



## Application of clay minerals as an indicator for soil erosion: An example from Lateshur watershed, southeast of Tehran

Khoddami M.<sup>1</sup>, Mahboubi A.<sup>1</sup>, Feisnia S.<sup>2</sup>, Moussavi-Harami R.<sup>1</sup>,  
Fattahi Ardakani M.A.<sup>3</sup>

1- Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad.

2- Faculty of Natural Resources, University of Tehran.

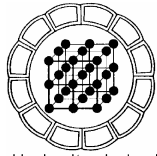
3- Research Center of Jihad-e-Keshavarzi, Tehran.

Email: amahboubi@science1.um.ac.ir.

(Received: 7/2/2006, received in revised form: 14/5/2006)

**Abstract:** It is very important to identify the source of sediment yield in a drainage basin for any practical soil conservation program. Clay minerals in lithological units, can be used as an indicator for prediction of soil erosion. Marl and marly-limestone of Neogen red beds, Hezardarreh Formation and Quaternary alluvium, are exposed in the Lateshure watershed. 21 samples from surface soils of different lithologic units and alluvium sediments were collected. These samples were analysed by XRD for identification of different types of clay minerals (montmorillonite, chlorite, illite and kaolinite) as well as their amounts were semi-quantitatively determined. Cluster analysis showed that the clay minerals can differentiate surface soils from Neogen red beds and alluvium sediments. Based on F test in this study, montmorillonite and illite can be used as an indicator for prediction of the source of soil.

**Keywords:** clay minerals, source indicator, cluster analysis, F test



انجمن بلورشناسی و کانی شناسی ایران

شماره ۲، پاییز و زمستان ۸۵، از صفحه ۲۴۷ تا ۲۶۲

مجله  
بلورشناسی  
و کانی شناسی  
ایران

## کاربرد کانی‌های رسی به عنوان شاخصهای فرسایش خاک: مثالی از حوضه آبخیز لاتشور، جنوب شرق تهران

مهدی خدای،<sup>۱</sup> اسداله محبوبی،<sup>۱</sup> سادات فیض‌نیا،<sup>۲</sup> رضا موسوی حرمی،<sup>۱</sup>  
محمد علی فتاحی اردکانی<sup>۳</sup>

۱- گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد.

۲- گروه احیاء منابع خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۳- مرکز تحقیقات سازمان جهاد کشاورزی، تهران.

پست الکترونیکی: [amahboubi@science1.um.ac.ir](mailto:amahboubi@science1.um.ac.ir)

(دریافت مقاله ۱۳۸۴/۱۱/۱۸، دریافت نسخه نهایی ۱۳۸۵/۲/۲۴)

**چکیده:** برای کنترل تهنشست و اجرای برنامه‌های حفاظت خاک در حوضه‌های آبخیز، شناسایی منابع اصلی شکل‌گیری تهنشست و مناطق فرسایش‌پذیر امری ضروری است. کانی‌های رسی می‌توانند به عنوان شاخصهای تهنشینی در سطح واحدهای سنگی مورد بررسی قرار گیرند. در حوضه آبخیز لاتشور (جنوب شرق تهران) واحدهای سنگی مارنی و آهکی-مارنی سرخ نئوژن، کنگلومرای هزار دره و آبرفتهای کوتاه‌تر رخمون دارند. در این بررسی از خاک سطحی این واحدهای سنگی و بخش فعال آبراهه‌های این حوضه ۲۱ نمونه برداشت و پس از آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD)، کانی‌های رسی موجود شناسایی و مقدار آنها به روش نیمه کمی تعیین شد. با استفاده از این نتایج، چهار گروه اصلی کانی رسی (مونتموریونیت، ایلیت، کلریت، و کائولینیت) در هر نمونه مورد شناسایی قرار گرفتند. بر اساس دسته‌بندی خوشه‌ای، کانی‌های رسی در تهنشستهای سطحی و آبکندی بخش مارنی بسترهای سرخ نئوژن از یکدیگر تفکیک و بر اساس آزمونهای آماری  $F$  و رد فرض صفر کانیهای رسی مونتموریونیت و ایلیت به عنوان منشایاب معرفی شدند.

**واژه‌های کلیدی:** کانی‌های رسی، منشایاب، آنالیز خوشه‌ای، آزمون  $F$ .

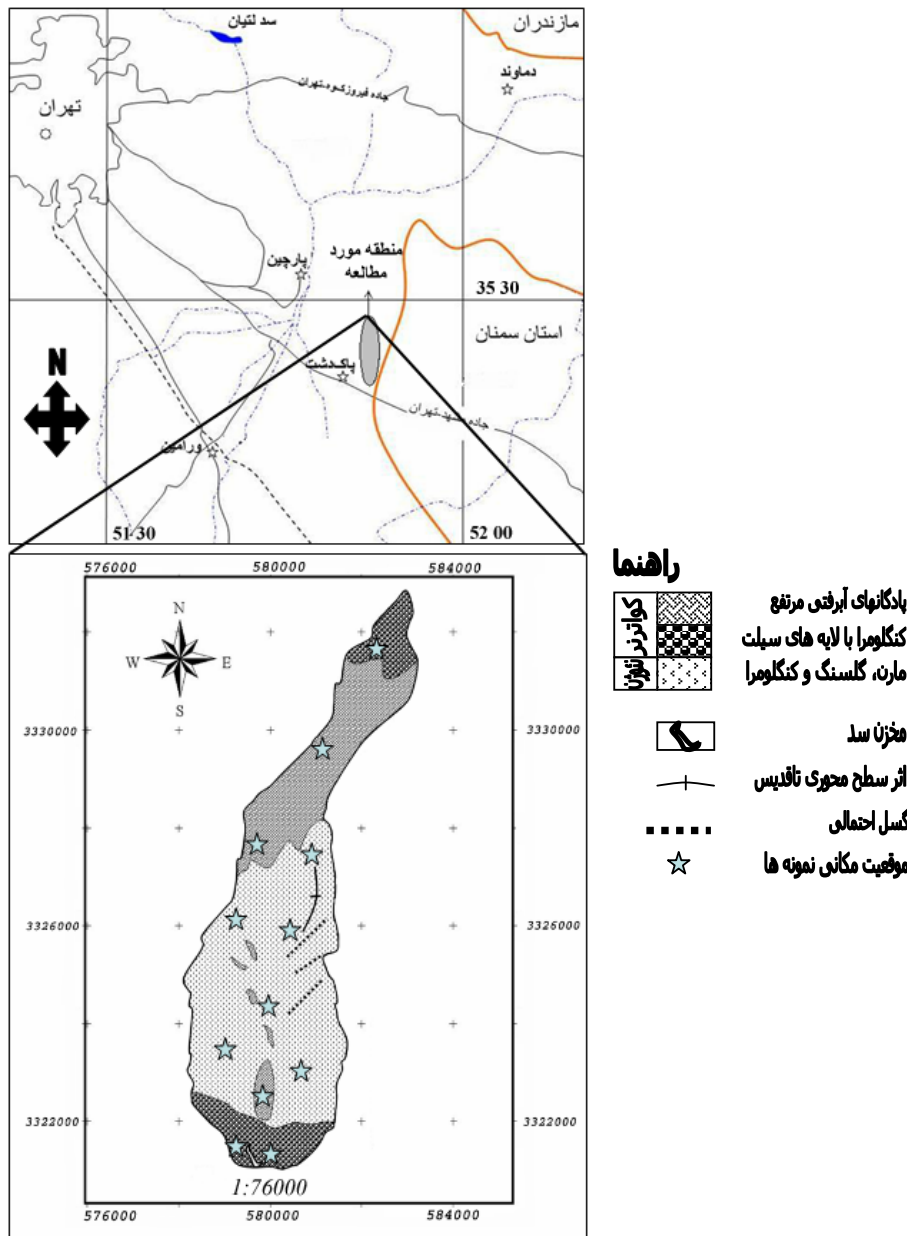
#### مقدمه

دریافت اطلاعات از منابع تولید تهنشست و سهم آنها با به کارگیری روشهای سنتی از قبیل اندازه‌گیری بار معلق در دهانه زیر حوضه‌ها، نیاز به صرف زمان و هزینه‌های زیاد برای نمونه‌برداری است [۱، ۲، ۳]. با توجه به این مشکلات، در سالهای اخیر استفاده از روش منشا-یابی در تعیین منابع اصلی شکل‌گیری تهنشست و اهمیت نسبی آنها در حوضه‌های آبخیز مورد توجه قرار گرفته است [۱، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰]. در مطالعه منشایابی از ویژگیهای کانی‌شناسی [۱۱، ۱۲، ۱۳] رنگ تهنشست‌ها [۵]، خواص مغناطیسی [۸]، عناصر ژئوشیمیایی [۱۵، ۱۴، ۲، ۳] و اندازه ذرات [۱۶] استفاده شده است. از طرف دیگر کانی‌های رسی ویژگیهایی از قبیل تنوع زیاد، فراوانی بالا و حمل به صورت معلق در سیلاب را دارند که می‌توانند به عنوان منشایاب مورد استفاده قرار گیرند [۱۱، ۱۲، ۱۸]. برخی از پژوهشگران واحدهای سنگی [۱۲] و برخی دیگر واحدهای فیزیوگرافی [۱۵] را به عنوان واحدهای کاری در نظر گرفته‌اند. پژوهشگرانی دیگر برای تعیین واحدهای همگن از روش دسته‌بندی خوشه‌ای [۸، ۱۵] و برخی دیگر از تابع تشخیص سود جسته‌اند [۹، ۱۵]. در این کار از کانی‌های رسی به عنوان منشایاب و از واحدهای سنگی به عنوان واحدهای کاری استفاده شده است.

هدف از این بررسی تعیین واحدهای کاری همگن از نقطه نظر فراوانی کانی‌های رسی با استفاده از روش دسته‌بندی خوشه‌ای به منظور تعیین کانی‌های رسی قابل استفاده به عنوان منشایاب است. امید است اطلاعات به دست آمده در این کار پژوهشی بتواند در این حوضه و حوضه‌های مشابه در ایران مورد استفاده قرار گیرد.

#### موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز لاتشور در نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ تهران [۱۷] و در نمودارهای توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ در چنداب و رامین [۲۰] واقع شده است. مساحت این حوضه ۲۲/۲ کیلومترمربع است و در محدوده جغرافیایی ۵۱° ۵۱' الی ۵۱° ۵۵' طول شرقی و ۳۵° ۲۵' الی ۳۲° ۰۰' عرض شمالی قرار دارد. این حوضه از شمال به دامنه‌های جنوبی کوه‌های قره آغاج، از شرق به حوضه آبخیز چنداب، از جنوب به جاده تهران-مشهد و از غرب به حوضه آبخیز حمامک منتهی می‌شود (شکل ۱). بر اساس محاسبات فیزیوگرافی انجام شده، بلندترین و پست‌ترین نقاط این حوضه به ترتیب دارای ارتفاعی معادل ۲۱۷۰ و ۱۰۹۰ متر از سطح دریاست و ارتفاع و شیب متوسط آن به ترتیب ۱۳۴۷/۵ متر و ۵/۷۷ درصد است.



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی و نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه.

## روش بررسی

پس از تهیه نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه (شکل ۱) و انجام عملیات صحرائی، ۳ نمونه از بخشهای سطحی هر واحد سنگی و ۳ نمونه از بخش فعال آبراهه‌ها برداشت شده‌اند (در کل ۲۱ نمونه). با استفاده از الک ۲۳۰ مش، ذرات کوچکتر از ۶۳ میکرون هر یک از نمونه‌ها تفکیک و مقدار ۱۰۰ گرم از هر نمونه برای آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD) تهیه شد. این آنالیز در آزمایشگاه کانی‌شناسی سازمان زمین‌شناسی - واحد تبریز [۲۱] در چهار تیمار: (۱) اشباع در اتیلن گلیکول، (۲) اشباع در منیزیم، (۳) اشباع در پتاسیم و (۴) پخته شدن در دمای ۵۵۰°C انجام شده است. بر اساس تغییر شرایط قله‌های حاصل و موقعیت مکانی آنها (فاصله بین صفحات شبکه‌ای)، نوع کانی‌های رسی در هر نمونه تعیین شدند. برای تعیین درصد کانی‌های رسی، از مساحت زیر هر قله استفاده شده است [۱۹]. پس از تعیین درصد کانی‌های رسی در هر نمونه، با استفاده از نسخه دوازدهم نرم افزار SPSS دسته‌بندی خوشه‌ای واحدهای سنگی همگن از نقطه نظر توزیع و فراوانی کانی‌های رسی انجام شده است. سپس با استفاده از رابطه (۱) میزان فاصله اقلیدسی (نماد اختلاف بین نمونه‌های سطحی و آبراهه‌ای) محاسبه شده است. در این رابطه  $V_{ta}$  مقدار کانی رسی در نمونه  $a$  از واحد سنگی  $t$ ،  $V_{tb}$  مقدار همان کانی در نمونه  $b$  از واحد سنگی  $t$ ،  $T$  تعداد کانی‌های رسی و  $Dab$  فاصله اقلیدسی بین آن دو نمونه  $a$  و  $b$  است. سپس میزان تشابه نمونه‌ها محاسبه و به درصد تبدیل شد تا نمونه‌های با مقادیر مشابه بیشتر از ۹۰٪ در یک واحد قرار گیرند. بدین ترتیب واحدهای همگن تعیین شدند.

$$Dab = [ \sum_{t=1}^T (V_{ta}^2 - V_{tb}^2) \cdot 0.5 ] \quad (1)$$

برای اثبات اختلاف آماری قابل توجه در واحدهای همگن مختلف از آزمون‌های آماری  $F$  استفاده و این اختلاف در سطح اعتماد ۹۵٪ بررسی شد. در خاتمه با استفاده از نتایج این آزمون و تعیین فرض صفر برای هر یک از واحدهای همگن، کانی‌های رسی که امکان منشایابی آنها در حوضه لاتشور وجود دارند، معرفی شده‌اند.

## زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

بر اساس تقسیم‌بندی نبوی [۲۱] حوضه آبخیز لاتشور جزئی از زون البرز مرکزی- جنوبی محسوب می‌شود. با توجه به نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰,۰۰۰ تهران [۱۷] رخنمون‌هایی از

واحدهای سرخ نئوژن، سازند هزار دره و واحدهای کواترنر در حوضه آبخیز لاتشور مشاهده می‌شود. ویژگیهای هر یک از سازندهای موجود در منطقه به شرح زیر است:

**واحدهای سرخ نئوژن:** در نواحی دره جاجرود (در حوالی منطقه مورد مطالعه)، میگون، سراسر لواسانات و در فرونشست قزل اوزن - گیلوان (بین کوه‌های طارم و تالش) ردیف‌های منسوب به میوسن بیشتر از نهشته‌های سرخ مارن، ماسه سنگ و کنگلومراست که به طور محلی حاوی گچ و نمک است و گاهی نیز چند متر سنگ آهک میلیولیدار در بخش زیرین آنها مشاهده می‌شود. [۲۲]، گلوس [۲۳] و آسرتو [۲۴] این نهشته‌های قاره‌ای را سازند سرخ نامیده‌اند. سیما و ویژگیهای سنگ‌شناسی این نهشته‌ها قابل قیاس با سازند سرخ بالایی در ایران مرکزی است و احتمال هم ارزی آنها با مجموعه سازند سرخ زیرین، سنگ آهک‌های قم و سازند سرخ بالایی وجود دارد. در چنین حالتی تغییرات سنی آن از الیگوسن تا میوسن خواهد بود [۲۵]. در حوضه آبخیز مورد مطالعه، قدیمی‌ترین واحدهایی که رخنمون دارند از مارن‌های سرخ، سنگ آهک‌های مارنی و به طور محدودی میان لایه‌های کنگلومرای تشکیل شده است که در بعضی نقاط حاوی گچ و نمک است. این واحدها حدود نیمی از مساحت حوضه را در بر می‌گیرند.

**سازند هزاردره:** در بخش‌های شمالی و جنوبی منطقه مورد مطالعه واحدهای کنگلومرای مشاهده می‌شود. در سیمای ژئومورفولوژی [زمین ریخت‌شناسی] پلیوسن این نهشته‌های کنگلومرای به صورت دره‌های متعدد با عمق کم دیده می‌شوند، به همین رو در البرز جنوبی به نام سازند هزاردره معرفی شده است. تپه‌های باختری رودخانه جاجرود به عنوان برش الگوی آن انتخاب شد. این سازند نهشته‌های رودخانه‌ای سیلابی است، که از شمال شرق تهران و از ارتفاعات البرز به سمت جنوب و جنوب غربی تهران جاری شده‌اند.

**آبرفت‌های کواترنر:** در زمین‌شناسی ایران به طور معمول سنگ‌ها و نهشته‌های پس از سازندهای کنگلومرای پلیوسن - پلیستوسن (هزاردره، بختیاری) را به سن کواترنر نسبت داده‌اند (به جز سواحل جنوبی دریای خزر) که بین آنها نهشته‌های آبرفتی - کوهپایه‌ای، بادی و صحرائی - کویری بیشترین سهم را دارند. به همین رو این باور وجود دارد که به دنبال رخداد زمین ساختی آلپ پایانی، سرزمین ایران از آب خارج شده و ژئومورفولوژی کنونی آن شکل گرفته است. از جمله نتایج این رخداد آغاز چرخه‌های فرسایشی است که از آن زمان تا کنون بر پوسته ایران تحمیل شده است [۲۵]. بین نهشته‌های کواترنری، نهشته‌های آبرفتی بیشترین

سهم را دارند و به طور کلی مواد فرسایشی هستند که از دامنه ارتفاعات تا نواحی پست دشت‌ها گسترده شده‌اند و با دور شدن از ارتفاعات از میزان اندازه و درشتی آنها کم می‌شود [۲۱]. نهشته‌های آبرفتی عهد حاضر در این حوضه شامل آبرفت‌ها، ته‌نشستهای مخروطه افکنه‌ای و پلکان‌های آبرفتی قدیمی و جدیدی هستند که دارای وسعت قابل ملاحظه‌ای در سطح حوضه هستند.

### برداشتها

بر مبنای نمودارهای پراش پرتو ایکس نمونه‌های برداشت شده از واحدهای سنگی حوضه لاتشور (شکل ۲) کانیهای رسی مونتموریونیت، کلریت، ایلیت و کائولینیت شناسایی شده‌اند که هر یک از فراوانی متفاوتی برخوردارند (جدول ۱). نوع و میزان کانی‌های رسی در هر یک از واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه به شرح زیر است:

**واحدهای سرخ نئوژن:** این واحد در حوضه لاتشور از دو بخش مارنی و آهک‌های مارنی تشکیل شده است. تعداد ۶ نمونه از بخش مارنی و تعداد ۳ نمونه از بخش آهک مارنی برداشت شده است. نتایج آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD) این نمونه‌ها (شکل ۲-الف) نشان می‌دهد که آهک‌های مارنی و بخش‌های مارنی این واحد، بیشتر از کانی مونتموریونیت (بین ۵۰٪-۷۰٪) تشکیل شده‌اند و سایر کانیها درصد کمی را در بر می‌گیرند (جدول ۱).

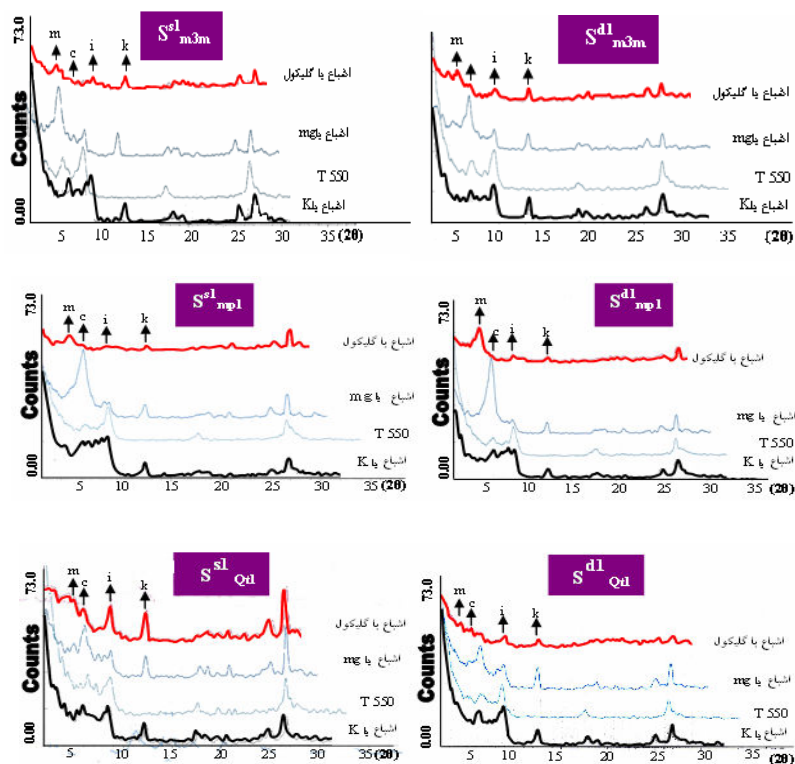
**سازند هزاردره:** تعداد ۶ نمونه از سطح هوازده و آبراهه‌ای در این سازند برای آنالیز پراش پرتو ایکس برداشت شده‌اند. نتایج حاصل از آزمایش فوق در این نمونه‌ها (شکل ۲-ب) نشان می‌دهد که کانی‌های مونتموریونیت، کلریت و ایلیت هر کدام حدود ۳۰ درصد از کانی‌های رسی را تشکیل داده‌اند و کانی کائولینیت کمتر از ۱۰ درصد در این نمونه‌ها مشارکت دارد (جدول ۱).

**آبرفت‌های کواترنر:** همانند سازند هزاردره، تعداد ۶ نمونه از این واحد برای انجام آزمایش پراش پرتو ایکس برداشت شده‌اند. نتایج این آنالیز نشان می‌دهد (شکل ۲-ج) که کانی‌های مونتموریونیت حدود ۴۵٪، کلریت ۳۰٪ و ایلیت ۲۰٪ از مجموع کانیهای رسی را به خود اختصاص داده‌اند. کمترین مقدار مربوط به کانی کائولینیت (کمتر از ۱۰٪) است. به طوری که در بعضی نمونه‌ها درصد مشارکت کانی کائولینیت در حد صفر است (جدول ۱). با توجه به شناسایی کانی‌های رسی می‌توان با به کارگیری دسته‌بندی خوشه‌ای و آزمون آماری F، واحدهای همگن کاری را تعیین و به منظور تعیین منشأ ته‌نشست از آنها استفاده کرد.

جدول ۱ درصد کانیهای رسی در نمونه‌های برداشت شده از واحدهای سنگی حوضه آبخیز لاتشور.

واحد سنگی	کد نمونه	شماره نمونه	مونتموریونیت	کلریت	ایلیت	کائولینیت	مجموع %
سنگ آهک های مارنی قرمز نئوزن	۱	S <sup>s1</sup> <sub>m3l</sub>	۷۲	۱۲٫۶	۹٫۲۵	۶٫۱۵	۱۰۰
"	۲	S <sup>s2</sup> <sub>m3l</sub>	۷۵٫۵۶	۱۳٫۳۳	۱۱٫۱۱	۰	۱۰۰
"	۳	S <sup>s3</sup> <sub>m3l</sub>	۷۱٫۴۳	۱۲٫۷	۹٫۵۲	۶٫۳۵	۱۰۰
مارن های قرمز نئوزن	۴	S <sup>s1</sup> <sub>m3m</sub>	۵۰	۲۲	۱۷٫۶۷	۱۰٫۳۳	۱۰۰
"	۵	S <sup>d1</sup> <sub>m3m</sub>	۵۱٫۲۴	۲۴٫۹۳	۱۵٫۹۱	۷٫۹۲	۱۰۰
"	۶	S <sup>s2</sup> <sub>m3m</sub>	۵۰٫۷۲	۲۳٫۲۵	۱۸٫۰۳	۸	۱۰۰
"	۷	S <sup>d2</sup> <sub>m3m</sub>	۷۰٫۷۵	۲۳٫۵	۱۷٫۷۵	۸	۱۰۰
"	۸	S <sup>s3</sup> <sub>m3m</sub>	۵۰٫۷۹	۲۳٫۷۸	۱۷٫۳۹	۸٫۰۴	۱۰۰
"	۹	S <sup>d3</sup> <sub>m3m</sub>	۵۰٫۵	۲۳٫۴۳	۱۶٫۲۸	۹٫۴۴	۱۰۰
کنگلومرای هزاردره	۱۰	S <sup>s1</sup> <sub>mpl</sub>	۳۰٫۳۸	۳۰٫۵۱	۲۸٫۱۹	۱۰٫۹۲	۱۰۰
"	۱۱	S <sup>d1</sup> <sub>mpl</sub>	۳۰٫۷۱	۲۹٫۶۸	۲۸٫۷۱	۱۰٫۹	۱۰۰
"	۱۲	S <sup>s2</sup> <sub>mpl</sub>	۳۲٫۵۳	۳۲٫۱۸	۲۵٫۳	۹٫۷۶	۱۰۰
"	۱۳	S <sup>d2</sup> <sub>mpl</sub>	۳۲	۳۵٫۹۳	۳۲٫۰۷	۰	۱۰۰
"	۱۴	S <sup>s3</sup> <sub>mpl</sub>	۳۰٫۰۶	۳۲٫۱۵	۲۹٫۶۵	۸٫۱۴	۱۰۰
"	۱۵	S <sup>d3</sup> <sub>mpl</sub>	۳۲٫۹	۳۲٫۱	۳۵	۰	۱۰۰
آبرفت های کوتاه‌تر	۱۶	S <sup>s1</sup> <sub>qt1</sub>	۴۹٫۴۵	۲۷٫۷۸	۱۹٫۴۵	۳٫۳۲	۱۰۰
"	۱۷	S <sup>d1</sup> <sub>qt1</sub>	۵۰٫۶۶	۲۸٫۹۶	۱۸٫۳۸	۲	۱۰۰
"	۱۸	S <sup>s2</sup> <sub>qt1</sub>	۵۱٫۵	۲۹٫۷۷	۱۸٫۷۳	۰	۱۰۰
"	۱۹	S <sup>d2</sup> <sub>qt1</sub>	۵۳٫۶۶	۲۹٫۳۳	۱۷٫۰۱	۰	۱۰۰
"	۲۰	S <sup>s3</sup> <sub>qt1</sub>	۵۱٫۴۵	۳۱٫۹	۱۶٫۶۵	۰	۱۰۰
"	۲۱	S <sup>d3</sup> <sub>qt1</sub>	۵۲	۲۹٫۳۴	۱۸٫۶۶	۰	۱۰۰





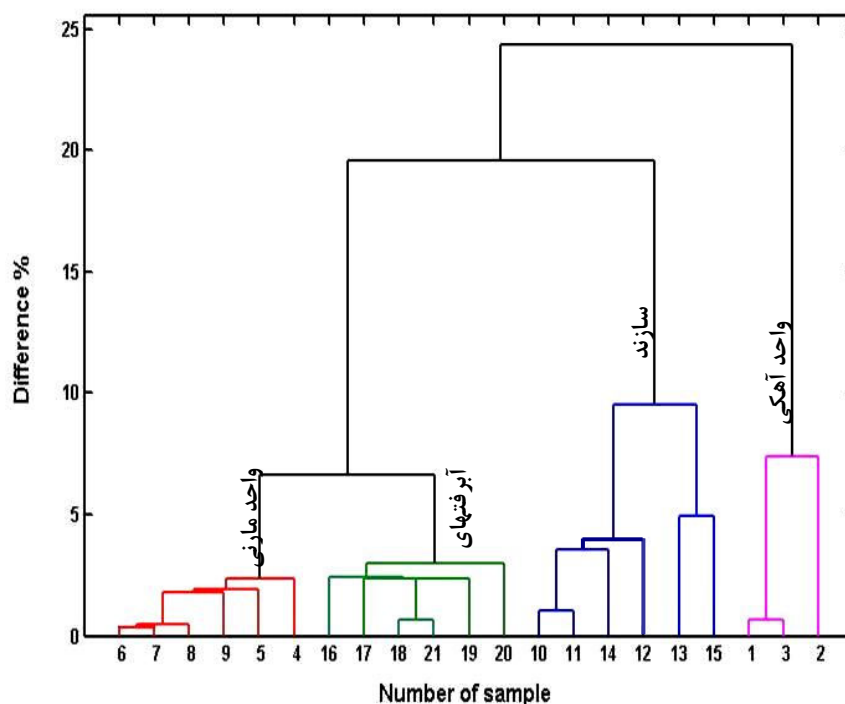
شکل ۲ نمونه‌ای از نتایج آزمایش پراش پرتو ایکس واحدهای سنگی حوضه آبخیز لاتشور. نمودارهای سمت چپ مربوط به نمونه‌های سطحی و نمودارهای سمت راست مربوط به نمونه‌های آبراهه‌ای است که در آنها (m) مونتموریونیت، (c) کلریت، (i) ایلیت و (k) کائولینیت است. الف) واحدهای سرخ نشوژن، ب) سازند هزار دره و ج) آبرفت‌های کوتاه‌تر. علائم موجود در هر نمودار در جدول ۱ توضیح داده شد.

#### منشایی کانی‌های رسی

دسته‌بندی خوشه‌ای: به این دسته‌بندی که آنالیز قطعه‌بندی و یا آنالیز طبقه‌بندی نیز گفته می‌شود، روشی برای برقراری ارتباط بین متغیرهای موجود در یک گروه است. در این روش متغیرهای با مقادیر مشابه در یک گروه قرار گرفته و از دیگر اعضا جدا می‌شوند. این احتمال وجود دارد که در یک دسته‌بندی خوشه‌ای گروه‌های متفاوتی تشکیل شود که این تفاوت ناشی از نحوه نمونه‌برداری است [۲۶]. از میزان درصد کانی‌های رسی موجود در سازندهای حوضه لاتشور به عنوان متغیرهای هر سازند در نظر گرفته شده است. سپس با استفاده از نسخه دوازدهم نرم افزار SPSS، دسته‌بندی خوشه‌ای این متغیرها انجام شد (شکل ۳). با توجه به شکل ۳ و آنالیز دسته‌بندی خوشه‌ای، کانی‌های رسی را می‌توان به چهار گروه تفکیک کرد که

هر گروه هماهنگ با یکی از سازندهای موجود در حوضه لاتشور است. این امر نشان می‌دهد که میزان درصد کانیهای رسی هر سازند، دارای اختلافی بین ۵ تا ۲۵ درصد نسبت به دیگر سازندهای موجود در منطقه مورد مطالعه است.

تعیین فاصله اقلیدسی بین نمونه‌های سطحی و آبراهه‌ای (Dab): برای تعیین فاصله اقلیدسی (نماد اختلاف بین نمونه‌های سطحی و آبراهه‌ای) از رابطه (۱) استفاده شده است. با استفاده از این رابطه فاصله اقلیدسی نمونه‌های سطحی و آبراهه‌ای برداشت شده از سازندهای موجود در حوضه لاتشور، محاسبه شد. پس از تعیین درصد آنها، نمونه‌های با مقادیر مشابه بیشتر از ۹۰٪ در یک واحد قرار گرفته و بقیه حذف شده‌اند. بعد از انجام مراحل بالا از میان نمونه‌هایی که میزان تشابه آنها بیش از ۹۰ درصد بود، آنهایی که دارای ارتباط مستقیم هستند را جدا کرده و در یک واحد کاری قرار گرفته‌اند. بنابراین تعداد ۴ واحد کاری همگن A, B, C, D (برابر تعداد سازندهای موجود در منطقه مورد مطالعه) به دست می‌آید (جدول ۲). در ادامه برای اثبات اختلاف آماری قابل توجه در واحدهای همگن مختلف از آزمون F استفاده و اختلاف در سطح اعتماد ۹۵٪ بررسی شده است.



شکل ۳ دسته بندی خوشه‌ای کانیهای رسی موجود در حوضه آبخیز لاتشور.

جدول ۲ فاصله اقلیدسی بین نمونه‌های سطحی و آبراه‌های حوضه آبخیز لاتشور.

واحد سنگی		واحدهای همگن	کد نمونه		میزان تشابه %
واحدهای قرمز نئوژن	سنگ آهک های مارنی	A	۱	۳	۹۴٫۹
	مارن	B	۴	۷	۹۰٫۲
			۵	۶	۹۰٫۶
			۵	۷	۹۱٫۱
			۵	۸	۹۱٫۷
			۵	۹	۹۰٫۷
			۶	۷	۹۶٫۹
			۶	۸	۹۵
			۶	۹	۹۱٫۷
			۷	۸	۹۶٫۱
			۷	۹	۹۲٫۵
			۸	۹	۹۲٫۳
			سازند هزاردره	C	۱۰
آبرفت‌های کواترنر	D	۱۷	۱۸	۹۰٫۴	
		۱۷	۲۱	۹۰٫۷	
		۱۸	۱۹	۹۱٫۳	
		۱۸	۲۰	۹۲٫۱	
		۱۸	۲۱	۹۵٫۹	
		۱۹	۲۰	۹۰٫۷	
		۱۹	۲۱	۹۳٫۳	
		۲۰	۲۱	۹۰٫۶	

**آزمون آماری F:** آزمونهای آماری (statistical tests) برای حل بسیاری از مسائل و پروژه‌های علوم و فناوری به کار می‌روند. در این بحث بر حسب نیاز از آزمون آماری F استفاده شده است. پیش از توضیح آزمون آماری باید فرض صفر که در آن کاربرد دارد، شرح داده شود.

الف- فرض صفر (null hypothesis): این فرض بر نبود تفاوت بین داده‌های موجود استوار است و با  $H_0$  نشان داده می‌شود. به عنوان مثال ممکن است چنین تصور کنیم که نمونه‌ای از مشاهدات از یک گروه که میانگین معینی دارد مورد نظر باشد. در این حالت فرض صفر به صورت  $H_0: u_1 = u_0$  بیان می‌شود. این امر به آن معنی است که میانگین  $u_1$  گروه منشا که نمونه از آن گرفته شده، مساوی (یا بدون اختلاف) با میانگین  $u_0$  گروهی با میانگین معلوم است [۲۶].

ب- فرض مخالف صفر (alternative hypothesis): این فرض به معنی آن است که میانگین جامعه‌ای که نمونه از آن گرفته شده است، مساوی (یا بدون اختلاف) با میانگین جامعه معلوم نیست. در واقع آزمون‌های آماری روش‌هایی هستند که برای آزمودن این دو فرض با سطح اعتمادهای معین به کار می‌روند [۲۶].

آزمون آماری F در سطح اعتماد ۹۵ درصد، برای واحدهای همگن موجود در حوضه لاتشور و با نرم افزار SPSS انجام شده است. البته لازم به ذکر است که برای مشخص شدن این مسئله که از کدام کانی می‌توان برای منشاییابی در سطح هر واحد همگن و یا در سطح تمامی واحدهای همگن استفاده کرد، این آزمون نخست برای هر کدام از واحدهای همگن و سپس برای کل واحدهای همگن صورت گرفته است. نتایج مربوط به این آزمون در جدول ۳ ارائه شده است.

مقایسه نمونه‌های آبراه‌های و سطحی واحدهای سنگی با یکدیگر (با به کارگیری روش دسته‌بندی خوشه‌ای و آزمون آماری F) نشان می‌دهد که در بخش مارنی واحدهای سرخ نئوژن، کانی‌های رسی در نمونه‌های آبراه‌های و سطحی قابل تفکیک است. به عبارت دیگر ته‌نشست‌هایی با ریشه فرسایش، سطحی و آبراه‌های هستند به طوری که در سطح اعتماد ۹۵٪ مقدار کانی‌های رسی مونتموریونیت و ایلیت با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند و فرض صفر را رد کرده‌اند (جدول ۳). در سایر واحدهای سنگی بر اساس نتایج دسته‌بندی خوشه‌ای، کانی‌های رسی قادر به تفکیک نمونه‌های آبراه‌های و سطحی نبوده و هیچ یک از کانی‌های رسی را نمی‌توان به عنوان منشاییاب مورد استفاده قرار داد (جدول ۳). در خاتمه با توجه به نتایج حاصله می‌توان چنین اظهار نمود که در ناحیه مورد مطالعه فقط از کانی‌های مونتموریونیت و ایلیت می‌توان به عنوان منشاییاب در بخش مارنی واحدهای سرخ نئوژن استفاده نمود، زیرا سایر واحدهای سنگی هیچ یک از کانی‌های رسی را مورد شناسایی قرار نداده‌اند.

جدول ۳ نتایج حاصل از آزمون آماری F و فرض صفر در نمونه‌های برداشت شده از واحد‌های سنگی حوضه آبخیز لاتشور.

کائولینیت	ایلیت	کلریت	مونتموریونیت	
۱,۶۵۵۶	۲,۷۲۸۰	۱,۹۰۹۶	۲,۲۰۷۴	واحد‌های سرخ نئوژن
۱,۹۸۲۴	۲,۲۴۷۰	۰,۶۷۶۲	۰,۸۷۰۵	کنگلومرای هزاردره
۱,۰۰۰۰	۰,۲۲۶۰	۰,۵۶۰۲	۲,۷۹۶۴	آبرفت‌های کوتاه‌تر

### برداشت پایانی

از کانی‌های رسی می‌توان به عنوان نشانه‌ای در تعیین منشأ ته‌نشست‌ها و در مطالعات رسوبزایی استفاده کرد. در نمونه‌های برداشت شده از واحد‌های سنگی موجود در حوضه آبخیز لاتشور و انجام آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD) چهار گروه کانی‌های رسی (مونتموریونیت، ایلیت، کلریت و کائولینیت) مورد شناسایی قرار گرفتند. همچنین آنالیز دسته‌بندی خوشه‌ای، کانی‌های رسی را به چهار گروه تفکیک کرده است که هر گروه با یکی از سازندهای موجود در حوضه لاتشور همخوانی دارد. در خاتمه با توجه به نتایج حاصل از فرض صفر و آزمون آماری F کانی‌های رسی مونتموریونیت و ایلیت در بخش مارنی واحد‌های سرخ نئوژن به عنوان منشایاب معرفی شده‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که می‌توان از این دو کانی به عنوان منشایاب برای دیگر حوضه‌های مشابه در ایران و دیگر نقاط دنیا که سرشتیهای سنگ‌شناسی یکسانی داشته باشند استفاده کرد.

### مراجع

- [1] Peart M. R., Walling D. E., "Techniques for establishing suspended sediment sources in two drainage basins in Devon, UK: a comparative assessment", In: M. P. Bordas, and D. E. Walling, sediment budgets Wallingford: IAHS, publication No. 174 (1988) 269-279.
- [2] Collins A.I., Walling D.E., Leeks G.J.L., "Use of composite fingerprint to determine the provenance of the comtemporary suspended sediment load

*transported by rivers*", Earth Surface Processes and Landforms, 23 (1998) 31-52.

[3] Collins A.L., Walling D.E., Sickingbula H.M., Leeks G.J.L., "Suspended sediment source fingerprinting in a small tropical catchment and some management implications", Applied Geomorphology, 21 (2001) 387-412.

[4] Oldfield F., Appleby P. G., Cambray R. W., Eakins J. D., Barber K. E., Battarbee R. W., Pearson G. W., Williams J. w., "Lead-210, caesium-137 and plutonium-239 profiles in ombrotermic peat", Oikos, 33 (1979) 40-45.

[5] Grimshaw D. L. Lewin J., " Source identification for suspended sediment", J. of Hydrology, 47 (1980) 151-162.

[6] Peart M. R., Walling D. E., "Fingerprinting sediment source: The example of a drainage basin in Devon, U. K", .In: Drainage Basin Sediment Delivery, IAHS publ. Int Assoc. of Hydrological Sci., Wallingford,Uk.159 (1986) 41-54

[7] Walling D. E., Woodward J. C., " Use of radiometric fingerprints to drive information on suspended sediment source", In: Erosion and Sediment Monitoring Programs in River Basins, (Proc. Oslo Symp., Agust 1992), 143-152, Iahs Publication no. 210. 1992

[8] Walling D.E., Woodward J.C., " Tracing source of suspended sediment in river basins a case study of the river Culm,Devon,UK", Marine and Freshwater Research, 46, 327-336. Landforms, 3, 1995 255-263.

[9] Walling D. E., Russell M. A., Hodgkinson R., Zhang Y., "Establishing sediment budgets for two small lowland agricultural catchments in the Uk", Catena, 47 (2002) 323-353.

[10] Walling D.E., "Using environmental radio nuclides as in sediment budget investigations", Erosion and Sediment Transport Measurement in Rivers: Technological and Methodological Advances (Proceeding of the Oslo Workshop, June 2002), IAHS Publ., no.283 (2003) 57-78..

[11] Wood P. A., "Fine-sediment mineralogy of source rocks and suspended sediment", Rother catchment, West Sussex. Earth Surface Processes and Landforms (1978).

[12] Garrad P.N., Hey R.D., " Sources of suspended and deposited sediment in a broadland river", J. of Earth Surface processes and Landforms, 14 (1989) 41-62.

[۱۳] عطاپور فرد ع.، "منشایی رسوبات ریز دانه‌ای آبخوان شهید هادی احمدی با استفاده از عناصر نادر خاکی"، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری (۱۳۷۹) ۱۶۲ صفحه.

[۱۴] امیری م.، "منشایی کلئیدهای رس وسپت در ایستگاه پخش سیلاب کبودرآهنگ (تاسران) با استفاده از عناصر نادر خاکی"، مجموعه مقالات همایش مدیریت اراضی - فرسایش خاک و توسعه پایدار، انتشارات مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان مرکزی، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور (۱۳۸۰) ص ۲۹۵-۳۰۵.

[۱۵] عطاپور فرد ع.، "محاسبه رسوبدهی زیر حوضه‌های آبخیز چن‌داب با استفاده از کانی‌های رسی"، مجموع مقاله همایش ملی فرسایش و رسوب (۱۳۸۴) ۲۰۵ - ۲۱۵.

[16] Santiago S., Thomas R. L., McCarthy L., Loizeau J. L., Larbaight G., Corvi C., Rossel D., Tarradlas J., Vernet J. P., "Particle size characteristics of suspended and bed sediments in the Rhone River", Hydrological Processes, 6 (1992) 227-240.

[17] Lorenzo CH., Dedual E., Iwao S., Hoshmandzadeh A., "Geological Map of Tehran", 1 Sheet, Geological Survey of Iran, Scale 1:250000 (1987).

[18] Wall G. J., Walling L. P., "Minerology and related parameters of fluvial suspended sediments in northwestern Ohio", J. of Environmental Quality, 5 (1976) 168-173.

[19] Moore D.M., Reynolds R.C., "X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals", Oxford, Oxford University Press (1997) 337p

[۲۰] سازمان جغرافیایی کشور، "نقشه توپوگرافی چن‌داب، مقیاس ۱/۲۵۰۰۰"، چاپ یکم، یک ورقه (۱۳۸۱).

[۲۱] نبوی م. ح.، "دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۵۵) ۱۰۹ صفحه.

[22] Dedual E., "Cur geologie des mittleren und unteren Karaj-Talesh, Central Elburz, Iran", Mitt. Geol. Inst., E.T.H.U., University of Zurich, 76 (1967) 125p.

[23] Glaus M., "Die geologie des gebietes nordlich des Kandevan passes, Zentral Elburz", Mitt. Geol., Inst., E. T. H. U., Zurich, 48 (1965) 165 p.

[24] Assereto R., "The Jurassic Shemshak Formation in Central Elburz, Iran", *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigraphia*, 74 (1967) 3-21.

[۲۵] آقانباتی س. ع.، "زمین شناسی ایران"، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، جلد اول (۱۳۸۴) ۵۸۶ صفحه.

[۲۶] مدنی حسن، "مبانی زمین‌آمار"، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، واحد تفرش، چاپ اول (۱۳۷۳) ۶۵۹ صفحه.