گام به گام
Table 6- Results of Discriminant analysis by stepwise method

گام step	وارد شدن متغیر Entrance Variable	سطح معنی داری F Sig.	حداقل مربع فاصله ماهالانوبیس	آماره ویلکس-لامبدا Wilks' Lambda	درصد طبقه بندی درست نمونه‌ها	درصد تجمعی طبقه بندی درست نمونه‌ها	عامل تورم واریانس VIP
1	Cu	0.01	0.16	0.501	54.7	54.7	1.25
2	Fe	0.01	0.53	0.292	31	85.7	2.46
3	Mn	0.012	0.83	0.185	14.3	100	4.53

جدول۷- سهم و اهمیت نسبی هر یک از سازندهای زمین شناسی در تولید رسوب حوزه
Table 7-Contribution and Relative efficiency of the Geological formation in basin

سازند Formation	درصد مساحت Relative area (percent)	سهم (درصد) Contribution (percent)	اهمیت نسبی Relative efficiency
کواترنری Qt	28.4	39.9	1.4
بختیاری Bk	23.6	0.9	0.04
آغاجاری Aj	9.3	5.9	0.43
گچساران Gs	38.7	53.3	1.38

جدول ۸- سهم و اهمیت نسبی هر یک از کاربری‌های اراضی در تولید رسوب حوزه
Table 8- Contribution and Relative efficiency of the Land uses in basin

کاربری اراضی Land Use	درصد مساحت Area (%)	سهم کل (درصد) Contribution (%)	اهمیت نسبی Relative efficiency
مرتع فقیر (درجه سه) Poor Range	56.2	71.5	1.27
اراضی زراعی (دیم و آبی) Farm and Dry land	35.9	28.2	0.78
جنگل Forest	7.9	0.3	0.038

در نهایت تکنیک منشاءیابی با ضریب کارایی مدل به میزان ۹۸/۲درصد، نشان داد مدل صحت و دقت بالایی در برآوردها داشته و روش مناسبی جهت تعیین و تفکیک منابع رسوب حوزه در واحدهای کاری است. این نتایج با نتایج اوارد (۲۰۱۲) و مالهوترا (۸) مطابقت دارد. از مهم‌ترین مزایای آن می‌توان به سرعت زیاد و اقتصادی بودن آن اشاره کرد، یعنی این روش تنها به جمع آوری و تجزیه و تحلیل نمونه‌های رسوب و خاک منابع مختلف به جای پایش درازمدت و گران قیمت فرسایش و حمل رسوب نیاز دارد.

شایان ذکر است از معایب این روش می‌توان به تغییرات شیمیایی ردیاب‌ها در حین فرایندهای فرسایش، حمل و رسوب‌گذاری اشاره کرد، که مقایسه مستقیم بین رسوب و منابع رسوب را با مشکل مواجه می‌سازد. برای حل این مسئله توصیه می‌شود از ردیابی با خصوصیاتی استفاده شود که اولاً به‌صورت عناصر منفرد باشند و ثانیاً رفتار ثابت داشته باشند و تحت شرایط مختلف بدون تغییر بمانند در نتیجه می‌توان گفت باید از ردیاب‌هایی استفاده شود که انحلال پذیری کمتری داشته باشند. همچنین ماهیت انتخابی فرایندهای فرسایش و انتقال رسوب است، که منجر به غنی شدگی رسوبات از نظر ذرات ریز و مواد آلی شده و مقایسه منابع رسوب و نمونه‌های رسوب را با مشکل مواجه می‌کند. درنهایت مشخص‌کردن ترکیب مناسبی از ردیاب‌ها به تجزیه‌های آزمایشگاهی زیاد و آزمون‌های آماری نیاز دارد. با وجود مشکلات مذکور، روش منشأیابی ابزاری باارزش و مؤثر برای بررسی منابع رسوب حوزه به لحاظ عوامل کنترل‌کننده محلی و غیرمحلی فرسایش و حمل رسوب می‌باشد.

منابع

1. Ansari, M. R. 2016. Investigating the Effects of Soil Management on Runoff and Sediment Using SWAT Model and Comparison of MCE with SWAT Model in Roudezard Regis, thesis for doctoral degree (PhD), campus of agriculture and natural resources of Tehran University, P. 213.
2. Arabkhedri, M. 2008. Study on Rain Characteristics and Calibration of Rainfall Simulator of Soil Conservation and Watershed Management Research Center, Final Report on 83013-0000-01-040000-003-2 Project. Institute of Soil Conservation and Watershed Management Research, Tehran. (In Persian with English abstract).
3. Collins, A.L. Walling, D.E. 2004. Documenting catchment suspended sediment sources: problems, approaches and prospects. Progress in Physical Geography, 28, 159-196.
4. 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, 120138.
5. Feiznia, S. 1995. Straight Rocks to erosion in different climate of Iran. Journal of Iran, Natural. Resources, 47, 107-131. (In Persian with English abstract).
6. Hakim Khani, S. H. Ahmadi, H. Ghayoumian, J. Feiznia, S. and Bihamta, M. R. 2007. Determining a suitable subset of geochemical elements for separation of lithological types of Poldasht water spreading station basin, Journal of. Iran. Natural. Resources, 60, 693–711. (In Persian with English abstract).
7. 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.
8. Malhotra, K. Lamba, J. Srivastava, P. Shepherd, S. 2018. Fingerprinting Suspended Sediment Sources in an Urbanized Watershed, Water Journal, 10, 1573.
9. Moazzami, M. 2006. Source studies of fine alluvial sediments using sediment fingerprinting method, M.Sc. Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, 158 p. (In Persian with English abstract).
10. Nash, J. E. and Sutcliffe, J. E. 1970. River flow forecasting through conceptual models, Journal of Hydrology, 10, 282-290.
11. 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.
12. Poulenard, J. Legout. C. Némery. J. Bramorski, J. Navratil. O. Douchin. A. Fanget. B. Perrette. Y. Evrard. O. 2012. Tracing sediment sources during floods using Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform Spectrometry (DRIFTS): A case study in a highly erosive mountainous catchment (Southern French Alps). Journal of Hydrology 414–415. 452–462.
13. Russell, M.A. Walling, D. E. Hodgkinson, R.A. 2001. Suspended sediment sources in two small lowland agriculture catchments in the UK, Journal of Hydrology, 252, 1-24.
14. Soster, F.M. Matisoff, G. Whiting, P.J. Fornes, W. Ketterer, M. Szechenyi, S. 2007. Floodplain sedimentation rates in an alpine watershed determined by radionuclide techniques. Earth Surface Processes and Landforms 31, 910-928.
15. Siegel, F. R. 2002. Environmental geochemistry of potentially toxic metals, Springer, 218p.
16. Tabachnick, B.G. Fidel, L.S. 2012. Using Multivariate Statistics. Harper Collins College Publishers, New York, 1024 p.
17. Tessier, A. Campbell, P.G.C. and Bission, M. 1979. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate traces metals, Anal. Chem. 51: 844-851.
18. Thompson, J. Cassidy. R. Doody, D. G. Flynn. R. 2013. Predicting critical source areas of sediment in headwater catchments, Agriculture, Ecosystems and Environment .179. 41– 52.
19. Voli, M.T. Wegmann, K.W. Bohnenstiehl, D.W. Leithold, E. Osburn C.L. and Polyakov, V. 2013. Fingerprinting the sources of suspended sediment delivery to a large municipal drinking water reservoir: Falls Lake, Neuse River, North Carolina, USA, J Soils Sediments. 13:1692–1707.
20. Walling, D.E. Russell, M.A. Hodghinson, R.A. Zhang, X. 2002. Fine grained sediment budgets for two small lowland agricultural catchments in the UK. Catena 47, 323-353.
21. Walling, D.E., Collins, A.L. 2008. the catchment sediment budget as a management tool, Environmental Science and Policy, 11, 136-143.
22. Walling, D.E. 2005. Tracing suspended sediment sources in catchments and river systems. Science of the Total Environment, 344 (1-3), 159-184.

Journal of Water and Soil
Vol. 32, No. 6, Jan.-Feb. 2019, p. 1055-1067

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۶، بهمن-اسفند ۱۳۹۷، ص. ۱۰۶۷-۱۰۵۵

Determination of Contribution of the Sediment Resources, using the Geochemical Elements Fingerprinting Technique (Case Study: Dare Anar basin of Baghmalek)

A. Zoratipour[1]*- M. Moazami[2]- M. R. Ansari[3]

Received: 02-10-2017
Accepted: 12-11-2018

Introduction: During the last decades, important research efforts were conducted to identify and quantify the contribution of different sources delivering suspended sediment to the rivers. This knowledge also proved to be essential to provide estimations of catchment sediment budgets. The type of sources (i.e. soil types, rock types, and land uses) to discriminate depends on the local catchment context. Generally, the targeting of sediment management strategies is a key requirement in developing countries because of the limited resources available. Proper implementation of the soil conservation plans and sediment control programs should be done to inform of the relative importance of contribution the sediment resources as well as identification of crisis centers in the watersheds. During the last decades, this approach has been increasingly applied to identify and 'trace' several distinctive characteristics of the source material that can be compared to the same characteristics measured on river suspended sediment samples. Todays, fingerprinting techniques, provide an appropriate method for rapid and low cost information on main sources of sediment.

Materials and Methods: in this study, the mentioned technique in the contribution of sediment resources, identify the critical units using the seven geochemical tracers' properties in the Dare Anar basin of Baghmalek in the Khuzestan province. The focus of this paper is upon quantifying the sources of suspended sediment transported on the Bakhmalek River in order to help guide future surface water sediment reduction efforts for turbidity-impaired streams. The statistical methods were used by the comparison of means and discriminant analysis, to select the optimal combination of tracers and contribution sediment sources. The geochemical tracers tested for their ability to distinguish between sediment sources with the Kruskal–Wallis one-way analysis of variance H test, which is able to test for the independence of more than two variables without presuming either normal or non-normal distributions. Tracers proving significance ($p<0.05$) between sources were retained. Tracers passing the Kruskal–Wallis H test that were non-conservative (suspended sediment tracer values that were not bracketed by sediment source tracer values) and removed before the performance of the mixing analysis. Tracers passing the first stage of statistical analysis were entered into a stepwise Discriminant Function Analysis (DFA) intended to optimize the number used in the mixing model. This analysis results in the smallest combination of tracers that are capable of correctly distinguishing 100% of the sources through the minimization of Wilks' Lambda (Collins et al.1998). The analysis was run separately for each drainage basin using IBM SPSS Statistics v. 20.0. From the seven measurement fingerprinting properties, three of them were selected for geology formations and land use by statistics method such as discriminate analysis and compare means tests. Then, a portion of each source determinate by mixed models.

Results: Outputs from the discriminant function analysis show the discriminatory power of the final composite of tracers to be 100% successful in the sources classification for Catchment. Finally, among the seven selected tracer included the Lead, Zinc, Copper, Iron, Manganese, Nickel, and Chromium, have identified sediment sources by three elements included the Copper, Manganese, and Iron the amount 54.7, 31 and 14.3 percent respectively. Quaternary and Gachsaran formations, having the highest share in the sedimentary; the aspect ratio was 1.4 and 1.38 respectively. The poor pasture and forest land uses were responsible the highest and the lowest values of the basin sediment with 71.5 and 0.3 percent, respectively.

Conclusion: The mitigation of nonpoint-source pollutants, such as sediment, in larger basins is rarely a straightforward procedure due to the number of sources and erosional processes contributing to their concentration in

1 and 2- Assistant Professors, Nature Engineering Department, Agricultural sciences and Natural Resources University of Khuzestan (*- Corresponding Author Email: Zoratipour@Ramin.ac.ir)

3- Assistant Professor, Soil Science Department, Agricultural sciences and Natural Resources University of Khuzestan

waterways. Therefore, the fingerprinting techniques with the relative efficiency 98.2 percent, having the high accuracy and precision in determinate appropriate method to sediment sources basin and separated of the sediment active units. Low relative error and high model efficiency coefficient confirm the results. Also the field observation is the same as model results. The results were indicating the environmental management strategies must be comprehensive for the study area, that need to reduce surface erosion and hill-slope/channel connectivity and the control gullies development by the commercial cultivation and the range reclamation. Sediment fingerprinting revealed that stream bank erosion in general, and of legacy sediments in particular, from Quaternary and Gachsaran formations to Baghmalek River is at the root of the regional sediment loading problem.

Keywords: Baghmalek, Contribution, Discriminant Analysis, Fingerprinting, Sediment, Tracer