Archive of SID.ir

Watershed Engineering and Management
DOI: 10.22092/IJWMSE.2022.357493.1954

Volume 15, Issue 3, 2023, Pages 423-437

Fingerprinting of sediment sources deposited in the river bed using geochemical tracers and combination model in a catchment with severe gully erosion

Mahmood Baghaei[1], Hamid Gholami[2*], Abolhasan Fathabadi[3] and Marzieh Rezaei[4]

[1] PhD student in Desert Management, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Hormozgan, Iran

[2] Associate Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Hormozgan, Iran

[3] Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran

[4] Assistant Professor, Department of Natural Resources Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Hormozgan, Iran

Received: 15 May 2022 Accepted: 13 August 2022

Extended abstract

Introduction

Accelerated soil erosion by water is an environmental threat on different continents. Suspended sediment loads in riverine systems resulting from the accelerated erosion due to human activities are a serious threat to the sustainable management of watersheds and ecosystem services therein worldwide. Identifying sediment provenance in the catchments is essential to to mitigate its negative effects consisting of on-site (e.g., decreasing soil depth and depletion of soil organic, degradation of soil structure, and etc.) and off-site effects and to help remedy problems such as eutrophication, and siltation of reservoirs. Among direct and indirect methods used to study the sediment source, sediment fingerprinting is a useful technique for determining contribution of sediment sources within a catchment like agricultural lands, rangelands, barelands, and etc. The successful application of this method reported in fluvial and aeolian environments. In this study, sediment fingerprinting method used to identify sediment sources and quantifying contribution of its sources in the Farghan Catchment in Hormozgan Province.

Materials and methods

In this research, 38 surficial samples (0-5 cm) were collected randomly-systematic with a good distribution from the potential sources (consisting of eight samples in agricultural lands, 18 samples from gully erosion sites and 12 samples from barelands and rangelands) and six samples from sediment deposited in the bed of the river in vicinity of catchment outlet, respectively, and after samples preparation, the concentration of the geochemical elements (consisting of major elements, rare earth elements and trace elements) were measured by ICP-OES in the central laboratory of University of Hormozgan. Stepwise discriminant function (DFA) was applied to discriminate the sediment sources, and five tracers consisting of Te, Zr, Ta, Be and Na were selected as the final tracers. Finally, the relative contribution from each source was determined by mixing model.

Results and discussion

Based on the results, the mean contribution for the agricultural lands, barelands and rangelands, and gully erosion sited were estimated 16.7, 50.6, and 32.7 %, respectively. Based on the results, a combination of Te, Zr, Ta, Be and Na were able to correctly classify 89.3% of the source sediment samples consisting of agricultural lands, gully erosion sites, barelands and rangelands. Due to high sediment rate, gully erosion sites

* Corresponding author: hgholami@hormozgan.ac.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

DOI: 10.22092/IJWMSE.2022.357493.1954

are one of the important forms of soil erosion by water. The central parts of catchment are the most susceptible region to gully erosion because these areas are covered by lithological formations such as Bangestan, Aghajari and Mishan. Mishan lithological formation is involving the marl, limestone, and the Aghajari outcrop consists of sandstone and marl. The lands of flat plains are covered by quaternary fluvial depositions resulting from the erosion of Aghajari, Mishan and older lithological formations. Due to low slop of central parts of study area, existing young soils and without developed horizons and mismanagement of land uses, the land susceptibility to gully erosion is high in central parts.

Conclusion

Sediment source fingerprinting is a useful technique to investigate the origin of sediment in both windy and fluvial sedimentary environments. The estimated source proportions can help watershed engineers plan the targeting of conservation programmes for soil and water resources and due to the variability of geological units from one region to another, the type of land use management, and the type of soil units of each region, the selected trackers for each region are different, and for this reason, until now researchers are able to provide a comprehensive guide for choosing a tracker. were not optimal in all regions, and this issue is one of the main challenges of sediment fingerprinting.

Keywords: Farghan Catchment, Potential sources, Sediment provenance, Source contribution, Watershed management

Cite this article: Baghaei, M., Gholami, H., Fathabadi, A., Rezaei, M., 2023. Fingerprinting of sediment sources deposited in the river bed using geochemical tracers and combination model in a catchment with severe gully erosion. Watershed Engineering and Management 15 (3), 423-437.

© 2023, The Author(s). Published by Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).



Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۱۵، شماره ۳، ۱۴۰۲، صفحات ۴۲۳-۴۳۷

Watershed Engineering and Management
Volume 15, Issue 3, 2023, Pages 423-437
DOI:10.22092/IJWMSE.2022.357493.1954

انگشت‌نگاری منابع رسوب ته‌نشین شده در بستر رودخانه با استفاده از ردیاب های ژئوشیمیایی و مدل ترکیبی در حوضه‌ای با فرسایش خندقی شدید

محمود بقایی[۱]، حمید غلامی[۲*]، ابوالحسن فتح آبادی[۳] و مرضیه رضایی[۴]

[۱] دانشجوی دکتری، مدیریت کنترل بیابان، گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران

[۲] دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران

[۳] استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران

[۴] استادیار گروه مهندسی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۲۲

چکیده مبسوط

مقدمه

تشدید فرسایش آبی یک تهدید محیط زیستی در قاره‌های مختلف است که بار رسوب معلق در سامانه‌های رودخانه‌ای منتج شده از فرسایش تشدیدی به‌دلیل فعالیت‌های انسانی نیز یک تهدید جدی برای مدیریت پایدار آبخیزها و خدمات اکوسیستم در سراسر دنیا محسوب می‌شود. شناسایی منابع رسوب در آبخیزها به منظور کاهش اثرات منفی آنها شامل اثرات درون منطقه‌ای (مانند کاهش ضخامت و ماده آلی خاک، تخریب ساختمان خاک و غیره) و برون منطقه‌ای و حل مشکلاتی مانند بیش‌غذایی و ته‌نشست رسوبات در مخزن سدها، لازم است. از بین روش‌های مستقیم و غیرمستقیم مورد استفاده برای مطالعه منشا رسوب، انگشت‌نگاری رسوب، روشی موثر برای تعیین سهم منابع رسوب (شامل اراضی کشاورزی، مرتعی، بایر و اراضی دارای فرسایش خندقی) در داخل یک آبخیز است. کاربرد موفقیت‌آمیز این روش در محیط‌های مختلف آبی و بادی گزارش شده است. در نتیجه، در پژوهش حاضر، به‌منظور شناسایی و کمی‌کردن سهم منابع رسوب داخل حوزه آبخیز فارغان در استان هرمزگان، از روش انگشت‌نگاری رسوب استفاده شد.

مواد و روش‌ها

برای انجام پژوهش، تعداد ۳۸ نمونه سطحی (صفر تا پنج سانتی‌متر) به‌صورت تصادفی-سیستماتیک و با در نظر گرفتن توزیع مناسب از منابع بالقوه تولیدکننده رسوب شامل هشت نمونه از اراضی کشاورزی، ۱۸ نمونه از محل دارای فرسایش خندقی و ۱۲ نمونه از اراضی بایر و مرتعی و شش نمونه از رسوبات خروجی حوضه جمع آوری شد. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، غلظت عناصر ژئوشیمیایی شامل عناصر اصلی، نادر خاکی و کمیاب، با استفاده از دستگاه ICO_OES در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه هرمزگان، اندازه‌گیری شد. به‌منظور کمی‌کردن سهم منابع رسوب، با استفاده از تحلیل تابع تشخیص، پنج ویژگی شامل تلوریوم (Te)، زیرکونیوم (Zr)، تانتال (Ta)، بریلیوم (Be) و سدیم (Na)، به‌عنوان ردیاب‌های نهایی شناسایی شدند. در نهایت، با استفاده از مدل ترکیبی، سهم نسبی هر یک از منابع رسوب به‌دست آمد.

* مسئول مکاتبات: hgholami@hormozgan.ac.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

نتایج و بحث

طبق نتایج به‌دست آمده، ۱۶/۷ درصد سهم رسوبات مورد بررسی مربوط به کاربری کشاورزی، ۵۰/۶ درصد مربوط به خندق و ۳۲/۷ درصد مربوط به کاربری مرتع و بایر است. بر اساس نتایج، ترکیبی از Te، Zr، Ta، Be و Na قادر است که ۸۷/۵ درصد از نمونه‌های برداشت شده از سه منبع شامل اراضی کشاورزی، فرسایش خندقی و اراضی بایر و مراتع را به درستی طبقه‌بندی کند. از این رو، سهم خندق در تولید رسوب از کاربری‌های کشاورزی و اراضی بایر و مرتعی مورد بررسی، بیشتر است. قسمت‌های مرکزی حوضه نسبت به فرسایش خندقی حساسیت بالایی دارند، زیرا سازندهای زمین شناسی غالب در حوضه، بیشتر شامل بنگستان و همچنین، سازندهای آغاجاری و میشان است. سازند میشان، متشکل از لایه‌های عمدتا مارنی و آهکی است و رخنمون‌های سازند آغاجاری متشکل از ماسه‌سنگ و مارن است. اراضی مسطح دشت را آبرفت‌های دوران چهارم زمین‌شناسی تشکیل می‌دهند که حاصل فرسایش سازندهای آغاجاری، میشان و سازندهای قدیمی‌تر هستند. همچنین، به‌دلیل این‌که مناطق مرکزی حوضه دارای شیب کمی بوده، خاک منطقه شامل خاک‌های جوان و فاقد تکامل است و استفاده نادرست از کاربری‌های منطقه باعث شده است، حساسیت به فرسایش خندقی در قسمت مرکزی حوضه بالا باشد.

نتیجه‌گیری

انگشت‌نگاری منبع رسوبات، یک تکنیک مفید به‌منظور بررسی منشا رسوبات در محیط‌های رسوبی اعم از بادی و رودخانه‌ای است. سهم‌های تخمین زده شده می‌تواند در راستای برنامه‌های مدیریت منابع آب و خاک به مهندسین آبخیز کمک کند. به‌دلیل تغییرپذیری واحدهای زمین‌شناسی از یک منطقه به منطقه دیگر، نوع مدیریت کاربری اراضی و نوع واحدهای خاک هر منطقه، ردیاب‌های انتخابی برای هر منطقه متفاوت است. به همین علت، تا کنون محققان قادر به ارائه یک دستورالعمل جامع برای انتخاب ردیاب‌های بهینه در تمامی مناطق نبوده‌اند. این موضوع یکی از چالش‌های اصلی روش انگشت‌نگاری رسوب است که در صورت غلبه بر این چالش، می‌توان بخش زیادی از هزینه‌های پژوهش که صرف اندازه‌گیری ردیاب‌های مازاد می‌شوند را کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: حوزه آبخیز فارغان، سهم منبع، مدیریت آبخیز، منابع بالقوه، منشا رسوب

مقدمه

فرسایش آبی، به‌عنوان یک فرایند کلیدی تخریب خاک در دنیا مطرح است (Oldeman et al., 1992). این نوع فرسایش، با شکل‌های مختلفی بر روی زمین ظاهر می‌شود که یکی از پیشرفته‌ترین آن، فرسایش خندقی است که از عوامل اصلی تخریب زمین محسوب می‌شود و با افزایش جمعیت جهان تشدید می‌شود. فرسایش خندقی، به‌دلیل تولید رسوب و خسارات زیادی که در نتیجه فعالیت‌های انسانی وارد می‌کند از اهمیت زیادی برخوردار است. از طرفی، توسعه فرسایش خندقی موجب انباشت رسوب در پشت سدها و خسارات فراوان به زمین‌های کشاورزی، تخریب جاده‌ها و شبکه‌های آبیاری می‌شود.

خندق، آبراهه‌ای است نسبتا دائمی که جریان‌های موقت آب در هنگام بارندگی از آن می‌گذرد و مقدار بسیار زیادی رسوب را در خود حمل می‌کند. به‌طور کلی، وقتی آبراهه‌های فرسایش یافته در سطح زمین به اندازه‌ای بزرگ باشد که نتوان آن‌ها را به‌وسیله عملیات کشت و زرع معمولی تسطیح کرد، آن آبراهه، خندق نامیده می‌شود (Refahi, 2009).

بر اساس نتایج حاصل از تحقیقات اخیر، این نوع فرسایش از دو بعد در بین انواع فرسایش آبی اهمیت دارد. اول این‌که، با تخریب افق‌های سطحی و زیرین خاک، موجب تولید رسوب در حجم زیاد و نابودی بستر تولید می‌شود. دوم این‌که فرسایش خندقی چندین برابر فرسایش سطحی، تولید رسوب دارد که برای مخازن سدهای احداث شده، تلفات حاصلخیزی خاک و رسوب‌گذاری رودخانه‌ها بسیار مهم است (Possen, 1996).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

به‌منظور کنترل رسوب و اجرای برنامه‌های حفاظت خاک در حوزه‌های آبخیز، شناسایی منابع اصلی تولید رسوب و مناطق فرسایش‌پذیر امری ضروری است (Collins et al., 2001)، زیرا بعضی از استراتژی‌ها بایستی بر روی منابع کلیدی متمرکز شوند (Walling et al., 2008). برای دستیابی به این اهداف، روش‌های مختلفی وجود دارد که از بین آن‌ها می‌بایست روش یا روش‌هایی انتخاب شوند که اولا سریع، اقتصادی و دقیق باشند و ثانیا بتوانند ارتباط بین فرسایش منابع رسوب و رسوب تولید شده در انتهای حوضه و در نتیجه، ارتباط بین فرسایش و حمل و رسوبگذاری را برقرار سازند (Collins and Walling, 2004).

از بین روش‌های موجود، روش منشأیابی رسوب که در آن اهمیت نسبی منابع مختلف تولید رسوب در حوضه تعیین می‌شوند، در سال‌های اخیر به‌طور فزاینده‌ای به‌وسیله محققین مختلف به‌کار گرفته شده است.(Owens et al., (2000 گزارش کردند که کاربرد این روش، دو مرحله اصلی دارد. در مرحله اول، ترکیبی از خصوصیاتی است که به‌طور واضح منشا رسوبات را مشخص می‌کنند و با فنون آماری انتخاب می‌شوند (Foster et al., 2002). در مرحله بعد، با به‌کارگیری مدل‌های چند متغیره ترکیبی و استفاده از روش‌های بهینه‌سازی، بین خصوصیات منابع و رسوبات، ارتباط برقرار شده (Collins and Walling, 2004) و سهم هر منبع تعیین می‌شود (Krause et al., 2003؛ Walling, 2005).

انگشت‌نگاری رسوب، بر اساس فرض ارتباط بین ردیاب‌های رسوب معلق و منابع متناظر رسوب در سطح حوضه، استوار است که امکان تشخیص منابع بالقوه تولید رسوب و میزان سهم هر منبع در رسوب خروجی از حوضه بر اساس خصوصیات انگشت‌نگاری را فراهم می‌کند. در این روش، از خصوصیات رسوب معلق و مواد منبع به‌عنوان ردیاب‌های طبیعی استفاده شده است. به‌طوری که اگر از منابع بالقوه برای تولید رسوب، نمونه‌برداری به عمل آمده و مورد تجزیه و تحلیل خصوصیات ردیابی قرار گیرد، آنگاه می‌توان از روش انگشت‌نگاری در راستای تعیین منشا رسوبات بهره جست (Hakimkhani et al., 2007).

از نظر رویکرد محاسباتی، انگشت‌نگاری رسوب شامل دو مرحله اصلی است، به‌طوری که نخست، چند ردیاب تشخیص‌گر برای جدایش منابع بالقوه رسوب به طور واضح و معنی‌دار ایجاد می‌شوند. در مرحله دوم، ردیاب‌های انگشت‌نگاری انتخاب شده، در منابع بالقوه رسوب با مقادیر متناظر آن‌ها در نمونه‌های رسوب معلق اخذ شده در خروجی حوضه برای تعیین سهم منابع رسوب در تولید رسوب حوضه مورد مقایسه قرار می‌گیرند (Collins et al., 1997). روش‌های مختلف تعیین سهم منابع مختلف رسوب را نیز می‌توان به دو روش کلی مستقیم و غیرمستقیم تقسیم کرد (Walling, 2005). روش‌های غیرمستقیم، شامل تکنیک‌هایی است که جابه‌جایی خاک را اندازه‌گیری و یا ارزیابی می‌کنند. در این روش‌ها، اگرچه پیشرفت های اخیر تکنولوژی در پیمایش، سنجش از دور و فتوگرامتری باعث بهبود تفکیک مکانی و زمانی الگوهای فرسایش در حوزه‌های آبخیز شده است، اما با این حال این روش‌ها اتصال منبع رسوب به رودخانه و عدم قطعیت ناشی از روندیابی رسوب را در نظر نمی گیرند. لذا، نتایج این روش‌ها تا زمانی که اطلاعاتی در مورد میزان تحویل رسوب وجود نداشته باشد، محدود به فرسایش خاک منابع مختلف رسوب بوده است و نمی‌توان نتایج این روش‌ها را برای تعیین سهم منابع رسوب تعمیم داد. از جمله روش‌های غیرمستقیم می‌توان به کاربرد مدل‌های مختلف تجربی و فیزیکی برآورد فرسایش و رسوب، پلات‌های فرسایشی، بررسی‌های چشمی منابع رسوب از طریق عکس‌ها و مشاهدات صحرایی (Collins and Walling, 2004) و اندازه‌گیری بار رسوبی در انتهای زیرحوضه‌های اصلی اشاره کرد (Walling and Woodward, 1995).

کاربرد بعضی از این روش‌ها، معمولا با مشکلات نمونه‌گیری مکانی و زمانی و تنگناهای اجرایی مواجه بوده است و بعضی از آن‌ها نیز نیاز به زمان و هزینه های نسبتا زیادی دارند (Collins and Walling, 2004). روش‌های مستقیم از جمله روش انگشت‌نگاری رسوب، به نحوی منابع رسوب و شار رسوبات را به هم مربوط می‌کنند که نیاز به اطلاعات تکمیلی در مورد نرخ تحویل رسوب ندارند. مهمترین اصل روش انگشت نگاری، مقایسه خصوصیات مختلف منابع رسوب با

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

رسوبات خروجی از حوضه است و سهم هریک از منابع رسوب با ترکیبی مناسب از ردیاب‌ها تعیین می‌شود (Sadeghi and Najafi, 2014). در منشأیابی، به‌جای استفاده از یک ردیاب، معمولا از چند ردیاب یا چند گروه از ردیاب‌ها نظیر عناصر ژئوشیمیایی (Nazari Samani et al., 2011)، فلزات سنگین (Kouhpeima et al., 2011)، مواد آلی (Hakimkhani et al., 2009)، ویژگی‌های بیولوژیکی (Nosrati et al., 2011)، کانی شناسی (Walling and Woodward, 1995)، رنگ (Mosaffaie et al., 2016)، ایزوتوپ‌های پایدار (Hakimkhani et al., 2009) استفاده می‌شود، تا در نهایت ترکیب کاملی از این ردیاب‌ها برای منشأیابی رسوبات حاصل شود.

مطالعات متعددی در زمینه منشأیابی رسوبات آبی از روش انگشت‌نگاری استفاده کردند که در این زمینه می‌توان به تحقیقات Collins et al., (1997)، Hughes et al., (2009)، Pulley et al., (2015)، LeGall et al., (2016)، Zhang and Liu (2016)، Sadeghi et al., (2017)، Patault et al., (2019)، Habibi et al., (2019)، Nosrati et al., (2018)، Haddadchi et al., (2013)، Voli et al., (2013)، Nosrati et al., (2011) و Collins et al., (2013) اشاره نمود.

Patault et al., (2019)، با استفاده از روش انگشت‌نگاری به منشأیابی رسوبات رودخانه Canche فرانسه پرداختند و ردیاب‌های بهینه را با استفاده از تحلیل تشخیص گام به گام[1] انتخاب کردند. Gholami et al., (2019)، به‌منظور کمی‌کردن سهم منابع رسوبات ساحلی در حوزه آبخیز جگین از تکنیک انگشت‌نگاری استفاده کردند و با استفاده از فرایند آماری سه مرحله‌ای (آزمون دامنه، کروسکال والیس و تحلیل تشخیص گام به گام) ردیاب‌های بهینه را انتخاب و منشا رسوبات مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. Lim et al., (2019)، با استفاده از منشأیابی سهم منابع رسوبات را در رودخانه Yeongsan تعیین کردند که این منابع شامل رسوبات زمین‌های زراعی مجاور رودخانه، خاک‌های جنگلی و رسوباتی که از مناطق دیگر (مناطق دوردست مانند سرچشمه اصلی و غیره) وارد شده بودند، هستند. نتایج نشان داد، رسوباتی که از مناطق دوردست وارد رودخانه شده بودند، منبع غالب رسوبات رودخانه هستند. Pulley et al., (2018)، برای ردیابی منابع رسوب در حوزه‌های آبخیز، از نرم‌افزار SIFT استفاده کردند که این نرم‌افزار کاربر را از طریق تصمیمات مهم تجزیه و تحلیل داده ها، راهنمایی می‌کند و تمام محاسبات را خودکار انجام می‌دهد.

Habibi et al., (2018)، به‌منظور منشأیابی رسوبات ته‌نشین شده در حوزه آبخیز سد لاور فین، از روش انگشت‌نگاری استفاده کردند و با استفاده از تحلیل تشخیص، شش ردیاب بهینه (Pr، Bi، Th، Nd/Yb، La/Yb و Cr) را به‌عنوان پارامترهای ورودی به مدل در نظر گرفتند. Samadi et al., (2019)، با استفاده از انگشت‌نگاری رسوبات و آزمون‌های آماری ترکیبات بهینه را برای تعیین سهم منابع مختلف در تولید رسوب در حوزه آبخیز تول‌بنه استان گلستان تعیین کردند و با استفاده از مدل ترکیبی چند متغیره، سهم منابع مختلف را مشخص نموده و سهم کاربری های کشاورزی و مرتع را به‌ترتیب ۳۳/۲۳ درصد و ۱۰/۲۱ درصد برآورد کردند. Haddadchi et al., (2014)، در پژوهش خود به تعیین سهم منابع رسوب بار بستر و رسوب معلق در حوزه آبخیز طالقان پرداختند که در نهایت، نتایج نشان داد، رسوبات منشا گرفته از کانال، سهم زیادی در تولید بار بستر دارند. همچنین، Zhao et al., (2017)، با استفاده از تکنیک منشأیابی به این نتیجه رسیدند که ۶۵ درصد رسوبات رودخانه Yangjiagou در چین، متعلق به ذرات ماسه سنگ‌های هوازده است.

به‌طور کلی، روش‌های مدلسازی مختلفی شامل آزمون‌های آماری مختلف، برای تفکیک منابع رسوب و مدل‌های مختلف برای منشأیابی رسوبات داخل حوزه آبخیز در محیط‌های مختلف معرفی شده است. بنابراین، با توجه به اهمیت فرسایش خندقی در تولید رسوب حوزه‌های آبخیز و گسترش روزافزون روش‌های منشأیابی رسوب، هدف از این پژوهش، تعیین ترکیب بهینه‌ای از ردیاب‌ها با استفاده از تحلیل تابع تشخیص و کمی نمودن سهم منابع رسوب (شامل کاربری کشاورزی، اراضی بایر و مرتعی و اراضی دارای فرسایش

[1] Discriminant function analysis

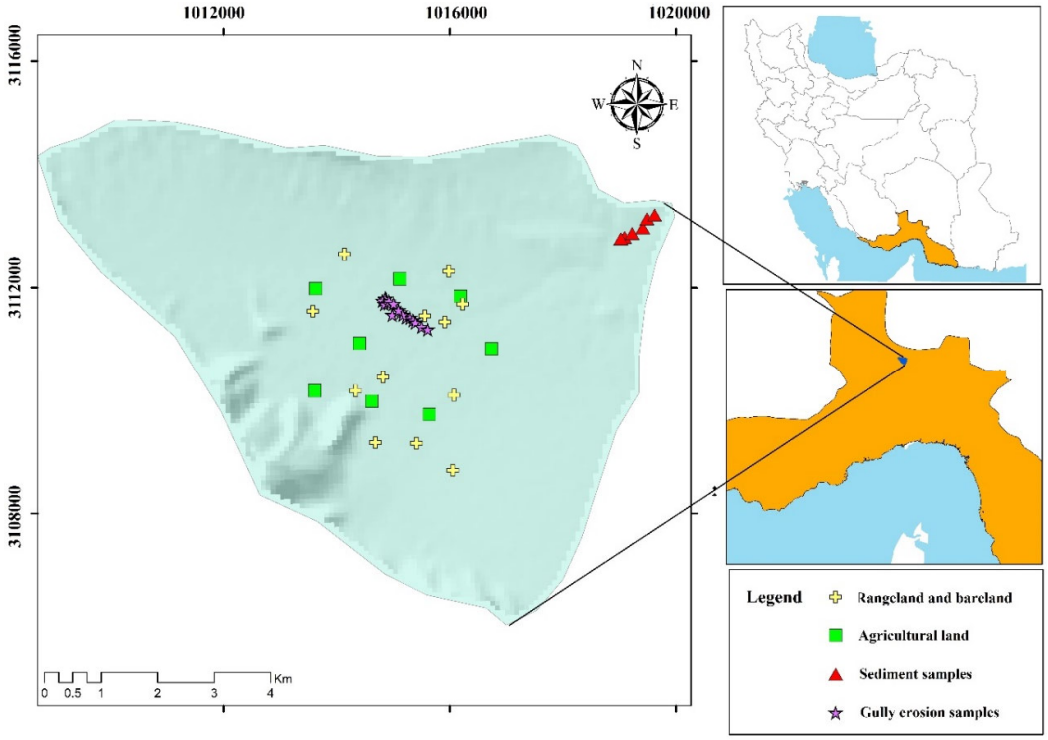
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

خندقی) با استفاده از مدل ترکیبی کالینز (Collins)

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه در شهر فارغان، شمال شرقی استان هرمزگان، در محدوده طول جغرافیایی '۱۵ °۵۶ تا '۵۶ °۵۶ و عرض جغرافیایی '۰۰ °۲۸ تا '۰۳ °۲۸ قرار گرفته است. ارتفاع متوسط منطقه ۱۱۶۰ متر از سطح دریا و شیب متوسط منطقه سه درصد است. کمینه ارتفاع در این حوزه آبخیز ۱۰۰۰ متر و بیشینه ارتفاع ۱۴۰۰ متر و تیپ اراضی در این منطقه دشت دامنه‌ای است. اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن، خشک بیابانی معتدل بوده و متوسط دمای سالانه معادل ۲۳/۶ درجه سانتی‌گراد و میزان متوسط بارندگی سالانه، طبق آمار ۲۴ ساله برابر با ۱۵۶ میلی‌متر است. بر اساس نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور، حوزه آبخیز فارغان متشکل از هشت واحد زمین شناسی از جمله Mlmmi، Qft2، Omr، JKkgp، Eja، ktb، Ek و Kbgp است که عمدتا شامل نهشته‌ها و در حوزه آبخیز فارغان در استان هرمزگان است. پادگانه‌های کواترنری است. بیشتر اراضی این حوزه آبخیز تحت گسترش گروه‌های خامی و بنگستان و همچنین، سازندهای آغاجاری و میشان است. خندق‌ها بر روی سازندهای زمین‌شناسی میشان، تراس‌ها و مخروط افکنه‌های کوهپایه‌ای گسترش پیدا کردند. از لحاظ کاربری اراضی نیز، کاربری‌های شناسایی شده در این حوضه، کاربری کشاورزی، مرتع و اراضی بایر است و فرسایش خندقی در اراضی کشاورزی توسعه یافته است. توسعه فرسایش خندقی باعث تخریب اراضی کشاورزی بسیاری در منطقه شده است. از این رو، تهدیدی جدی برای کشاورزی منطقه است. خاک های انتی‌سول، انسپتی‌سول و مخلوط تشکیل دهنده خاک اراضی حوزه آبخیز هستند. محدوده فرسایش خندقی در خاک‌های انسپتی‌سول تشکیل شده است. شبکه آبراهه این حوزه آبخیز دارای مجموع طول ۱۱۶/۷ کیلومتر و طول رودخانه اصلی آن برابر با ۱۱/۸ کیلومتر است. شکل ۱، منطقه مورد مطالعه و موقعیت نقاط نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری

Fig. 1. Location of the study area and sampling points

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مطالعات کتابخانه‌ای و نمونه‌برداری از منابع رسوبات و محل رسوب‌گذاری: پس از جمع‌آوری منابع و اطلاعات مورد نیاز شامل نقشه‌های پایه، موقعیت فرسایش خندقی در سطح حوزه آبخیز شناسایی شدند و نقشه حوزه آبخیز مورد مطالعه تهیه شد. سپس، سه منبع شامل کاربری اراضی کشاورزی و اراضی بایر و مرتعی و اراضی شامل فرسایش خندقی به‌عنوان منابع تولید رسوب در حوضه مورد مطالعه در نظر گرفته شد و در پاییز ۱۳۹۹ اقدام به نمونه‌برداری شد. سپس، تعداد ۴۴ نمونه خاک سطحی، از منابع رسوب و منطقه رسوب‌گذاری با وزن تقریبی یک کیلوگرم از عمق یک تا پنج سانتی‌متری برداشت شد. به‌طور کلی، به‌ترتیب هشت، ۱۸، ۱۲ و شش نمونه از اراضی تحت کشاورزی، اراضی دارای فرسایش خندقی، اراضی بایر و مرتعی و محل‌های ته‌نشست رسوب در نزدیک خروجی اصلی حوزه آبخیز به‌صورت تصادفی-سیستماتیک با پراکنش مناسب برداشت شد.

آماده‌سازی نمونه‌ها و تحلیل‌های آزمایشگاهی: پس از برداشت، نمونه‌ها در هوای آزاد خشک و سپس از الک ۶۳ میکرون عبور داده شدند و به تفکیک مورد آزمایش قرار گرفتند. به‌منظور حذف برخی ترکیبات زائد، نمونه‌ها در محلول Aqua regin، هضم اسیدی شدند (Gholami et al., 2017؛ Collins et al., 2012). سپس، غلظت ۵۴ عنصر ژئوشیمیایی شامل آلومینیوم (Al)، آرسنیک (As)، باریوم (Ba)، بریلیوم (Be)، بیسموت (Bi)، سریم (Ce)، کبالت (Co)، کروم (Cr)، سزیوم (Cs)، دیتریوم (Dy)، اربیوم (Er)، آهن (Fe)، گالیوم (Ga)، گادلیوم (Gd)، هافونیوم (Hf)، هولمیوم (Ho)، ایندیوم (In)، پتاسیم (K)، لیتیوم (Li)، لوتیوم (Lu)، منیزیوم (Mg)، منگنز (Mn)، مولیبدن (Mo)، سدیم (Na)، نئوبیوم(Nb)، نئودیمیوم (Nd)، نیکل (Ni)، فسفر (P)، سرب (Pb)، پریمیوم (Pr)، روبیدیوم (Rb)، کلسیم (Ca)، مس (Cu)، یوروپیم (Eu)، لانتان (La)، تانتال (Ta)، گوگرد (S)، اسکاندیوم (Sc)، ساماریوم (Sm)، قلع (Sn)، استرانسیوم (Sr)، تیتانیوم (Ti)، فتریبیوم (Tb)، تلوریوم (Te)، توریوم (Th)، تولیم (Tm)، اورانیوم (U)، وانادیوم (V)، تنگستن (W)، ایتریوم (Y)، ایتربیوم (Yb)، روی (Zn)، نقره (Ag)، زیرکونیوم (Zr)، با استفاده از دستگاه ICO_OES در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه هرمزگان اندازه‌گیری شد. بر اساس سه تکرار در اندازه‌گیری نمونه‌ها، انحراف معیار کمتر از پنج درصد است.

آزمون آماری برای تعیین ترکیب بهینه ردیاب‌ها: برای انجام منشأیابی در گام اول به‌دست آوردن ترکیب بهینه‌ای از ردیاب‌ها که قابلیت تشخیص و تفکیک منابع را داشته باشند، ضروری است. در این پژوهش، برای تفکیک منابع رسوب و انتخاب ترکیب بهینه ردیاب‌ها و تعیین سهم نسبی تولید رسوب در هر کدام از منابع از تحلیل تشخیص گام به گام (DFA) استفاده شد (Collins et al., 1997). هدف این تحلیل، به بیشینه رساندن تفکیک بین منابع با به کمینه رساندن مجموعه بهینه ردیاب‌ها است. بنابراین، منظور از تحلیل تشخیص، گروه‌بندی داده‌ها به گروه‌های متجانس است به گونه‌ای که مشاهده‌های هر گروه با یکدیگر شبیه باشند و مشاهده‌های گروه‌های مختلف نسبت به یکدیگر کمترین شباهت را داشته باشند (Cooke et al., 2014؛ Collins and Walling, 2007). تحلیل‌های آماری مربوط به تحلیل تشخیص گام به گام، با استفاده از نرم‌افزار SPSS23 انجام گرفت.

کمی‌کردن سهم منابع با استفاده از مدل ترکیبی کالینز[1]: پس از انتخاب ترکیب بهینه ردیاب‌ها با استفاده از تحلیل تشخیص، برای برآورد سهم هر یک از منابع رسوب، این ردیاب‌ها وارد مدل ترکیبی چند متغیره می‌شوند. در این پژوهش، به منظور کمی‌کردن سهم منابع از مدل رایج Collins et al., (1997)، استفاده شد. ساختار این مدل به‌صورت رابطه (۱) است.

$$f(X_i)=\sum_{i=1}^{n}((c_i-\sum_{j=1}^{m}S_j\times A_{j,i})/c_i)^2 \qquad (۱)$$

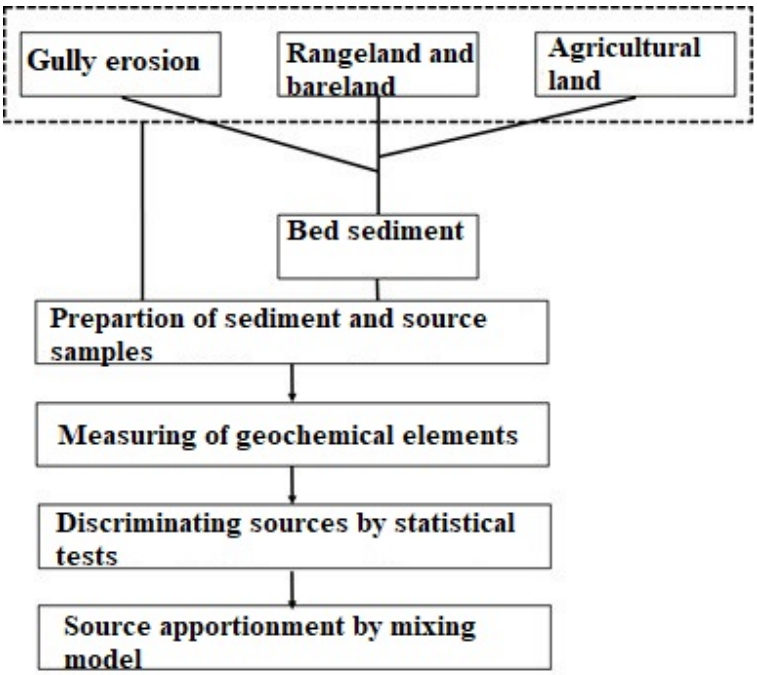
در این رابطه، $f(Xj)$ تابع هدف، Ci غلظت ردیاب بهینه iام در نمونه‌های رسوب، Sj سهم فرضی منبع jام، Aj,i غلظت ردیاب بهینه iام در منبع jام، n تعداد ردیاب‌های بهینه و m تعداد منابع تامین‌کننده رسوب است. برای حل این رابطه، باید دو شرط رعایت شود: ۱) مقادیر ضریب سهم هر یک از منابع رسوب بین صفر و یک باشد و ب) مجموع سهم نسبی منابع رسوب برابر با یک باشد. همچنین، از دو محدودیت

[1] Collins

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

مرزی در ابزار Solver نرم‌افزار Excel، برای تطبیق نتایج با واقعیت، یکی اطمینان از مثبت شدن سهم نسبی هر یک از منابع رسوب و دیگری اطمینان از این‌که مجموع سهم همه منابع رسوب باید برابر با یک شود، استفاده شد. در مدل‌های چند متغیره ترکیبی، از برنامه‌نویسی خطی برای حل تعدادی از رابطه‌ها استفاده می‌شود. در این مدل‌ها فرض بر این است که ترکیب و مخلوط شدن خصوصیات منشایاب از منابع مختلف به‌صورت خطی است (Foster et al., 2002). با حل این رابطه‌ها سهم هر یک از منابع مختلف رسوب به‌دست می‌آید. برای هر یک از ردیاب‌های بهینه، رابطه (۱) تکرار می‌شود و بنابراین، به تعداد ردیاب‌ها، رابطه وجود خواهد داشت و مدل چند متغیره ترکیبی با تعدادی رابطه مشخص خواهد شد. با هر یک از این رابطه‌ها می‌توان سهم هر یک از منابع مختلف رسوب را به‌دست آورد. مدل مفهومی پژوهش، در شکل ۲، ارائه شده است.



شکل ۲- نمودار جریانی پژوهش
Fig. 1. Diagram of research

نتایج و بحث

تفکیک منابع: میانگین مقادیر عناصر در نمونه‌های منبع رسوب و محل رسوب‌گذاری در جدول ۱، ارائه شده است. به‌منظور تفکیک منابع رسوب ته‌نشین شده در بستر رودخانه اصلی در نزدیکی خروجی حوزه آبخیز فارغان، از آزمون DFA استفاده شد. طبق نتایج این آزمون، پنج ردیاب Te، Zr، Ta، Be و Na در پنج گام، به‌عنوان ردیاب‌های بهینه انتخاب شدند (جدول ۲). در این آزمون، ویلکس لامبدا (Wilks' lambda) مبنای تشخیص و تفکیک منابع در آزمون DFA گرفته شد و ردیاب‌های بهینه بر مبنای کمینه‌سازی ویلکس لامبدا انتخاب شد. مقادیر ویلکس لامبدا بین ۷/۹۱ (برای اولین گام با Te به‌عنوان اولین ردیاب وارد شده به مدل) و ۶/۷۰ (برای گام پنجم با Na به‌عنوان ردیاب پنجم وارد شده به مدل) متغیر است. نتایج مربوط به تعداد گام‌های ورود ردیاب به مدل و ردیاب های بهینه در جداسازی منابع رسوب منطقه مورد مطالعه در جدول ۲، ارائه شده است. مراحل مختلف وارد شدن ردیاب‌ها در تابع تشخیص، به روش گام به گام است. همچنین، در این جدول سطح معنی‌داری و مقادیر ویلکس لامبدا در هر گام مشخص شده است. کارایی استفاده از روش DFA گام به گام در تحقیقات گذشته (Habibi et al., 2019) به‌منظور انتخاب ردیاب‌های بهینه تایید شده است.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۱- میانگین مقادیر عناصر ژئوشیمیایی در نمونه‌های منابع و رسوب
Table 1. The mean of geochemical elements in the sediment and source samples

Geochemical elements	Sediment	Sediment source	Geochemical elements	Sediment	Sediment source
Sm	2.700	3.000	Al	3.400	3.660
Sr	1009	1122	Ba	176.0	185.4
Ta	0.750	0.920	Be	1.000	1.400
Tb	0.410	0.400	Bi	2.500	2.300
Te	0.160	0.150	Ca	14.70	13.90
Th	7.300	7.900	Ce	26.00	25.60
Tm	0.190	0.200	Co	21.00	21.00
U	3.300	3.400	Cr^{267}	177.0	181.0
V	71.60	76.80	Cr^{276}	171.0	175.0
W	3.000	3.200	Cs	12.70	14.00
Y	11.90	13.00	Dy	2.500	2.700
Yb	1.30	1.400	Er	0.500	0.500
Zn	65.40	57.00	Eu	0.700	0.800
Ag	0.260	0.240	Fe	2.500	2.700
Zr	32.30	36.70	Ga	9.600	10.50
Cu	0.002	0.002	Gd	2.600	2.800
La	11.20	12.40	Hf	0.150	0.180
Ti	0.210	0.230	Ho	0.700	0.700
Nd	74.00	70.70	In	0.420	0.400
Ni	186.7	166.6	K	1.400	1.500
P	0.040	0.060	Li	24.20	28.70
Pb	21.00	17.00	Lu	0.180	0.190
Pr	5.100	5.700	Mg	3.300	3.300
Rb	53.80	54.40	Mn	680.0	720.7
S	0.400	1.90	Mo	10.10	10.30
Sc	9.900	10.70	Na	0.820	0.900
Se	5.300	66.00	Nb	6.000	6.700

جدول ۲- نتایج حاصل از آزمون DFA گام به گام برای انتخاب ردیاب‌های بهینه برای تفکیک منابع رسوب
Table 2. The results of stepwise DFA test for selecting the optimum tracers for the discrimination of the sources

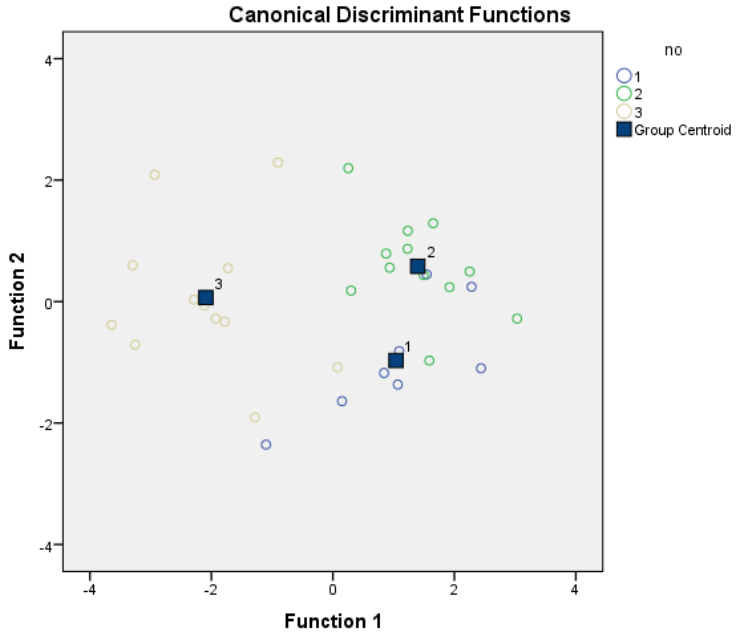
Step	Optimum tracer	Statistic	Wilk's lambda	
			F	
			Statistic	Sig
1	Te	0.647	7.91	0.002
2	Zr	0.471	6.39	0.000
3	Ta	0.348	6.25	0.000
4	Be	0.267	6.08	0.000
5	Na	0.182	6.70	0.000

نتایج DFA گام به گام در شکل ۳ و جدول ۳، خلاصه شده است. بر اساس این نتایج، ترکیبی از Te، Zr، Ta، Be و Na، توانستند ۸۷/۵ درصد از نمونه‌های رسوب برداشت شده از سه منبع شامل اراضی کشاورزی، اراضی دارای فرسایش خندقی و اراضی بایر و مراتع را به درستی طبقه‌بندی کند. در مطالعه‌ای که به‌وسیله Gholami et al., (2019)، به‌منظور کمی‌کردن سهم منابع رسوبات ساحلی حوزه آبخیز جگین صورت گرفت، چهار عنصر Be، Ni، K و Cu برای تفکیک منابع رسوبات ریز ساحلی انتخاب شدند که در بین این عناصر، Be مشترک با پژوهش حاضر است که نشان‌دهنده قابلیت این عنصر برای تفکیک منابع است.

Hakimkhani et al., (2007)، بیان کردند که روش‌های گام به گام در مواقعی که هم‌خطی چندگانه در متغیرها وجود دارد، عملکرد خوبی ندارد. بنابراین، باید در هنگام استفاده از روش‌های گام به گام در تحلیل تشخیص به این مساله توجه شود که متغیرهایی که وارد مدل شده‌اند، بی اثر و زائد نباشند و تعدادی از آن‌ها توان بالایی در تفکیک گروه‌ها داشته باشند.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۳- جداسازی منابع رسوبات با استفاده از توابع یک و دو

Fig. 3. Discrimination of sediment sources using first and second functions

جدول ۳- طبقه‌بندی نمونه منابع رسوبات با استفاده از روش DFA گام به گام

Table 3. Classification of sediment sources using the stepwise DFA

		Group membership prediction			
	Sources	Agricultural land	Gully erosion	Rangeland and bare land	Total
Number	Agricultural land	6	2	0	8
	Gully erosion	1	11	0	12
	Bare land and rangeland	1	0	11	12
Percent	Agricultural land	75	25	0	100
	Gully erosion	8.3	91.7	0	100
	Bare land and rangeland	8.3	0	91.7	100

تعیین سهم زیرحوضه‌ها در تولید رسوب: با توجه به معنی‌دار شدن توابع تشخیص و قابل قبول بودن صحت طبقه‌بندی، نتایج به‌دست آمده از تحلیل تشخیص، وارد مدل ترکیبی چند متغیره کمی (معادله کالینز) شدند. بررسی‌ها نشان دادند که در خروجی های تحلیل تشخیص، بهترین ترکیب، متغیرهایی هستند که توابع اصلی بر اساس آن‌ها ساخته شده‌اند. مجموع پنج ردیاب Te، Zr، Ta، Be و Na در ترکیب تابع به‌کار رفته‌اند که برای هر یک از این ویژگی‌های منشایاب که به‌عنوان قوی‌ترین ردیاب‌ها تعیین شدند، معادله کالینز تکرار شد. با استفاده از ردیاب‌های منتخب و به‌کارگیری مدل ترکیبی کالینز، درصد سهم هر منبع رسوب در رسوبات خروجی از منطقه مورد بررسی، محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۴، ارائه شده است.

بر طبق نتایج، کاربری مرتع و بایر به‌عنوان منبع غالب برای نمونه‌های رسوب شماره ۴ و ۶ و کاربری کشاورزی، تنها به‌عنوان منبع غالب نمونه رسوب شماره ۲ شناسایی شدند. خندق نیز به‌عنوان منبع غالب برای نمونه‌های رسوب ۱، ۳ و ۵ تعیین شد. همچنین، در مجموع ۱۶/۷ درصد سهم رسوبات مورد بررسی مربوط به کاربری کشاورزی، ۵۰/۶ درصد مربوط به خندق و ۳۲/۷ درصد مربوط به کاربری مرتع و بایر است. از این رو، سهم خندق در تولید رسوب منطقه از سایر کاربری‌ها بیشتر است (جدول ۴ و شکل ۴).

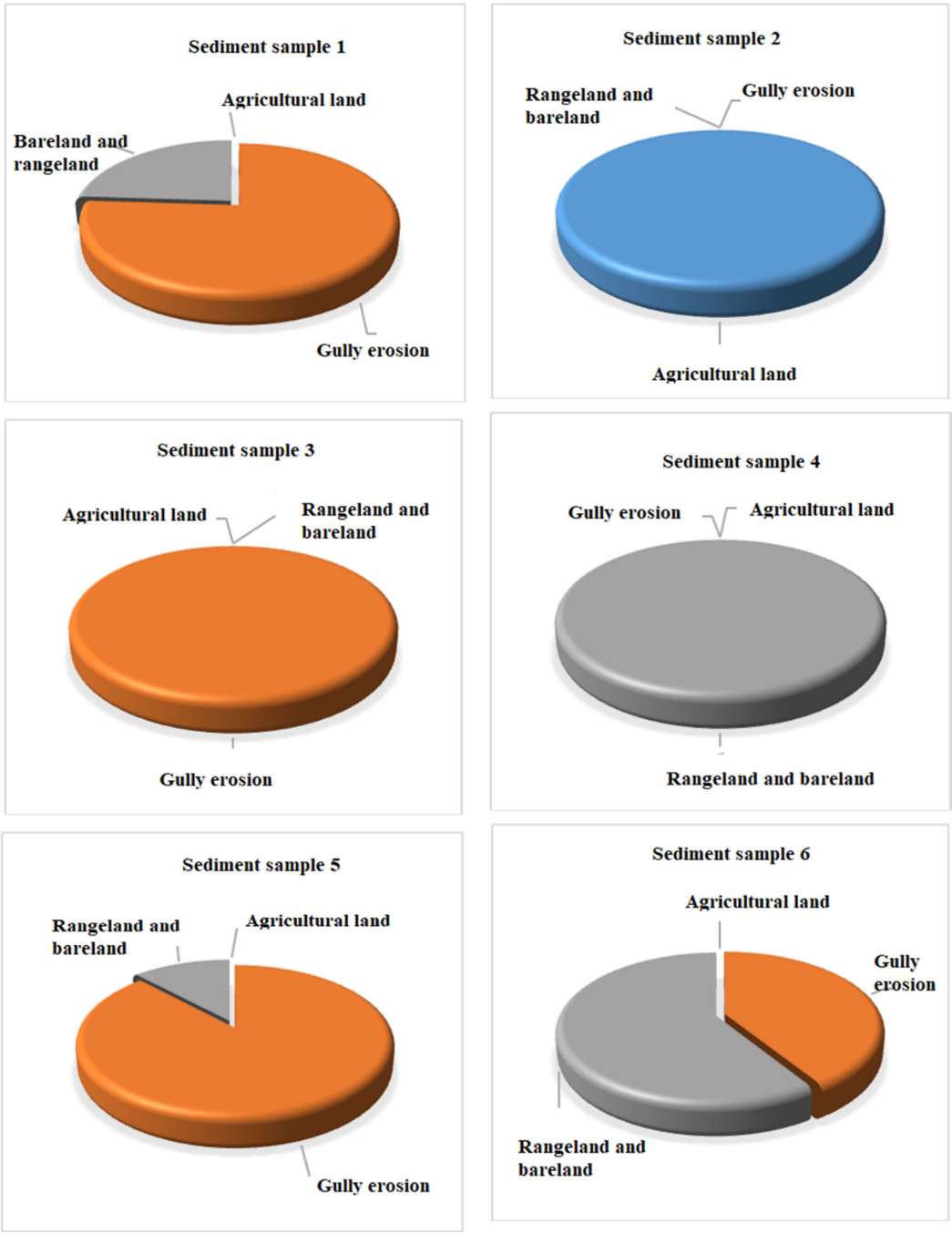
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جدول ۴- نتایج سهم‌بندی منابع رسوبات در منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش انگشت‌نگاری

Table 4. The results of the source apportionment in the study area using fingerprinting method

Sediment sample nunmber	Source contribution		
	Agricultural land	Gully erosion	Bare land and rangeland
1	0.00	76.0	24.0
2	100	0.00	0.00
3	0.00	100	0.00
4	0.00	0.00	100
5	0.00	88.0	12.0
6	0.00	41.0	59.0
Average apportionment	16.7	50.6	32.7



شکل ۴- نتایج سهم‌بندی رسوبات (کشاورزی، خندق، مرتع و بایر)

Fig. 4. The results of sediment apportionment (agricultural land, gully erosion and bare land and rangeland)

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

بر اساس نتایج به‌دست آمده و بررسی‌های صورت گرفته، مشاهده شد که قسمت‌های مرکزی حوضه نسبت به فرسایش خندقی حساسیت بالایی دارند، زیرا سازندهای زمین‌شناسی غالب در حوضه بیشتر شامل بنگستان و همچنین، سازندهای آغاجاری و میشان است. سازند میشان، متشکل از لایه‌های عمدتا مارنی و آهکی است و رخنمون‌های سازند آغاجاری متشکل از ماسه‌سنگ و مارن است. اراضی مسطح دشت را آبرفت‌های دوران چهارم زمین‌شناسی تشکیل می‌دهند که حاصل فرسایش سازندهای آغاجاری، میشان و سازندهای قدیمی‌تر هستند. این سازندهای حساس به فرسایش باعث حساسیت منطقه به فرسایش خندقی شده است. همچنین، به‌دلیل این‌که مناطق مرکزی حوضه دارای شیب کمی بوده‌اند، خاک منطقه شامل خاک‌های جوان و فاقد تکامل هستند و استفاده نادرست از کاربری‌های منطقه باعث شده حساسیت به فرسایش خندقی در قسمت مرکزی حوضه بالا باشد. از لحاظ کاربری اراضی، تنوع کاربری در منطقه مورد بررسی بسیار محدود بوده و شامل کاربری‌های کشاورزی، جنگل و مرتع است که بیشترین مساحت منطقه را کاربری مرتع تشکیل داده است.

گروه‌بندی منابع رسوب (اعم از انواع کاربری اراضی، واحدهای زمین‌شناسی، واحدهای خاک و غیره) در یک حوزه آبخیز، یکی از منابع عدم قطعیت و خطا است و بسته به شرایط منطقه و برای به کمینه رساندن عدم قطعیت مرتبط با آن، محققین مختلف از گروه‌های مختلف منابع، استفاده کردند.

نتیجه‌گیری

انگشت‌نگاری منبع رسوبات، یک تکنیک مفید به منظور بررسی منشا رسوبات در محیط‌های رسوبی اعم از بادی و رودخانه‌ای است. در پژوهش حاضر، سهم کاربری اراضی کشاورزی، اراضی مرتع و بایر و اراضی دارای فرسایش خندقی در تولید رسوب ریزدانه ته-نشین شده در بستر رودخانه اصلی در مجاورت خروجی اصلی حوزه آبخیز فارغان در استان هرمزگان، با فقر داده و بدون هیچ‌گونه مطالعات قبلی و با استفاده از مدل ترکیبی مرسوم در مطالعات انگشت‌نگاری رسوب، کمی شد. بعد از شناسایی ردیاب‌های بهینه، به‌منظور تفکیک کاربری‌های اراضی به‌عنوان منابع تولید کننده رسوب با استفاده از روش های آماری، با به کمینه رساندن مدل ترکیبی برای شش نمونه رسوب، سهم رسوب از هر کاربری و فرسایش خندقی برای نمونه‌های رسوب به‌دست آمد و سپس، با میانگین‌گیری از مقادیر به‌دست آمده سهم رسوب هر کدام از کاربری‌های منطقه مشخص شد.

بر طبق نتایج، سهم اراضی تحت تاثیر فرسایش خندقی در نزدیکی خروجی حوزه آبخیز در تولید رسوب از دو کاربری اراضی کشاورزی و اراضی مرتعی و بایر، بیشتر است. بنابراین، سهم‌های کمی ارائه شده توسط روش انگشت‌نگاری رسوب می‌تواند در مدیریت حوزه آبخیز در راستای تثبیت منابع رسوب و کاهش بار رسوب رودخانه مورد استفاده قرار گیرند. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، روش انگشت‌نگاری منبع رسوب، قادر به کمی کردن سهم منابع رسوب در حوضه‌هایی با فقر داده است که می‌تواند در راستای مدیریت پایدار منابع آب و خاک داخل حوزه آبخیز مورد استفاده قرار گیرد.

به‌طور کلی، به‌دلیل تغییرپذیری واحدهای زمین شناسی از یک منطقه به منطقه دیگر، نوع مدیریت کاربری اراضی، و نوع واحدهای خاک هر منطقه، ردیاب‌های انتخابی برای هر منطقه متفاوت است و به همین علت، تا کنون محققان قادر به ارائه یک دستورالعمل جامع برای انتخاب ردیاب‌های بهینه در تمامی مناطق نبوده‌اند و این موضوع یکی از چالش-های اصلی روش انگشت‌نگاری رسوب است که در صورت غلبه بر این چالش، می‌توان بخش زیادی از هزینه‌های تحقیق که صرف اندازه‌گیری ردیاب‌های مازاد می‌شوند را کاهش داد. با این حال، روش انگشت‌نگاری روشی بسیار مناسب برای تعیین منابع تولید رسوب در حوزه‌های آبخیز است. پیشنهاد می شود، در تحقیقات آتی در زمینه منشأیابی، منابع عدم قطعیت (ناشی از تعداد کم نمونه، گروه‌بندی منابع، اندازه‌گیری ردیاب‌ها و غیره) مورد بررسی قرار گیرد.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

تشکر و قدردانی

نویسندگان این پژوهش، از گروه مهندسی منابع طبیعی دانشگاه هرمزگان به علت حمایت از این پژوهش که در قالب رساله دکتری انجام شده است، تقدیر و تشکر به عمل می‌آورند.

تعارض منافع

در این مقاله تضاد منافعی وجود ندارد و این مساله مورد تایید همه نویسندگان است.

منابع مورد استفاده

Collins, A.L., Walling, D.E., Leeks, G.J.L., 1997. Source type ascription for fluvial suspended sediment based on a quantitative composite fingerprinting technique. Catena 29, 1-27.

Collins, A.L., Zhang, Y., Walling, D.E., Grenfell, S.E., Smith, P., Grischeff, J., Brogden, D., 2012. Quantifying fine-grained sediment sources in the River Axe Catchment southwest England: application of a Monte-Carlo numerical modelling framework incorporating local and genetic algorithm optimization. Hydrol. Process. 26(13), 1962–1983.

Collins, A.L., Walling, D.E., 2004. Documenting cachment suspended sediment sources: problems approaches and prospects. Prog. Phys. Geogr. 28, 159-196.

Collins, A.L., Walling, D.E., 2007. Sources of fine sediment recovered from the channel bed of lowland groundwater fed catchments in the UK. J. Geomorphology 88, 120-138.

Collins, A.L., Walling, D.E., Sichingabula, H.M., Leeks, G.J.L., 2001. Suspended sediment source fingerprinting in a small tropical catchment, some management implications. Appl. Geogr. 21, 387-412.

Collins, A.L., Zhang, Y.S., Duethmann, D., Walling, D.E., Black, K.S., 2013. Using a novel tracing-tracking framework to source fine-grained sediment loss to watercourses at sub-catchment scale. Hydrol. Process. 27 (6), 959–974.

Cooke, D.R., Hollings, P., Wilkinson, J.J., Tosdal, R.M., 2014. Geochemistry of porphyry deposits. In H.D.H.K. Turekian (ed.) Treatise on Geochemistry, Second Edition. Foster, I.D.L., Lees, J.A., Jones, A.R., Chapman, A.S., Turner, S.E., 2002. The possible role of agricultural land drains in sediment delivery to a small reservoir Worcestershire UK: a multiparameter fingerprint study In: Hodgkinson R. (ed.). The Structure Function and Management Implications of Fluvial Sedimentary Systems, IAHS Publ. No. 276: 433-442.

Gholami, H., Telfer, M.W., Blake, W.H., Fathabadi, A., 2017. Aeolian sediment fingerprinting using a Bayesian mixing model. Earth Surf. Process. Landf. 42(14), 2365-2376

Gholami, H.E., Takhti Najad, J., Collins, A.L., Fathabadi, A., 2019. Monte carlo fingerprinting of the terrestrial sources of different particle size fractions of coastal sediment deposits using geochemical tracers: some lessons for the user community. Environ. Sci. Pollut. Res. Springer 26(13), 13560–13579.

Habibi, S., Gholami, H., Fathabadi, A., Jansen, J.D., 2019. Fingerprinting sources of reservoir sediment via two modelling approaches. Sci. Total Environ. 663, 78–96.

Habibi, S., Gholami, H., Fathabadi, A., Walling, D.E., 2018. Source fingerprinting of sediment deposited in the dam reservoir: a case of Lavar Dam Watershed, Fin, Hormozgan Province. Environ. Erosion Res. J. 8(3), 1-15 (in Persian).

Haddadchi, A., Nosrati, K., Ahmadi, F., 2014. Differences between the source contribution of bed material andsuspended sediments in a mountainous agricultural catchment of western Iran. Catena 116, 105-113.

Haddadchi, A., Ryder, D., Evrard, O., Olley, J., 2013. Sediment fingerprinting in fluvial systems: review of tracers, sediment sources and mixing models. Int. J. Sediment Res. 28, 560-578 (in Persian).

Hakimkhani, S.H., Ahmadi, H., Ghayoumian, J., 2009. Determining erosion types contributions to the sediment yield using sediment fingerprinting method, case study: Margan Watershed. Iran. J. Soil Water Sci. 19(1), 83-94 (in Persian).

Hakimkhani, S.H., Ahmadi, H., Ghayoumian, J., Feiznia, S., Bihamta, M.R., 2007. Determining a suitable subset of geochemical elements for separation of lithological types of Poldasht water spreading system. J. Iran. Nat. Res. 60(3), 693-711(in Persian).

Hughes, A.O., Olley, J.M., Croke, J.C., McKergow, L.A., 2009. Sediment source changes over the last 250 years in a dry-tropical catchment central. Queensland Australia Geomorphology, 104, 262-275.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Kouhpeima, A., Feiznia, S., Ahmadi, H., Hashemi, S.A.A., 2011. Determining the ability of acid extractable metals as a fingerprint in sediment source discrimination. Int. J. Nat. Resour. Mar. Sci. 1(2), 93-99.

Krause, A.K., Franks, S.W., Kalma, J.D., Rowan, J.S., Loughran, R.J., 2003. Multi-parameter fingerprinting of sediment deposition in a small gullied catchment in SE Australia. Catena 53, 327-348.

LeGall, M., Evrard, O., Foucher, A., Laceby, J.P., Salvador-Blanes, S., Thill, O., Dapoigny, A., Lefèvre, I., Cerdan, O., Ayrault, S., 2016. Quantifying sediment sources in a lowland agricultural catchment pond using ^{137}Cs activities and radiogenic $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios. Sci. Total Environ. 566-567, 968-980.

Lim, Y.S., Kimand, J.W., Kim, J.K., 2019. Suspended sediment source tracing at the Juksan Weir in the Yeongsan River using composite fingerprints. Quat. Int. l519, 245–254.

Mosaffaie, J., Ekhtesasi, M.R., 2016. Comparison of the relative sediment yield potential of lithological units using sediment grain color. Iran Water. Manage. Sci. Eng. 10(32), 51-58 (in Persian).

Nazari Samani, A., Wasson, R.J., Malekian, A., 2011. Application of multiple sediment fingerprinting techniques to determine the sediment source contribution of gully erosion: review and case study from Boushehr Province southwestern, Iran. Prog. Phys. Geogr. 35(3), 75-391.

Nosrati, K., Collins, A.L., Madankan, M., 2018. Fingerprinting sub-basin spatial sediment sources using different multivariate statistical techniques and the Modified MixSIR model. Catena 164, 32-43.

Nosrati, K., Govers, G., Ahmadi, H., Sharifi, F., Amoozegar, M.A., Merckx, R., Vanmaercke, M., 2011. An exploratory study on the use of enzyme activities as sediment tracers: biochemical fingerprints. Int. J. Sediment Res. 28, 136-151.

Oldeman, L.R., Makkeling, R.T.A., Somebroek, W.G., 1992. World map of the status of human-induced soil degradation. Land Degrad. Dev. 3(1), 68–69.

Owens, P. N., Walling, D. E., Leeks, G.J. L., 2000. Tracing fluvial suspended sediment sources in the catchment of the River Tweed, Scotland, using composite fingerprinting and a numerical mixing model. In: Foster, I.D.L. (ed.), Tracers in Geomorphology, Wiley, Chichester, 291-308.

Patault, E., Alary, C., Franke, C., Abriak, N., 2019. Quantification of tributaries contributions using a confluence-based sediment fingerprinting approach in the Canche River Watershed (France). Sci. Total Environ. 668, 457–469.

Possen, I.P., 1996. Thresholds of channel initiation in historical and holocene times. Adv. Water Resour. 2, 687–708.

Pulley, S., Foster, I., Antunes, P., 2015. The uncertainties associated with sediment fingerprinting suspended and recently deposited fluvial sediment in the Nene River Basin. Geomorphology 228, 303-319.

Refahi, H., 2009. Water erosion and its control (Six ed.). Tehran, Tehran University Press (in Persian).

Sadeghi, S.H., Najafi, S., RiyahiBakhtiari, A., 2017. Sediment contribution from different geologic formations and land uses in an Iranian small watershed, case study. Int. J. Sediment Res. 32, 210-220.

Sadeghi, S.H.R., Najafi, S., 2014. Sediment fingerprinting of water in watersheds (concepts, methods and technologies). Iranian Student Book Agency (in Persian).

Samadi, M., Bahremand, A., Salajegheh, A., Ownegh, M., Hoseializade, M., Fathabadi, A., 2019. Sediment fingerprinting and estimation uncertainty in Toulbane Watershed, Golestan Province. J. Range Water. Manage. 72(2), 443-461 (in Persian).

Voli, M.T., Wegmann, K.W., Bohnenstiehl, D.R., Leithold, E., Osburn, C.L., 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(10), 1692–1707.

Walling, D.E., 2005. Tracing suspended sediment sources in catchments and river systems. Sci. Total Environ. 344, 159-184.

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

Walling, D.E., Woodward, J.C., 1995. Tracing sources of suspended sediment in river basins: a case study of the River Culm, Devon, UK. Mar. Freshw. Res. 46, 327–336.

Zhang, X.C., Liu, B.L., 2016. Using multiple composite fingerprints to quantify fine sediment source contributions: a new direction. Geoderma 268, 108-118.

Zhao, G., Mu, X., Han, M., An, Z., Gao, P., Sun, W., Xu, W., 2017. Sediment yield and sources in dam-controlled watershed on the northern Loess Plateau. Catena 149, 110-119.

Archive of SID.ir