

# منشایابی منابع رسوب در فصل‌های بهار و پاییز با استفاده از ردیاب‌های ژئوشیمیایی

کاظم نصرتی<sup>(۱)</sup> و فروزان احمدی<sup>(۲)</sup>

۱. دانشیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

۲. دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۲/۲۰

## چکیده

هدف از این پژوهش تعیین تاثیر فصل بهار و پاییز بر تولید رسوب حوضه طالقانی، خرم‌آباد، استان لرستان با استفاده از ردیاب‌های ژئوشیمیایی و مدل ترکیبی منشایابی رسوب است. به این منظور ۳۹ نمونه خاک از منابع رسوب با کاربری‌های مختلف (کشاورزی ۱۷، مرتع ۱۲ و جنگل ۱۰ نمونه) برداشت شد. همچنین جهت برداشت نمونه‌های رسوب معلق هنگام رخداد بارندگی، هفت نمونه رواناب از خروجی حوضه طی سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۱ (سه نمونه در فصل پاییز و چهار نمونه در فصل بهار) برداشت شد. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها ۱۱ عنصر ژئوشیمیایی شامل آهن، روی، مس، منیزیم، سدیم، کلسیم، پتاسیم، منگنز، کربن آلی، نیتروژن و فسفر به‌عنوان ردیاب‌های اولیه در نمونه‌های منابع رسوب و نمونه‌های رسوب معلق اندازه‌گیری شد. با استفاده از تحلیل آماری کروسکال والیس و تحلیل آماری تابع تشخیص، ردیاب‌های روی، کربن آلی، منیزیم و کلسیم به‌عنوان ترکیب بهینه ردیاب در تفکیک منابع رسوب انتخاب شدند. با انتخاب ترکیب بهینه ردیاب‌ها، نمونه‌های منابع رسوب با نمونه‌های رسوب معلق در رواناب در دو فصل متفاوت به‌صورت جداگانه مقایسه شدند. نتایج نشان داد که سهم کاربری اراضی در تولید رسوب در فصل پاییز برای کشاورزی، مرتع و جنگل به ترتیب ۶۷/۹ درصد، ۳۲/۱ درصد و صفر درصد است. نتایج مقایسه منابع رسوب با نمونه‌های رسوب معلق در رواناب در فصل بهار نشان داد که سهم کاربری اراضی در تولید رسوب برای کشاورزی ۴۴/۳ درصد، مرتع ۴۴/۳ درصد و جنگل ۱۱/۴ درصد است. این نتایج نشان می‌دهد که در فصل پاییز کاربری کشاورزی بیشترین سهم تولید رسوب را دارد که لازم است در این فصل مدیریت پوشش گیاهی اراضی کشاورزی مورد توجه قرار گیرد تا از فرسایش و تولید رسوب جلوگیری شود.

**واژه‌های کلیدی:** حوضه آبخیز طالقانی، فرسایش فصلی، تولید رسوب، کاربری اراضی، منابع رسوب.

## مقدمه

خاک یکی از منابع مهم و ارزشمندی است که بهره‌برداری از آن سابقه‌ای بس طولانی دارد و انسان‌ها، به‌صورت منطقی و غیرمنطقی از این منبع خدادادی استفاده می‌کنند. این منبع نقش بسیار مهمی در تأمین نیازهای غذایی انسان دارد و تخریب آن باعث تهدید منابع آب و خاک به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم می‌شود. مهم‌ترین پدیده‌ای که باعث تخریب خاک در بسیاری از مناطق شده و در حال افزایش می‌باشد، پدیده فرسایش خاک است. با توجه به اثرات منفی بسیار زیاد فرسایش

\* نویسنده مرتبط: K\_nosrati@sbu.ac.ir

براساس نتایج مدل ترکیبی ایزوتوپ پایدار، سهم منابع رسوب حوضه از قبیل مرتع، باغ و کناره رودخانه به ترتیب ۲۰/۸، ۱۱/۲ و ۶۸ درصد برآورد شده است. عدم قطعیت نیز قابل توجه بود. مقادیر عدم قطعیت برای مرتع ۲-۲۴ درصد، باغ ۱-۲۶ درصد و کناره رودخانه ۶۶-۸۳ درصد به دست آمد. حکیم‌خانی و احمدی (۱۳۸۷) سهم زیرحوضه‌ها در تولید رسوب را با استفاده از روش منشایابی در شش زیرحوضه مرگن پلدشت در ماکو و با استفاده از عناصر ژئوشیمیایی تعیین کردند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که سهم شش زیرحوضه از یک تا شش به ترتیب ۸۹/۱۴، ۱۰/۸۶، ۲۰/۸۶، ۷۹/۱۴، ۶۷/۱۰ و ۳۲/۹۰ درصد است. میانگین خطای نسبی تقریباً برابر با ۱۱ درصد و متوسط کارایی مدل حدود ۰/۹۹ بود. کالینز و همکاران (۲۰۱۰) سهم انواع منبع رسوب در هشت زیرحوضه رودخانه برو در منطقه سومرست در انگلستان را با استفاده از عناصر ژئوشیمیایی تعیین کردند. نتایج نشان داد که سهم تولید رسوب اراضی مرتعی با میانگین زیاد و دامنه عدم قطعیت کم، بیش از سایر کاربری‌های اراضی است.

مرور پیشینه پژوهش نشان داد که ویژگی‌های فصلی شدت بارش، میزان بارش، زمان بارش، حجم رواناب و درجه سرمای خاک از اهمیت زیادی در فرسایش و تولید رسوب برخوردار است، اگرچه یک پوشش دائمی گیاهی می‌تواند اثرات این عوامل را به میزان زیادی کاهش دهد (Puustinen et al., 2007; Scholz et al., 2008 and Ollivier et al., 2010). تاکنون با توجه به اهمیت فصل در توزیع بارندگی و دوره رشد گیاهان، این عامل در برخی مدل‌های برآورد فرسایش و تولید رسوب مانند CSEP (Kirkby and Cox, 1995) و WEEP (Brown et al., 1995) در نظر گرفته شده است. همچنین (Bechet et al., 2016) اثر گردش فصل را بر روی فرآیند فرسایش در یک خندق مارنی مورد مطالعه قرار دادند. بدین ترتیب تاثیر فصل در تعیین سهم منابع رسوب در تولید رسوب کمتر مورد توجه قرار گرفته است و در این مطالعه سعی شده تا با رویکرد نمونه‌برداری از رسوبات معلق در فصل‌های بهار و پاییز، این مهم تحقق یابد. بنابراین هدف از این مطالعه منشایابی منابع

خاک، به‌کارگیری مدیریتی موثر برای حفظ خاک و همچنین جلوگیری از فرسایش ضروری است. برای سیستم‌های مدیریتی نیاز است شناخت بیشتری در رابطه با میزان مقاومت خاک در مکان‌ها و زمان‌های مختلف به دست آید. ارزیابی میزان فرسایش و تولید رسوب در فصول مختلف بخصوص در کشور ما ایران کمتر مورد توجه محققان بوده است. در صورتی که مقیاس‌های زمانی و مکانی فرسایش و تولید رسوب دارای اهمیت هستند (Knapen et al., 2007). بدین ترتیب لازم است مکان‌هایی که در زمان‌های متفاوت در معرض خطر فرسایش و تولید رسوب هستند را ارزیابی کرد تا با مشخص کردن عوامل موثر، مدیریت بهتری در مورد روش‌های حفاظت خاک اعمال کرد.

برای ارزیابی میزان فرسایش و رسوب، روش‌ها و تکنیک‌های مختلفی توسط پژوهشگران در سراسر دنیا به کار گرفته شده است. از جمله تکنیک‌هایی که در دو دهه‌ی اخیر در دنیا به کار گرفته شده، تکنیک منشایابی رسوب می‌باشد. در روش منشایابی رسوب، سهم هر یک از منابع رسوب در تولید رسوب خروجی حوضه بر اساس مقایسه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک فرسایش یافته از منابع رسوب و رسوب تولیدی تعیین می‌شود. در منشایابی رسوب ردیاب‌های گوناگونی مانند کانی‌شناسی (حکیم‌خانی، ۱۳۸۵)، خاصیت مغناطیسی (Hatfield and Maher, 2009)، رادیونوکلئیدی (Wilkinson et al., 2009)، عناصر ژئوشیمیایی (نصرتی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Pulley et al., 2014؛ Collins and Walling, 2007؛ Nosrati et al., 2014؛ Manjoro et al., 2016، and Tiecher et al., 2016) مواد آلی (Collins and Walling., 2007 and Lamba et al., 2015) (Walling et al. 2000، اندازه ذرات (Walling et al., 2009) and Ballantine et al., 2009)، فعالیت آنزیم‌ها (نصرتی و همکاران، ۱۳۹۱ و Nosrati et al., 2011)، و ایزوتوپ پایدار (Fox and Papanicolaon., 2008) برای منشایابی منابع رسوب استفاده می‌شود. نصرتی و همکاران (۲۰۱۴) از ردیاب‌های ژئوشیمیایی برای تعیین سهم منابع رسوب استفاده کردند و همچنین مدل ترکیبی بیسین را برای برآورد عدم قطعیت در منشایابی رسوب توسعه دارند.

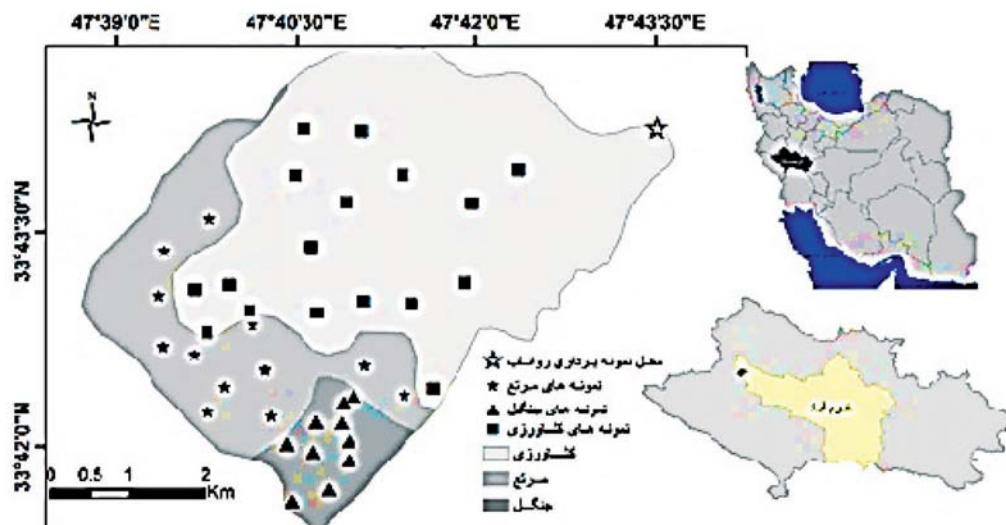
کاظم نصرتی و فروزان احمدی

کیلومترمربع یکی از زیر حوضه‌های رودخانه کشکان از حوضه آبخیز رودخانه کرخه است که در حوضه استحفاظی خرم آباد و در ۲۲ کیلومتری شمال کوه‌دشت، در استان لرستان واقع شده است (شکل ۱). کوه هنجیس با ارتفاع حدود ۲۳۰۰ متر خط الراس حوضه طالقانی می‌باشد. حوضه طالقانی از جمله حوضه‌های کوهستانی استان می‌باشد. ارتفاع متوسط حوضه ۱۷۵۶ متر است.

رسوب در فصل‌های بهار و پاییز با استفاده از ردیاب‌های ژئوشیمیایی در حوضه طالقانی واقع در کوه‌دشت خرم‌آباد، استان لرستان می‌باشد.

## موقعیت منطقه

حوضه طالقانی در  $33^{\circ} 42' - 33^{\circ} 43' 30''$  عرض شمالی و  $47^{\circ} 39' - 47^{\circ} 43' 30''$  طول شرقی با مساحت بیش از ۲۶



شکل ۱. موقعیت منطقه طالقانی و نقاط نمونه‌برداری در اراضی مختلف

در خروجی حوضه، نمونه‌برداری به عمل آمد که در پایان هر رخداد، نمونه‌ها با هم ترکیب و پس از ته‌نشست شدن و عبور از کاغذ صافی، مورد استفاده قرار گرفتند. در این مطالعه سه نمونه رواناب در پاییز ۱۳۹۰ و چهار نمونه رواناب در بهار ۱۳۹۱ جمع‌آوری شد.

نمونه‌های منابع رسوب پس از خشک شدن در هوای آزاد و کوبیدن و عبور از الک ۲ میلی‌متر و ۶۳ میکرون برای انجام عمل هضم و اندازه‌گیری ردیاب‌های ژئوشیمیایی آماده‌سازی شدند. استفاده از این جزء رسوبات ریزدانه به این دلیل است که بیشتر عناصر ژئوشیمیایی در این ذرات وجود دارند (Wallbrink and Croke, 2002).

### اندازه‌گیری ردیاب‌ها

در روش منشایابی ترکیبی از خصوصیات ردیاب‌ها برای تفکیک منابع رسوب استفاده می‌شود. به این منظور ابتدا

## مواد و روش‌ها

### جمع‌آوری و آماده‌سازی نمونه‌ها

تعداد ۳۹ نمونه از اراضی مختلف شامل اراضی کشاورزی (۱۷ نمونه)، مرتع (۱۲ نمونه) و جنگل (۱۰ نمونه) به‌عنوان نمونه‌های منابع رسوب جمع‌آوری شد (شکل ۱). برای اینکه نمونه‌ها بتواند معرف کاملی از نقطه‌ی نمونه‌برداری باشند، در یک محدوده ۱۰۰ متری مربعی حدود ۱۰ نمونه برداشت گردید و به‌منظور مخلوط کردن آن در داخل یک ظرف ریخته شد و پس از به هم زدن، مقدار خاک لازم که حدود یک کیلوگرم بود، برداشت شد.

### نمونه‌برداری رسوب

برای نمونه‌برداری از رسوبات معلق در طول دو فصل مختلف (بهار و پاییز) در هر رخداد بارشی که از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۱ اتفاق افتاد، هر ۱۵ دقیقه یک‌بار از رسوبات معلق واقع

تشخیص و با توجه به رابطه ۱، درصد نسبی هر یک از منابع رسوب محاسبه شد (Collins et al., 2010).

رابطه (۱)

$$RME = 1 - \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left\{ \left( C_i - \left( \sum_{s=1}^m P_s S_{si} Z_i O_s SV_{si} \right) \right) / C_i \right\}^2 W_i \right]$$

$c$  = غلظت ردیاب در نمونه‌های رسوب،  $P_s$  = سهم درصدی بهینه شده منابع رسوب،  $S_{si}$  = میانگین غلظت ردیاب در منابع رسوب،  $Z$  = ضریب اصلاحی اندازه ذرات در نمونه‌های منابع رسوب،  $O$  = ضریب اصلاحی مواد آلی در منابع رسوب،  $SV_{si}$  = نماینده وزن تغییرپذیری ردیاب (i) در منبع رسوب (s)،  $W_i$  = وزن قدرت تمایز،  $n$  = تعداد ردیاب‌ها و  $m$  = تعداد منابع رسوب است. با به حداقل رساندن معادله (۱) سهم هر یک از منابع رسوب تعیین شد.

### چگونگی تعیین سهم کاربری اراضی در فرسایش و تولید رسوب در فصول مختلف

به منظور محاسبه سهم کاربری اراضی در فرسایش و تولید رسوب در فصول مختلف، نمونه‌های رسوب معلق در رواناب در هر فصل با منابع رسوب به صورت جداگانه مقایسه شدند. به این معنی که، در این مطالعه با توجه به اینکه سه نمونه رسوب معلق در رواناب در فصل پاییز و چهار نمونه در فصل بهار برداشت شده بود، برای تعیین میزان فرسایش و تولید رسوب کاربری اراضی در فصل پاییز نمونه‌های رسوب معلق در رواناب برداشت شده در فصل پاییز با نمونه‌های منابع رسوب با استفاده از تکنیک منشایابی رسوب مقایسه شدند تا سهم کاربری اراضی در فصل پاییز در فرسایش و تولید رسوب مشخص شود و سپس نمونه‌های رسوب معلق در رواناب فصل بهار نیز به صورت جداگانه با استفاده از تکنیک منشایابی رسوب با نمونه‌های منابع رسوب مقایسه شد تا سهم کاربری اراضی در فرسایش و تولید رسوب در فصل بهار نیز مشخص شود.

### نتایج ترکیب بهینه ردیاب‌ها

نتایج آزمون آماری کروسکال والیس به تفکیک کاربری اراضی در جدول ۱ نشان داده شده است. از ۱۱ عنصر به کار رفته به جز چهار عنصر آهن (Fe)، سدیم (Na)، فسفر (P)

تعدادی از ردیاب‌ها (عناصر ژئوشیمیایی) شامل آهن (Fe)، روی (Zn)، مس (Cu)، منیزیم (Mg)، سدیم (Na)، کلسیم (Ca)، پتاسیم (K) منگنز (Mn)، و فسفر قابل جذب (P) و همچنین کربن آلی (C)، نیتروژن کل (N) به منظور اندازه‌گیری در نمونه‌ها انتخاب شدند.

برای اندازه‌گیری عناصر ژئوشیمیایی ابتدا نمونه‌ها هضم اسیدی شدند به طوری که سه گرم نمونه خشک کوچک‌تر از ۶۳ میکرون توسط محلول aqua regia (ترکیب سه به یک اسید کلریدریک غلیظ و اسید نیتریک) به مدت دو ساعت روی حمام آبی قرار داده شد. در نهایت پس از سرد شدن، نمونه‌ها با استفاده از کاغذ صافی قطر ۰/۲ میکرون صاف شدند. در پایان با استفاده از دستگاه ICP-OES (GBC Integra) و با استفاده از نمونه استاندارد Merck و رسم منحنی کالیبراسیون، ردیاب‌ها اندازه‌گیری و به واحد میکروگرم بر گرم نمونه خاک گزارش شدند.

کربن آلی به روش والکلی و بلاک (Skjemstad and Baldock, 2008)، فسفر قابل جذب با استفاده از اسپکتروفتومتری (Wallbrink et al., 2003) و نیتروژن کل به روش کج‌دال (Rutherford et al., 2008) اندازه‌گیری شد.

### انتخاب ترکیب بهینه ردیاب‌ها

انتخاب ترکیب بهینه ردیاب‌ها طی دو مرحله و با انجام مقایسه‌های آماری کروسکال والیس و تحلیل تشخیص بر روی نمونه‌های منابع رسوب انجام گرفت. با استفاده از آزمون کروسکال والیس قدرت تفکیک هر عنصر در منابع رسوب در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ مشخص شد و در مرحله بعد تحلیل تابع تشخیص انجام شد و ضریب توان تفکیک‌پذیری ردیاب‌ها برآورد شد. در این روش برای رسیدن به ترکیب بهینه، از الگوریتم انتخاب گام‌به‌گام و حداقل کردن آماره Wilk's Lambda استفاده شد. تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد.

### تعیین سهم هر یک از منابع رسوب در تولید رسوب

با استفاده از ردیاب‌های انتخابی از مرحله تحلیل

کاظم نصرتی و فروزان احمدی

هر ردیاب مقدار Wilk,s Lambda کاهش یافته، سطح معنی داری بهبود یافته و در نتیجه توان جداسازی تحلیل و میزان تفکیک بین گروه‌ها افزایش یافته است. نتایج آزمون تابع تحلیل تشخیص در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به این جدول دو تابع بر اساس ویژگی‌های ردیاب‌ها مشخص شده است. درصد واریانس دو تابع به ترتیب برابر با ۹۸/۵ و ۱/۵ می‌باشد و همچنین درصد تجمعی واریانس دو تابع برابر با ۹۸/۵ و ۱۰۰ درصد نشان داده شده است. در جدول یاد شده معنی داری توابع به وسیله آماره کای مشخص شده است.

و منگنز (Mn) هفت عنصر دیگر کلسیم (Ca)، روی (Zn)، مس (Cu) پتاسیم (K)، نیتروژن (N)، کربن آلی (C) و منیزیم (Mg) سطح معنی داری آنها کمتر از ۰/۰۵ است. این هفت عنصر قادر به تفکیک و جداسازی واحدهای کاربری اراضی می‌باشند. در این جدول مقدار آماره H نیز در نظر گرفته شده است. هر چه مقدار H بالاتر باشد قدرت تفکیک عنصر هم بیشتر می‌شود. جدول ۲ مراحل مختلف اضافه شدن خصوصیات ردیاب در توابع تشخیص، به روش گام‌به‌گام و تاثیر آنها بر توان جداسازی منابع رسوب برای واحدهای کاربری اراضی را نشان می‌دهد. با اضافه شدن

جدول ۱. سطح معنی داری ردیاب‌ها در واحدهای کاربری اراضی

سطح معنی داری	H مقدار	ردیاب	سطح معنی داری	H مقدار	ردیاب
<۰/۰۰۰۱	۳۳/۲	روی (Zn) <sup>۰</sup>	۰/۰۰۳	۱۱/۶	کربن آلی (C) <sup>۰</sup>
۰/۱۰۴	۴/۵	آهن (Fe)	۰/۰۰۱	۱۴/۹	نیتروژن (N) <sup>۰</sup>
۰/۱۰۷	۴/۵	منگنز (Mn)	۰/۴۷۴	۱/۵	فسفر (P)
۰/۰۱۴	۸/۵	کلسیم (Ca) <sup>۰</sup>	۰/۵۳۶	۱/۳	سدیم (Na)
<۰/۰۰۰۱	۳۳/۱	منیزیم (Mg) <sup>۰</sup>	۰/۰۰۱	۱۳/۲	پتاسیم (K) <sup>۰</sup>
			<۰/۰۰۰۱	۲۸/۴	مس (Cu) <sup>۰</sup>

<sup>۰</sup> سطح معنی داری کمتر از ۰/۰۵

جدول ۲. وضعیت گام‌های مختلف ورود عناصر به مدل در کاربری اراضی

معنی داری	Wilk,s Lambda	خصوصیات ردیاب	گام
<۰/۰۰۰۱	۰/۱۱۲	Mg	۱
<۰/۰۰۰۱	۰/۰۷۵	C	۲
<۰/۰۰۰۱	۰/۰۶	Zn	۳
<۰/۰۰۰۱	۰/۰۴۸	Ca	۴

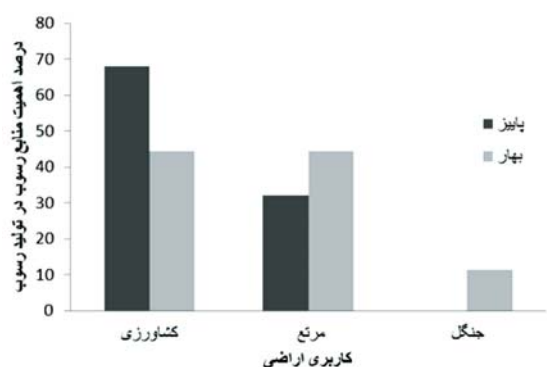
جدول ۳. ویژگی‌های توابع تحلیل تشخیص در کاربری اراضی

سطح معنی داری	کای اسکور	همبستگی کانونی	درصد تجمعی واریانس	درصد واریانس	مقدار ویژه	تابع
<۰/۰۰۰۱	۱۰۴/۸	۰/۹۷	۹۸/۵	۹۸/۵	۱۵/۸	۱
۰/۰۵۸	۰/۸۱	۰/۴۴	۱۰۰	۱/۵	۰/۲۴	۲

## تعیین سهم منابع رسوب در تولید رسوب در فصل پاییز

جدول ۴ سهم کاربری اراضی در تولید رسوب در فصل پاییز را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول، سهم کاربری کشاورزی در تولید رسوب ۶۷/۹ درصد می‌باشد که در بین

برای بررسی بیشتر توان توابع تشخیص در جداسازی گروه‌ها، نمودار پراکنش تابع ۱ در مقابل تابع ۲ در شکل ۲ نشان داده شده است. با توجه به شکل مذکور، تفکیک منابع رسوب در کاربری اراضی توسط تابع ۱ و ۲ به درستی انجام شده است.

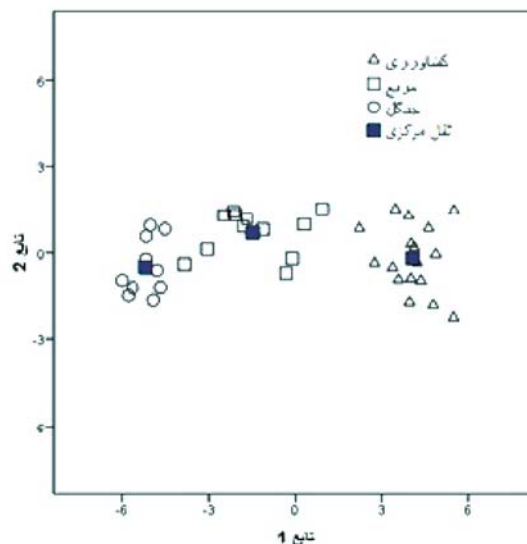


شکل ۳. سهم واحدهای کاربری در تولید رسوب بر اساس فصول پاییز و بهار

### بحث

در این مطالعه نتایج نشان داد که سهم کاربری اراضی در تولید رسوب نسبت به فصول مختلف، متفاوت می‌باشد. سهم هر یک از کاربری‌ها در تولید رسوب در فصل پاییز نشان داد که بیشترین سهم تولید رسوب به اراضی کشاورزی تعلق دارد. یکی از مسائلی که باعث تسریع در فرسایش خاک می‌شود، شخم زدن خاک است که باعث فرسایش‌پذیری خاک در اراضی کشاورزی می‌شود. با توجه به اینکه در این منطقه فصل شخم، فصل پاییز می‌باشد، شخم نامناسب می‌تواند علت فرسایش بیشتر را در این منطقه توجیه کند. مطالعات متعددی نشان داده است که استفاده غیراصولی از کاربری اراضی، فرسایش خاک را تسریع می‌کند (Wang et al., 2013). علاوه بر این، در فصل پاییز اراضی کشاورزی منطقه کاملاً عاری از هر نوع پوشش حفاظتی از جمله پوشش گیاهی می‌باشد و این خود می‌تواند میزان فرسایش خاک را افزایش دهد. نکته قابل توجه دیگر در رابطه با نتایج سهم کاربری اراضی در تولید رسوب که در فصل پاییز به دست آمد، صفر بودن سهم اراضی جنگل در تولید رسوب منطقه است. مطالعات نشان داده‌اند که اراضی جنگل به دلیل پوشش مناسب، سهم کمتری از فرسایش و تولید رسوب را به خود اختصاص می‌دهد (Porto et al., 2009). علاوه بر این، در فصل پاییز که فصل خزان درختان و فصل برگ‌ریزان می‌باشد، پوشش این برگ‌ها بر روی زمین می‌تواند قدرت فرساینده‌گی باران را کاهش دهد (Brown et al., 1995). بازدید میدانی از منطقه جنگلی

کاربری‌های مختلف بیشترین سهم را دارد. سهم کاربری مرتع و جنگل در تولید رسوب به ترتیب برابر با ۳۲/۱ و صفر درصد می‌باشد. سهم کاربری اراضی در فرسایش و تولید رسوب در فصل پاییز در شکل ۳ به صورت نمودار نشان داده شده است.



شکل ۲. وضعیت تفکیک کاربری‌ها توسط توابع ۱ و ۲

### تعیین سهم منابع رسوب در تولید رسوب در فصل بهار

جدول ۴ سهم کاربری اراضی در تولید رسوب در فصل بهار را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول سهم کاربری کشاورزی، مرتع و جنگل به ترتیب برابر با ۴۴/۳، ۴۴/۳ و ۱۱/۴ درصد است. همان‌طور که مشاهده می‌شود سهم کاربری کشاورزی و مرتع در تولید رسوب در این فصل به یک اندازه می‌باشد. سهم کاربری اراضی در فرسایش و تولید رسوب در فصل بهار در شکل ۳ به صورت نمودار نشان داده شده است.

جدول ۴. سهم واحدهای کاربری در تولید رسوب بر اساس فصول پاییز و بهار

فصل کاربری	بهار	پاییز
کشاورزی	۴۴/۳	۶۷/۹
مرتع	۴۴/۳	۳۲/۱
جنگل	۱۱/۴	۰

کاظم نصرتی و فروزان احمدی

کم کردن شیب اراضی با استفاده از تراس‌بندی، تغییر نوع کشت، آیش گذاشتن دوره‌ای این اراضی و یا به زیر کشت زمستانه بردن این اراضی اشاره کرد.

### منابع

- حکیم‌خانی، ش.، ۱۳۸۵. بررسی استفاده از ردیاب‌ها در منشایابی رسوبات آبی ریزدانه (مطالعه موردی حوزه ایستگاه پخش سیلاب پلدشت). پایان‌نامه دکتری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

- حکیم‌خانی، ش. و احمدی، ح.، ۱۳۸۷. تعیین سهم زیرحوضه‌ها در تولید رسوب با استفاده از روش منشایابی (مطالعه موردی: حوضه مرگن پلدشت، ماکو). ویژه‌نامه منابع طبیعی، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۱، ۱، ۱۸۱-۱۹۱.

- نصرتی، ک.، احمدی، ح. و شریفی، ف.، ۱۳۹۱. منشایابی منابع رسوب: ارتباط بین فعالیت‌های آنزیمی خاک و رسوب. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۱۶، ۶۰، ۲۲۷-۲۳۷.

- نصرتی، ک.، احمدی، ف. و نظری سامانی، ع.ا.، ۱۳۹۲. تعیین نقش اشکال فرسایش سطحی و زیرسطحی در منشایابی رسوبات معلق و کف آبراهه در مقیاس حوزه آبخیز. مجله پژوهش‌های دانش زمین، ۳، ۳، ۳۷-۴۶.

- Ballantine, D., Walling, D., Collins, A. and Leeks, G., 2009. The content and storage of phosphorus in fine-grained channel bed sediment in contrasting lowland agricultural catchments in the UK. *Geoderma*, 151, 141-149.

- Bechet, J., Duc, J., Loye, A., Jaboyedoff, M., Mathys, N., Malet, J., Klotz, S., Bouteiller, C., Rudaz, B. and Travelletti, J. 2016. Detection of seasonal cycles of erosion processes in a black marl gully from a time series of high-resolution digital elevation models (DEMs). *Earth Surface Dynamics*, 4, 781-798.

- Brown, M., Carter, D., Lehrsch, G. and Sojka, R., 1995. Seasonal trends in furrow irrigation erosion in southern Idaho. *Soil Technology*, 8, 2, 119-126.

- Collins, A. and Walling, D., 2007. Sources

نشان داد در فصل پاییز سطح زمین توسط لاشبرگ‌های درختان بلوط کاملاً پوشیده می‌شود که این مسئله علاوه بر اینکه قدرت فرساینده‌ی باران را به مقدار بسیار بالایی کاهش می‌دهد، باعث می‌شود اندک خاک فرسایش یافته نیز به دام بیفتد و نتواند به خروجی حوضه که نمونه‌های رسوبات معلق از آنجا برداشت شده است، برسد. علاوه بر این با توجه به اینکه مدل‌های ترکیبی منشایابی رسوب دارای عدم قطعیت می‌باشند و در این مطالعه بررسی نشده‌اند، می‌تواند از دلایل صفر شدن سهم اراضی جنگل در تولید رسوب در فصل پاییز باشد.

سهم کاربری اراضی در تولید رسوب در فصل بهار با نتایج فصل پاییز متفاوت است. نتایج نشان داد در فصل بهار سهم اراضی کشاورزی در تولید رسوب نسبت به فصل پاییز کاهش یافته است. این کاهش فرسایش می‌تواند به دلیل رشد محصولات در این موقع از سال باشد این مسئله باعث افزایش مقاومت خاک در برابر فرسایش می‌شود (Knapen et al., 2007). سهم کاربری مرتع در تولید رسوب در فصل بهار بیش از فصل پاییز است البته این به معنی افزایش سهم کاربری مرتع در تولید رسوب در فصل بهار نیست، بلکه به دلیل کم شدن سهم کاربری کشاورزی در فصل بهار می‌باشد. زیرا مدل مورد استفاده، سهم هر یک از منابع را به صورت درصد نشان می‌دهد.

### نتیجه‌گیری

نتایج گویای این مسئله است که در کاربری‌های اراضی مختلف، میزان تولید رسوب با تغییر فصل متفاوت است. نوع بهره‌برداری از اراضی عامل بسیار مهمی در فرسایش و تولید رسوب حوضه‌های آبخیز است، با توجه به مشخص شدن این موضوع که اراضی کشاورزی منطقه، در فصل پاییز سهم بیشتری در تولید رسوب دارد و این مسئله به فعالیت انسان و نوع بهره‌برداری آن از منابع طبیعی برمی‌گردد، توصیه می‌شود برنامه‌های مدیریت و حفاظت خاک در منطقه به‌ویژه در بهره‌برداری از اراضی کشاورزی اجرا شود که لازمه آن داشتن شناخت بهتری نسبت به شیوه شخم و خاک‌ورزی است. از جمله برنامه‌های مدیریتی می‌توان به

- of fine sediment recovered from the channel bed of lowland groundwater-fed catchments in the UK. *Geomorphology*, 88, 120-138.
- Collins, A., Walling, D., Webb, L. and King, P., 2010. Apportioning catchment scale sediment sources using a modified composite fingerprinting technique incorporating property weightings and prior information. *Geoderma*, 155, 249-261.
  - Fox, J. and Papanicolaou, A., 2008. Application of the spatial distribution of nitrogen stable isotopes for sediment tracing at the watershed scale. *Hydrology*, 358, 46-55.
  - Hatfield, R.G. and Maher, B.A., 2009. Fingerprinting upland sediment sources: particle size-specific magnetic linkages between soils, lake sediments and suspended sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 34, 1359-1373.
  - Kirkby, M. and Cox, N., 1995. A climatic index for soil erosion potential (CSEP) including seasonal and vegetation factors. *Catena*, 25,1, 333-352.
  - Knappen, A., Poesen, J. and De Baets, S., 2007. Seasonal variations in soil erosion resistance during concentrated flow for a loess-derived soil under two contrasting tillage practices. *Soil and Tillage Research*, 94, 2, 425-440.
  - Lamba, J., Karthikeyan, K.G. and Thompson, A.M., 2015. Apportionment of suspended sediment sources in an agricultural watershed using sediment fingerprinting. *Geoderma*, 239, 25-33.
  - Manjoro, M., Rowntree, K., Kakembo, V., Foster, I. and Collins, A.L., 2016. Use of sediment source fingerprinting to assess the role of subsurface erosion in the supply of fine sediment in a degraded catchment in the Eastern Cape, South Africa. *Environmental Management*, 194, 27-41.
  - Nosrati, K., Govers, G., Ahmadi, H., Sharifi, F., Amoozegar, M. A., Merckx, R. and Vanmaercke, M., 2011. An exploratory study on the use of enzyme activities as sediment tracers: biochemical fingerprints? *Sediment Research*, 26, 136-151.
  - Nosrati, K., Govers, G., Semmens, B.X. and Ward, E.J. 2014. A mixing model to incorporate uncertainty in sediment fingerprinting. *Geoderma*, 217, 173-180.
  - Ollivier, P., Hamelin, B. and Radakovitch, O., 2010. Seasonal variations of physical and chemical erosion: A three-year survey of the Rhone River (France). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 74,3, 907-927.
  - Porto, P., Walling, D.E. and Callegari, G., 2009. Investigating the effects of afforestation on soil erosion and sediment mobilisation in two small catchments in Southern Italy. *Catena*, 79, 181-188.
  - Pulley, S., Foster, I. and Antunes, P., 2014. The uncertainties associated with sediment fingerprinting suspended and recently deposited fluvial sediment in the Nene river basin. *Geomorphology*, 228,1, 303-319.
  - Puustinen, M., Tattari, S., Koskiaho, J. and Linjama, J., 2007. Influence of seasonal and annual hydrological variations on erosion and phosphorus transport from arable areas in Finland. *Soil and Tillage Research*, 93, 1, 44-55.
  - Rutherford, P.M., McGill, W.B., Arocena, J.M. and Figueiredo, C.T., 2008. Total nitrogen. In: M.R. Carter and E.G. Gregorich (Editors), *Soil Sampling and Methods of Analysis*. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton.



- Scholz, G., Quinton, J.N. and Strauss, P., 2008. Soil erosion from sugar beet in Central Europe in response to climate change induced seasonal precipitation variations. *Catena*, 72, 1, 91-105.
- Skjemstad, J.O. and Baldock, J.A., 2008. Total and organic carbon. In: Carter, M.R., Gregorich, E.G. (Eds.), *Soil Sampling and Methods of Analysis*. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, 225-237.
- Tiecher, T., Minella, J.P.G., Evrard, O., Caner, L., Merten, G.H., Capoane, V., Didone, E.J. and Santos, D.R., 2016. Fingerprinting sediment sources in a large agricultural catchment under no-tillage in Southern Brazil (Conceição River). *Land Degradation and Development*, 29, 4, 939-951.
- Wallbrink, P., Martin, C. and Wilson, C., 2003. Quantifying the contributions of sediment, sediment-P and fertiliser-P from forested, cultivated and pasture areas at the landscape and catchment scale using fallout radionuclides and geochemistry. *Soil and Tillage Research*, 69, 53-68.
- Wallbrink, P.J. and Croke, J., 2002. A combined rainfall simulator and tracer approach to assess the role of Best Management Practices in minimising sediment redistribution and loss in forests after harvesting. *Forest Ecology and Management*, 170, 217-232
- Walling, D.E., Owens, P.N., Waterfall, B.D., Leeks, G.J.L. and Wass, P.D., 2000. The particle size characteristics of fluvial suspended sediment in the Humber and Tweed catchments, UK. *The Science of the Total Environment*, 251, 205-222.
- Wang, B., Zheng, F., Römken, M.J.M. and Darboux, F., 2013. Soil erodibility for water erosion: A perspective and Chinese experiences. *Geomorphology*, 187, 1-10.
- Wilkinson, S., Wallbrink, P., Hancock, G., Blake, W., Shakesby, R. and Doerr, S., 2009. Fallout radionuclide tracers identify a switch in sediment sources and transport-limited sediment yield following wildfire in a eucalypt forest. *Geomorphology*, 110, 140-151.