

## تعیین میزان حساسیت واحد های سنگی به فرسایش با استفاده از روش های مرکب چند متغیره خطی، مثالی از حوضه آبخیز لانتشور، شمال شرق پاکدشت

رضا موسوی حرمی<sup>۱</sup>، مهدی خدای<sup>۱</sup>، اسدالله محبوبی<sup>۱</sup>، مهدی نجفی<sup>۱</sup>، سادات فیض نیا<sup>۲</sup>

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

۲. گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

### چکیده

حوضه آبخیز لانتشور در شمال شرق شهرستان پاکدشت واقع شده و مساحتی بالغ بر ۲۲/۲ کیلومتر مربع دارد. واحدهای سنگی در برگیرنده این حوضه شامل کنگلومرای هزاردره، واحدهای قرمز نئوژن و رسوبات کواترن است. در محل خروجی این حوضه یک سد خاکی احداث شده است که در طی ۱۲ سال، بیش از نیمی از آن بوسیله رسوب پر شده است و عملاً استفاده از آن را برای جلوگیری از خطرات احتمالی سیلاب برای زمینهای کشاورزی و روستاهای پایین دست حوضه با مشکل جدی مواجه کرده است. این امر نشان می دهد که میزان فرسایش پذیری واحدهای سنگی در بالادست سد لانتشور بالا است. با انطباق نقشه های توپوگرافی قبل و بعد از احداث سد لانتشور میزان رسوب ذخیره شده در مخزن سد برابر ۸۸۵۱۲ متر مکعب شده است. با توجه به نتایج حاصل از دسته بندی خوشه ای و آزمون F، کانی های رسی مونتموریونیت و ایلیت به عنوان منشایاب معرفی شده اند و همچنین برای محاسبه رسوبدهی واحدهای سنگی حوضه لانتشور از روش های مرکب چند متغیره خطی استفاده شده است. در خاتمه مشخص شد که بخش مارنی واحدهای قرمز نئوژن ۹۷٪ از رسوب انباشته شده در مخزن سد لانتشور را تولید کرده است. نتایج حاصله نشان می دهد که واحدهای مارنی از حساسیت بسیار زیادی در برابر فرسایش برخوردارند و بایستی راهکار مناسبی برای افزایش مقاومت آنها در برابر فرسایش در نظر گرفت.

**واژه های کلیدی:** آزمون F، دسته بندی خوشه ای، روش های مرکب چند متغیره خطی، کانی های رسی، واحدهای قرمز نئوژن

زمین شناسی و اختصاصات سنگ شناسی یکی از عواملی است که بر نرخ فرسایش پذیری یک حوضه تاثیر می گذارد، در بین واحدهای سنگی، مارن ها بیشترین سهم در تولید رسوب را دارند و در حال حاضر کنترل آن در برابر عوامل فرسایش دهنده، یکی از بزرگترین مسائل و مشکلات موجود در پیش روی محققان امر فرسایش و رسوب می باشد (فیض نیا، ۱۳۷۴). هوازدگی سطحی سنگ ها و خاک ها از اولین عواملی هستند که باعث تشکیل رس ها و کانی های رسی می شوند (Norak, 1999; Hillier, 1995). مطالعات مختلف نشان داده اند که درصد رس، کربنات و نوع کانی های رسی از عوامل اصلی کنترل کننده ویژگی های سنگ های مارنی-رسی است (Salas and Cobo Rayan, 1997). کانی های رسی بدلیل تنوع زیاد، فراوانی بالا و انتقال به فرم معلق، توسط محققین متعددی به عنوان منشاء یاب مورد استفاده قرار گرفته اند (Wall and Wood, 1978; Garrad and Hey, 1989; Walling, 1976; عطاپورفرد، ۱۳۸۴؛ خدامی، ۱۳۸۴). جهت کنترل رسوب و اجرای برنامه های حفاظت خاک در درون حوضه های آبخیز، شناسایی منابع اصلی تولید رسوب و مناطق فرسایش پذیر امری ضروری است (Collins et al, 1998, 2001). به دست آوردن چنین نتایجی با به کارگیری روش های معمولی از جمله اندازه گیری مستقیم مشکل و زمان بر است، از این رو به کارگیری ردیاب ها یکی از راهکارهای مناسب در این باره می باشد (Walling et al., 2002; Walling, 2003). تاکنون مطالعاتی که درباره کانی های رسی و ترکیبات شیمیایی وابسته به آنها انجام شده، بندرت به امر مدیریت و حفاظت خاک ارتباط داده شده است (Yilmaz et al, 2005). جهت تعیین واحدهای همگن از نقطه نظر فراوانی منشاء یاب ها، روش های آماری مختلف بکار گرفته شده است و برخی از محققان نیز از روش دسته بندی خوشه ای جهت این مطالعات استفاده کرده اند (Woodward, 1995 و عطاپورفرد، ۱۳۸۴). همچنین به منظور اجرای برنامه های حفاظت خاک، تعیین روش های مبارزه با فرسایش و کاهش رسوب زایی و همچنین محاسبه و طراحی دقیق حجم سد در احداث سدهای مخزنی، ضرورت دارد حجم کل میزان تولید رسوب سالانه در یک حوضه آبخیز ارزیابی و برآورد گردد. چنانچه در یک حوضه آبخیز آمار و اطلاعات مربوط به دبی آب و رسوب به اندازه کافی وجود داشته باشد، محاسبه حجم کل رسوبدهی سالانه آن با استفاده از روش های آماری متداول از جمله روش های مرکب چند متغیره خطی امکان پذیر است. روش های مرکب چند متغیره خطی برای اولین بار توسط گاراد و هی (Garrad and Hey, 1989) در سال ۱۹۸۹ در یکی از حوضه های آبخیز کشور استرالیا مورد استفاده قرار گرفت. این روش برای تعیین میزان حساسیت واحدهای مارنی در آب و هوای گرم و خشک، در برابر عوامل فرسایش دهنده طراحی شده است و در آن از کانی های رسی به عنوان منشاء یاب استفاده شده است (Garrad and Hey, 1989).

هدف از انجام این تحقیق به کارگیری روش های مرکب چند متغیره خطی به منظور تعیین میزان حساسیت واحدهای سنگی (بالاخص مارن ها) حوضه آبخیز لاتشور نسبت به عوامل فرسایش دهنده بوده است و از کانی های رسی این واحدها به عنوان منشاء یاب استفاده شده است، تا با توجه به این نتایج بتوان تا حدود زیادی میزان فرسایش پذیری واحدهای مارنی در حوضه های مشابه به این حوضه را برآورد نمود.

**موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه:** حوضه آبخیز لاتشور در محدوده طول خاوری  $51^{\circ}$  الی  $55^{\circ}$  و عرض شمالی  $35^{\circ} 25'$  الی  $35^{\circ} 32'$  قرار گرفته است. این حوضه بیش از  $2/22$  کیلومتر مربع وسعت دارد و در بخش جنوبی رشته کوه های البرز مرکزی و در شمال شرقی شهرستان پاکدشت، در جنوب

شرق تهران واقع شده است (شکل ۱). از نظر تقسیمات کلی هیدرولوژی کشور، این محدوده بخشی از زیر حوضه جاجرود از حوضه آبخیز وسیع دریاچه نمک است (عطاپورفرد، ۱۳۸۴).

**روش کار:** برای محاسبه رسوبدهی واقعی حوضه لانتشور از انطباق نقشه‌های توپوگرافی مخزن در زمان قبل (۱۳۷۲) و بعد از احداث (۱۳۸۴) سد استفاده شده است. با این انطباق، ضخامت رسوب انباشته شده و نهایتاً مقدار حجم رسوبات داخل مخزن بدست آمده است. همچنین برای تعیین میزان فرسایش پذیری واحدهای سنگی موجود در حوضه، از کانی‌های رسی به عنوان منشاء یاب استفاده شده و واحدهای کاری، واحدهای سنگی حوضه آبخیز لانتشور در نظر گرفته شده است (خدای، ۱۳۸۴). این حوضه از چهار واحد سنگی به نام‌های سازند قرمز فوقانی (شامل واحد مارنی و آهکی)، سازند هزاردره و واحدهای کواترنر تشکیل شده است. تعداد سه نمونه از سطح فرسایش یافته و تعداد سه نمونه دیگر از آبراهه‌های موجود در هر واحد سنگی برداشت شده است. البته لازم به ذکر است که در واحد آهکی سازند قرمز فوقانی بدلیل نبود آبراهه، فقط سه نمونه سطحی برداشت شده است. همچنین برای منشایابی رسوبات موجود در مخزن سد لانتشور، تعداد سه نمونه نیز از رسوبات داخل مخزن و از عمق ۳ متری آن برداشت گردیده است. مجموعاً تعداد ۲۴ نمونه از واحدهای سنگی و مخزن سد لانتشور برداشت شد. نمونه‌ها به روش غربال کردن آنالیز شده و مقدار ۱۰۰ گرم از ذرات کوچکتر از ۴ فی (در حد سیلت و رس) جداسازی و در آزمایشگاه کانی شناسی سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی، تحت پرتو اشعه ایکس قرار گرفته‌اند. این آزمایش برای تمامی نمونه‌ها در ۴ تیمار اشباع با اتیلن گلیکول، اشباع با منیزیم، اشباع با پتاسیم و حرارت ۵۵۰ درجه سانتیگراد انجام شده است. سپس با استفاده از روش مثلث‌بندی (Moore and Reynolds, 1989) مساحت زیر هر یک از پیک‌های کانی‌های رسی محاسبه و در نهایت درصد مشارکت آنها در هر نمونه تعیین گردیده است. با استفاده از روش دسته‌بندی خوشه‌ای، میزان کانی‌های رسی واحدهای سنگی حوضه لانتشور، دسته‌بندی و برای هر یک از دسته‌ها فاصله اقلیدسی بین نمونه‌ها تعیین گردیده است (خدای، ۱۳۸۴). در خاتمه با استفاده از معادله روش آماری، مقدار رسوبدهی هر یک از واحدهای سنگی حوضه لانتشور محاسبه شده است.

## نتایج

### ۱- محاسبه میزان رسوب انباشته شده در مخزن سد

سد خاکی لانتشور در سال ۱۳۷۲ توسط سازمان جهاد کشاورزی استان تهران در محل خروجی حوضه لانتشور احداث شده است. برای محاسبه رسوبدهی واقعی این حوضه از انطباق نقشه‌های توپوگرافی مخزن سد در زمان قبل (۱۳۷۲) و بعد از احداث (۱۳۸۴) آن استفاده شده است (شکل ۲). با این انطباق ضخامت رسوب انباشته شده و نهایتاً مقدار حجم رسوبات داخل مخزن بدست آمده است. برای تعیین وزن رسوبات داخل مخزن، بایستی وزن مخصوص آنها را تعیین نمود. برای این کار مقدار ۵۰ گرم از رسوب سطحی مخزن را در یک استوانه مدرج ریخته و پس از اندازه‌گیری حجم، وزن مخصوص رسوب داخل مخزن محاسبه شده است. با تعیین وزن مخصوص و حجم رسوبات داخل مخزن، و با در نظر گرفتن مساحت حوضه، میزان رسوبدهی حوضه معادل ۴/۹۸ تن در هکتار در سال محاسبه گردید (جدول ۱).

### ۲- دسته‌بندی خوشه‌ای

نتایج حاصل از آنالیز پرتو ایکس (XRD) در چهار تیمار (شکل ۳) نشان می‌دهد که کانی‌های مونتموریونیت و کلریت بیشترین (۴۵٪ و ۳۰٪) و کانی‌های ایلیت و کائولینیت کمترین (بین ۵٪ تا ۲۰٪) درصد

از کانی‌های فرسایش یافته را به خود اختصاص داده‌اند (خدای، ۱۳۸۴). اطلاعات بدست آمده از میزان درصد کانی‌های رسی موجود در واحدهای سنگی حوضه لاتشور به عنوان متغیرهای هر سازند در نظر گرفته شده است. سپس با استفاده از نرم افزار SPSS12، دسته‌بندی خوشه‌ای این متغیرها انجام شده است. با توجه به آنالیز دسته‌بندی خوشه‌ای، کانی‌های رسی به چهار گروه تفکیک شده‌اند که هر گروه هماهنگ با یکی از واحدهای سنگی موجود در حوضه لاتشور می‌باشد. برای تعیین فاصله اقلیدسی (نماد اختلاف بین نمونه‌های سطحی و آبراهه‌ای) از رابطه (۱) استفاده شده است. در این رابطه،  $V_{ta}$ : مقدار کانی رسی در واحد سنگی  $t$  و در نمونه سطحی،  $V_{tb}$ : مقدار همان کانی رسی در واحد سنگی  $t$  و در نمونه آبراهه‌ای،  $T$ : تعداد کانی‌های رسی (مونتموریونیت، کلریت، ایلیت، کائولینیت) و  $Dab$ : فاصله اقلیدسی (نماد اختلاف بین نمونه‌ها) بین دو نمونه سطحی و آبراهه‌ای است (عطاپور فرد، ۱۳۸۴؛ خدای، ۱۳۸۴). با استفاده از این رابطه در بین تمامی نمونه‌های سطحی و آبراهه‌ای برداشت شده از واحدهای سنگی موجود در حوضه لاتشور، مقدار فواصل اقلیدسی برای آنها بدست آمده است. نمونه‌های با مقادیر متشابه بیشتر از ۹۰٪ در یک واحد قرار گرفته‌اند و ما بقی نمونه‌هایی که میزان تشابه آنها کمتر از ۹۰ درصد بوده است، از مجموعه کاری حذف شدند. بعد از انجام مراحل فوق از میان نمونه‌هایی که میزان تشابه آنها بیش از ۹۰ درصد بود، در یک واحد کاری قرار گرفته‌اند. بنابراین تعداد ۴ واحد کاری همگن A, B, C, D (برابر تعداد واحدهای سنگی موجود در منطقه مورد مطالعه) بدست آمد.

$$Dab = [ \sum_{t=1}^T (V_{ta}^2 - V_{tb}^2)^{0.5} ] \quad \text{رابطه (۱)}$$

در خاتمه با توجه به نتایج حاصل از فرض صفر و آزمون آماری F، کانیهای رسی مونتموریونیت و ایلیت در بخش مارنی واحدهای قرمز نئوژن به عنوان منشایاب معرفی شدند (خدای، ۱۳۸۴) (جدول ۲).

### ۳- روش‌های مرکب چند متغیره خطی

با توجه به واحدهای همگن و با در نظر گرفتن رابطه (۲) (عطاپور فرد، ۱۳۸۴)، میزان سهم هر یک از این واحدها در میزان رسوب تولید شده در حوضه لاتشور با استفاده از روش‌های مرکب چند متغیره خطی بدست آمده است. در رابطه (۲)  $B_t$ : میزان کانی رسی  $t$  در رسوبات داخل مخزن،  $V_{ta}$ : مقدار همان کانی در هر زیرحوضه،  $Ps$ : سهم هر واحد همگن در تولید رسوب،  $S$ : نام واحد همگن،  $T$ : تعداد کانی‌های رسی و  $E$ : میزان خطای نسبی است.

$$E = \sum_{t=1}^T \left\{ \left[ \left| B_t - \left( \sum_{s=1}^S V_{st} P_s \right) \right| \right] / B_t \right\} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\sum_{s=1}^S P_s = 1 \quad 0 < P_s \leq 1$$

برای انجام این کار بایستی با توجه به رابطه ۲ مقدار  $B_t$  (جدول ۳)،  $V_{st}$  (جدول ۴) و  $P_s$  را در هر یک از واحدهای کاری همگن تعیین نمود. سپس با توجه به میزان خطای نسبی ( $E$ ) مقادیر  $P_s$  را نسبت به میزان رسوب انباشته شده در مخزن سد لاتشور مورد سنجش قرار داد. سپس مقادیر فوق را نسبت به مساحت هر یک از واحدهای همگن موجود در حوضه لاتشور و تعداد سال‌های آماری (۱۳۷۲-۱۳۸۴) مورد ارزیابی قرار

داد، که در نهایت سهم تولید رسوب هر یک از واحدهای کاری همگن در حوضه لاتشور بر مبنای تن در هکتار در سال تعیین گردد (جدول ۵).  
در خاتمه با توجه به انجام مراحل ذکر شده در بالا، مشخص گردید که بخش مارنی واحدهای قرمز نئوژن ۹۷٪ از رسوب موجود در حوزه آبخیز لاتشور را تولید کرده است.

## بحث

مطالعاتی که ایلماز و همکاران (Yilmaz et al., 2005) در مورد تعیین پایداری کانی‌های رسی در ترکیه انجام داده‌اند، مشخص کرده که کانی‌هایی چون مونتموریونیت و کائولینیت از ثبات و پایداری ساختمانی بسیار پایینی برخوردارند. همچنین او ذکر کرده که عامل اصلی آن پایین بودن نرخ  $Ca^{2+}/Mg^{2+}$  در این کانی‌ها است. در نتیجه خاک‌های با  $Ca^{2+}/Mg^{2+}$  پایین (مونتموریونیت و کائولینیت) که دارای اکسیدهای آهن و آلومینیوم آزاد هستند، بسیار مستعد برای فرسایش پذیری می‌باشند. همچنین عطاپور فرد (۱۳۸۴) به بررسی میزان فرسایش پذیری حوضه آبخیز چنداب با استفاده از کانی‌های رسی و بکارگیری روش‌های آماری پرداخته و عنوان می‌کند که بخش‌های مارنی واحد قرمز نئوژن در این حوضه بیشترین میزان رسوب را تولید کرده‌اند. همچنین کانی مونتموریونیت بیشترین حضور را در بین دیگر کانی‌های رسی، در رسوبات فرسایش یافته داشته‌اند. با توجه به نتایج حاصله از منشایابی کانی‌های رسی در حوزه مورد مطالعه، می‌توان گفت که مونتموریونیت‌ها از بخش مارنی واحدهای قرمز نئوژن فرسایش پیدا کرده و طی فرایند حمل شدگی در داخل مخزن رسوبگذاری نموده‌اند. برای اینکه این مسئله نمود بهتری داشته باشد با استفاده از نرم افزار Surfer 6، نقشه خطوط هم تراز و تصاویر سه بعدی از میزان درصد مشارکت کانی‌های رسی در حوضه آبخیز لاتشور تهیه و ترسیم شده است. با توجه به این تصاویر مشخص شد که بیشترین تمرکز کانی رسی مونتموریونیت مربوط به واحدهای قرمز نئوژن می‌باشد (شکل ۴-الف). در مورد کانی رسی ایلیت نیز باید گفت که این کانی در جاهایی متمرکز شده است که مونتموریونیتها حضور ندارند و یا درصد کمی از رسوبات را در بر می‌گیرند. البته بیشترین تمرکز این کانی نیز مربوط به واحدهای قرمز نئوژن است (شکل ۴-ب). همچنین با توجه به تصاویر سه بعدی کانی‌های رسی کلریت و کائولینیت مشخص شد که کلریت‌ها در غرب (شکل ۵-الف) و کائولینیت‌ها (شکل ۵-ب) در شرق حوضه تمرکز دارند. در نهایت با در نظر گرفتن نتایج فوق و با توجه به نقشه شیب‌بندی حوضه لاتشور (شکل ۶) و شرایط اقلیمی حاکم بر حوضه لاتشور (نوع آب و هوا، میزان بارندگی و زاویه برخورد قطرات آب به سطح حوضه که بیشتر از غرب به شرق می‌باشد) (عطاپور فرد، ۱۳۸۴) این احتمال وجود دارد که بیشترین رسوب تولید شده در حوضه مربوط به بخش مرکزی و متمایل به بخش شرقی آن باشد.

## نتیجه‌گیری و پیشنهادات

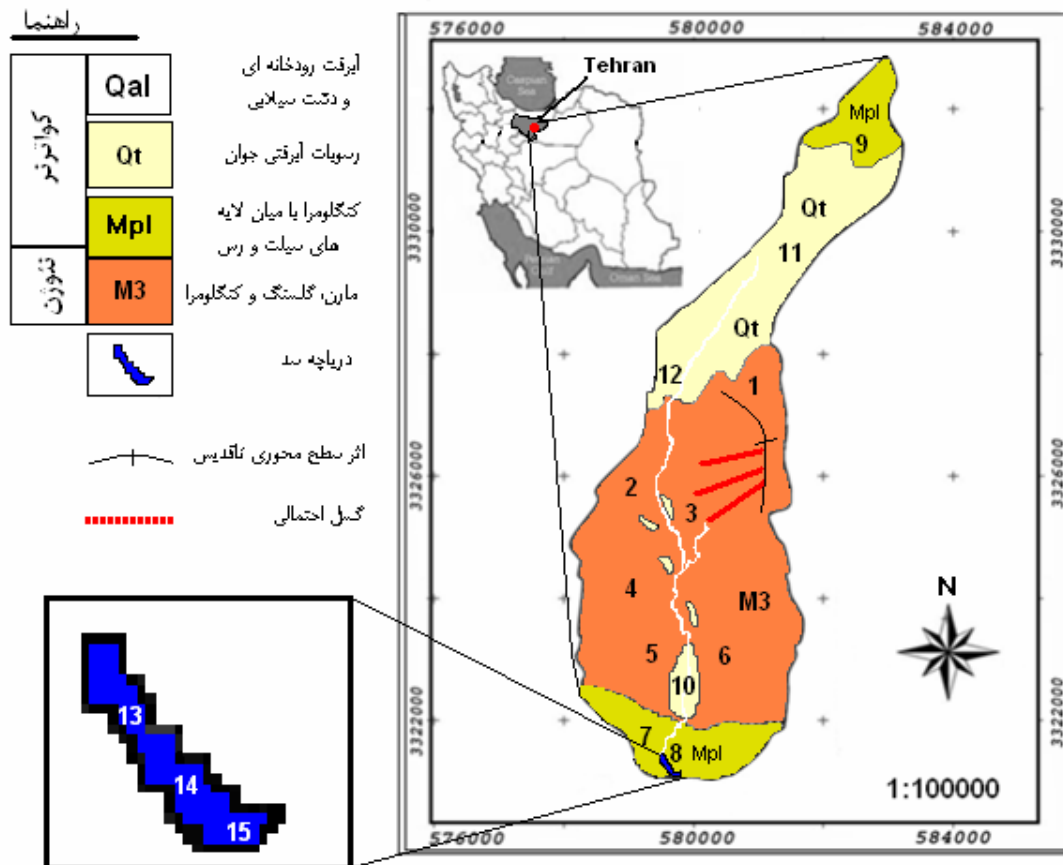
بررسی آمار موجود نشان داده است که میزان رسوب انباشته شده در داخل مخزن لاتشور در طول ۱۲ سال گذشته برابر ۱۳۲۷۶۹ تن بوده است. با توجه به مساحت حوضه، رسوب تولیدی در سال برای هر هکتار معادل ۴/۹۸ تن برآورد شده است که نشان دهنده فرسایش پذیری بالای این حوضه است. با توجه به آزمون آماری  $F$ ، کانی‌های رسی مونتموریونیت و ایلیت به عنوان منشایاب معرفی شده‌اند. همچنین بکارگیری دسته‌بندی خوشه‌ای و روش‌های چند متغیره خطی منجر به برآورد فرسایش پذیری هر یک از واحدهای

همگن شده به طوری که بخش مارنی واحدهای قرمز نئوژن ۹۷٪ از رسوب انباشته شده در مخزن سد لاتشور را تولید نموده است. بنابراین به احتمال زیاد کانی‌های مونتموریونیت و ایلیت موجود در مخزن سد نیز از این واحد سنگی منشا گرفته‌اند. با توجه به تصاویر سه بعدی، این احتمال وجود دارد که بیشترین فرسایش پذیری حوضه مربوط به بخش‌های مرکزی و متمایل به شرق حوضه باشد. در خاتمه برای پیشگیری از فرسایش بیش از حد در این حوضه و حوضه‌های مشابه با آن در ایران مواردی چون بررسی میزان تأثیر بستر گراولی رودخانه در جلوگیری از فرسایش کف کانال و ارتباط آن با شدت جریان، اندازه ذرات و جورشدگی آن‌ها، بررسی و شناخت دقیق از توان تولید رسوب توسط حرکات توده‌ای در مناطق مختلف حوضه و در بخش‌هایی از واحدهای قرمز نئوژن که عرض رودخانه تقریباً زیاد و بیشتر رسوبات وارده از بالادست حوضه در این بخش‌ها وارد کانال اصلی شده‌اند، لذا ایجاد بندهای رسوب‌گیر چند مرحله‌ای تا محل مخزن سد، مانع بسیار مناسبی جهت جلوگیری از انتقال رسوبات دانه ریز خواهد بود، در بخش‌هایی از مسیر رودخانه لاتشور که عرض دره کم شده و کانال رودخانه تمامی عرض دره را می‌پوشاند، فرسایش جانبی در دیواره‌های مارنی باعث تخریب دیواره کانال و اراضی کناری آن شده است که با ورود حجم زیادی از رسوبات نیز همراه است. ایجاد دیواره‌های سنگی-بتونی به خصوص در محل پیچش رودخانه و یا ایجاد موانع منحرف کننده آب به مرکز یا طرف مقاوم کانال می‌تواند در کاهش اثرات این شکل از فرسایش موثر باشد. همچنین به علت پیچ و خم‌های مکرر این رودخانه در محل عبور از واحدهای قرمز نئوژن، فرسایش کناری به میزان زیادی در آن دیده شده است. جهت کاهش تأثیر این نوع فرسایش می‌توان با دپوی قطعات سنگی بزرگ در قسمت محدب رودخانه از فرسایش پاشنه کانال جلوگیری نمود.

## منابع

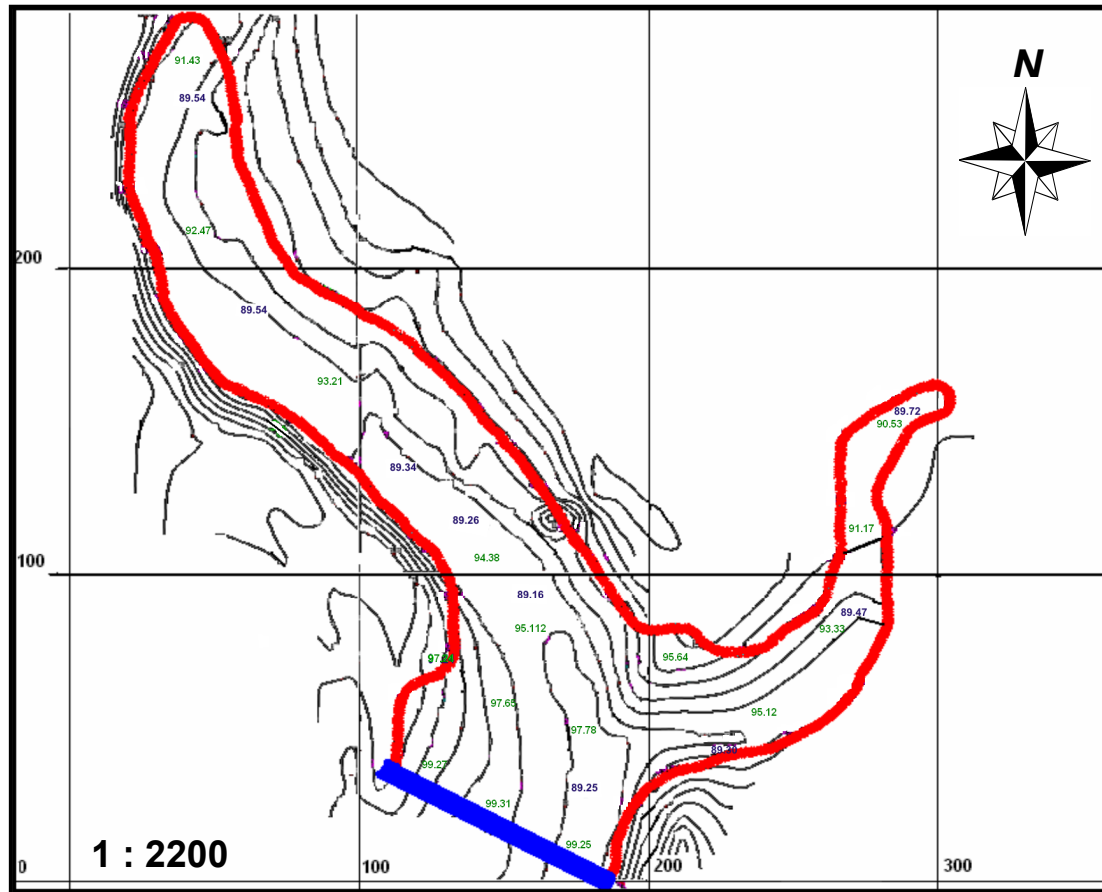
- خدای، م.، ۱۳۸۴. محاسبه رسوبدهی با استفاده از کانی‌های رسی و به‌کارگیری روش‌های مرکب چند متغیره خطی در حوضه آبخیز لاتشور-شمال شرق پاکدشت، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۲۶.
- عطاپور فرد، ع.، ۱۳۸۴. منشاء یابی رسوبات ریزدانه‌ای آبخوان شهید هادی احمدی با استفاده از عناصر نادر خاکی، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری. ۴۵.
- فیض نیا، س.، ۱۳۷۴. مقاومت سنگ‌ها نسبت به فرسایش در اقلیم مختلف ایران، مجله منابع طبیعی ایران، ۴۷، ۱۰۷-۱۳۱.
- Salas, C. and Cobo Rayan, R., 1997. Metodologia para estimar la Erosion de Cuencas Fluviales a Partir de la Batimetria de Embalses. In: Ibanez, J.J., Valero Garces, B.L., Machado, C. El Paisaje Mediterraneo a Traves del Espacio y del Tiempo. Implicaciones en la Desertificacion. Geoforma Ediciones, Logrono, 239-257.
- Collins, A.I., Walling D.E. and Leeks, G.J.L., 1998. Use of Composite Fingerprint to Determine the Provenance of the Comtemporary Suspended Sediment load Transported by Rivers., *Earth Surface Processes and LandForms*, 23, 31-52.
- Collins, A.L., Walling, D.E., Sickingbula, H.M., and Leeks, G.J.L., 2001. Suspended sediment source fingerprinting in a small tropical catchment and some management implications. *J. Applied Geomorphology*, 21, 387-412.
- Garrad, P.N. and Hey, R.D., 1989. Sources of suspended and deposited sediment in a broadland river. *J. Earth Surface processes and Landforms*, 14, 41-62.
- Hillier, S., 1995. Erosion, Sedimentation and Sedimentary Origin of Clays, in Velde, B., ed., *Origin and Mineralogy of Clays: New York, Springer-Verlag*, 162-219.

- Moore, D.M. and Reynolds, R.C., 1989. X-Ray Diffraction and the Identifications and Analysis of Clay Minerals. Oxford University Press, New York. 112.
- Norak. F., 1999. Environmental Characteristics of Clays and Clay Mineral Deposite. U. S. Geological Survey. 75.
- Wall, G.J. and Walling, L.P., 1976. Minerology and Related parameters of Fluvial Suspended Sediments in Northwestern Ohio, Journal of Environmental Quality, 5, 168-173.
- Walling, D.E., Russell, M.A., Hodgkinson, R. and Zhang, Y., 2002. Establishing Sediment Budgets for Two Small Lowland Agricultural Catchments in the Uk. Catena, 47, 323-353.
- Walling D.E., 2003. Using Environmental Radionuclides as in Sediment Budget Investigations, uk.
- Wood, P.A., 1978. Fine-sediment Mineralogy of Source Rocks and Suspended Sediment, Rother Catchment, West Sussex. Earth Surface Processes and Land Forms.
- Woodward, J.C., 1995. Patterns of Erosion and Suspended Sedimentyield in Mediterranean River Basins, In: Foster, I.D.L., Gurnell, A.M., Webb, B.W., Sediment and Water Quality in River Catchments. Wiley, Chichester, 365–389.
- Yilmaz, K., Eluk, U., Kapur, S., and Ryan. J., 2005. Clay Minerals, Ca/Mg Ratio and Fe-Al-Oxides in Relation to Structural Stability, Hydraulic Conductivity and Soil Erosion in Southeastern Turkey, Turk J Agric, 29, 29-37.

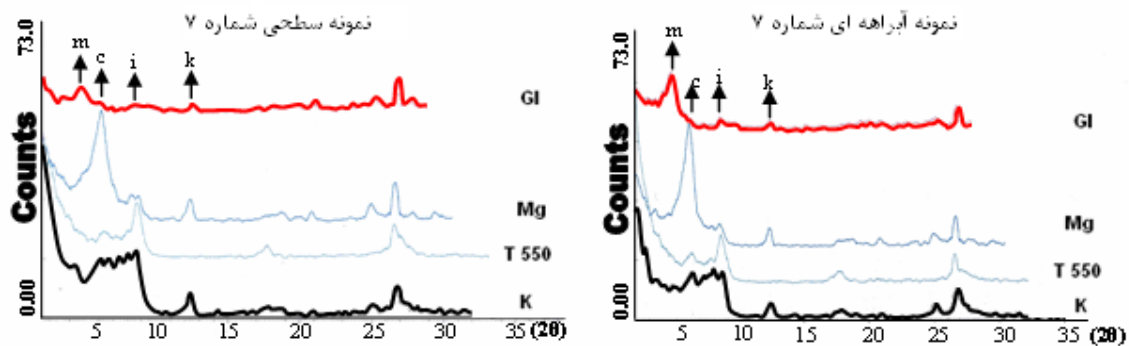


شکل ۱- موقعیت جغرافیایی، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ حوضه آبخیز لاتشور و موقعیت نمونه‌های برداشت شده سطحی و آبراه‌های که با عدد مشخص شده است. هر عدد بیانگر ۲ نمونه سطحی و آبراه‌ای می باشد

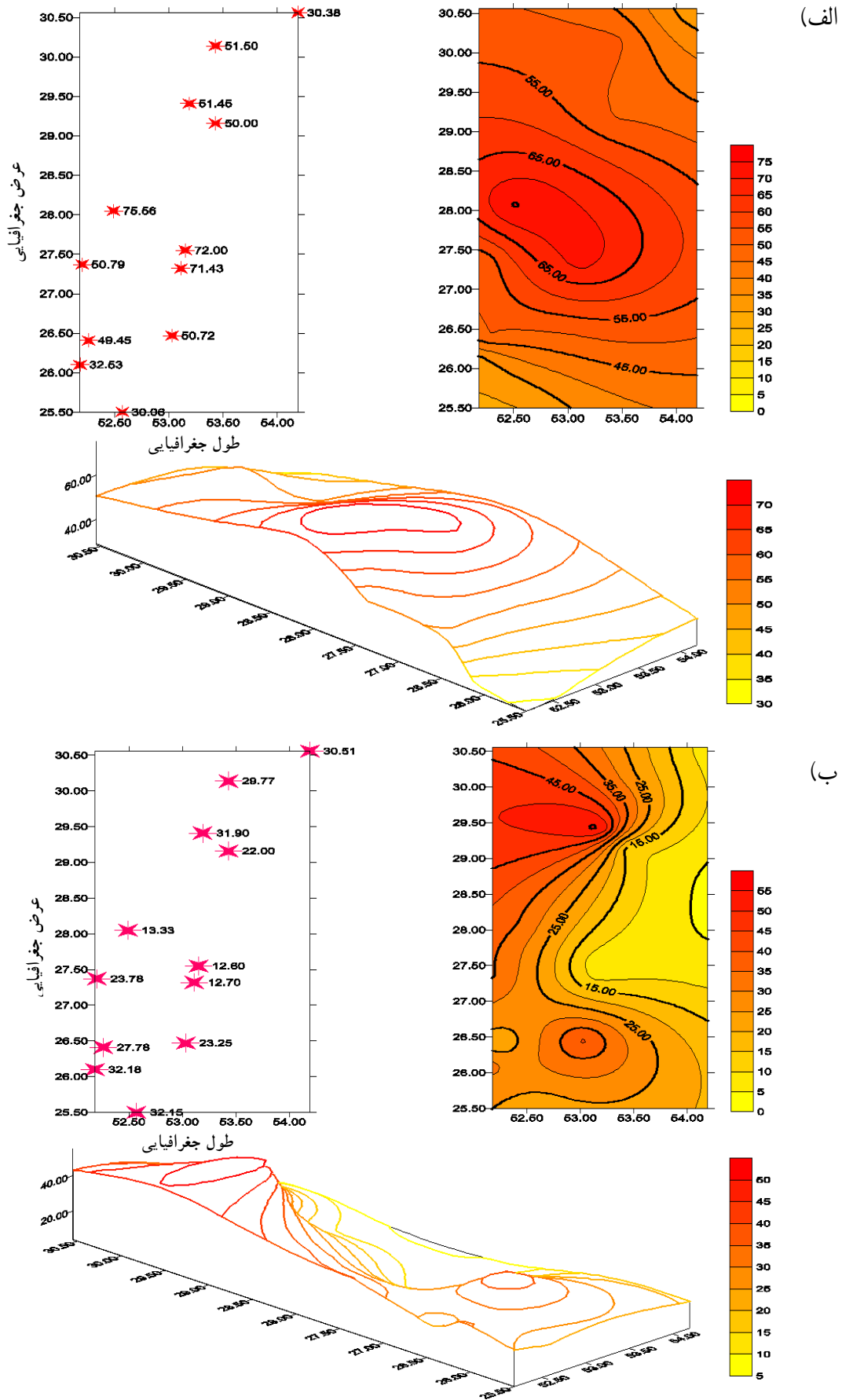




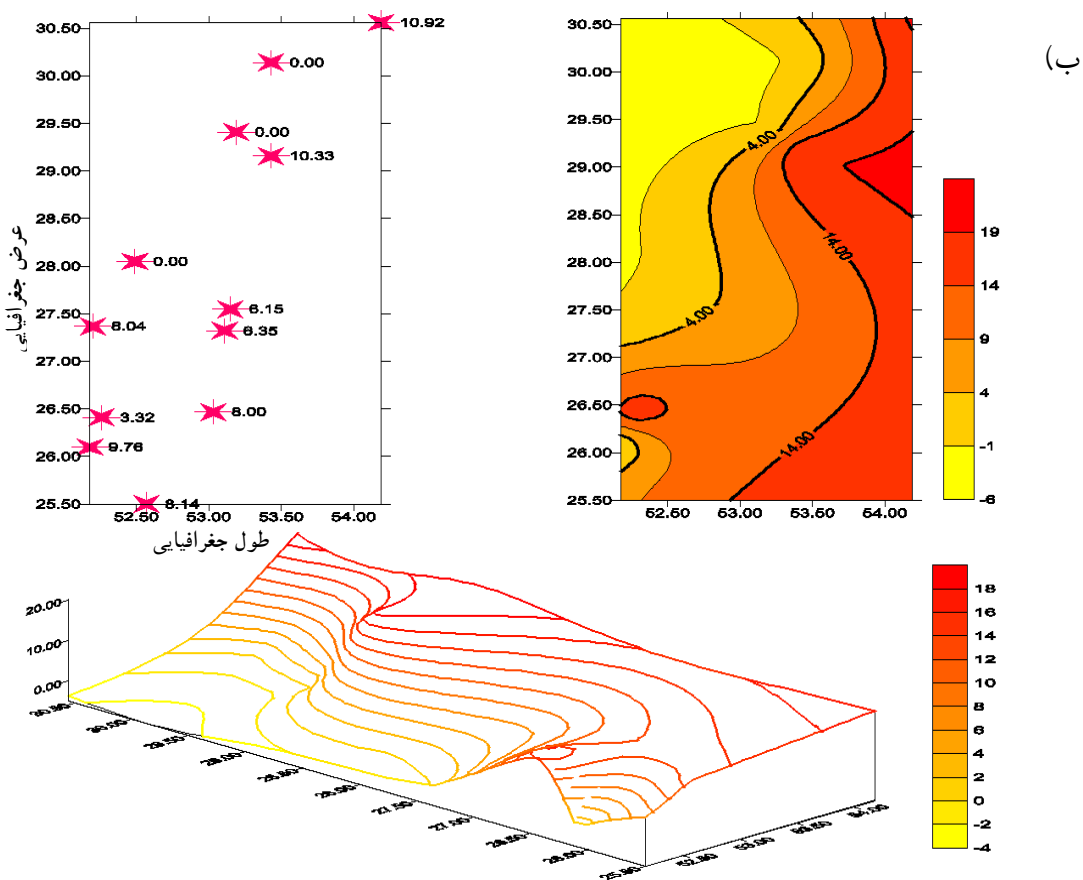
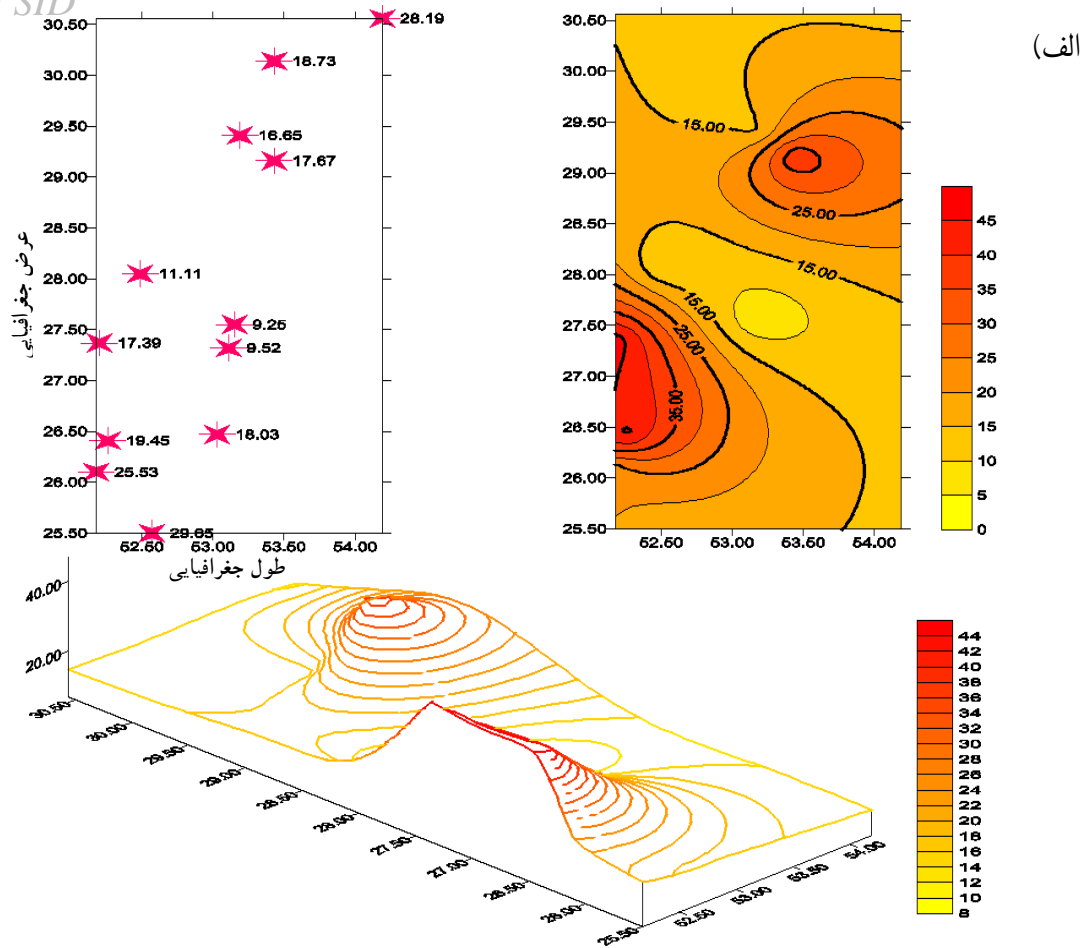
شکل ۲- نقشه توپوگرافی مخزن سد لاتشور. در این تصویر مرز مخزن با خط قرمز مشخص شده است. اعدادی که به رنگ آبی هستند، میزان توپوگرافی مخزن در قبل از احداث سد (۱۳۷۲) و نقاط سبز مربوط به بعد از احداث سد (۱۳۸۴) می‌باشند



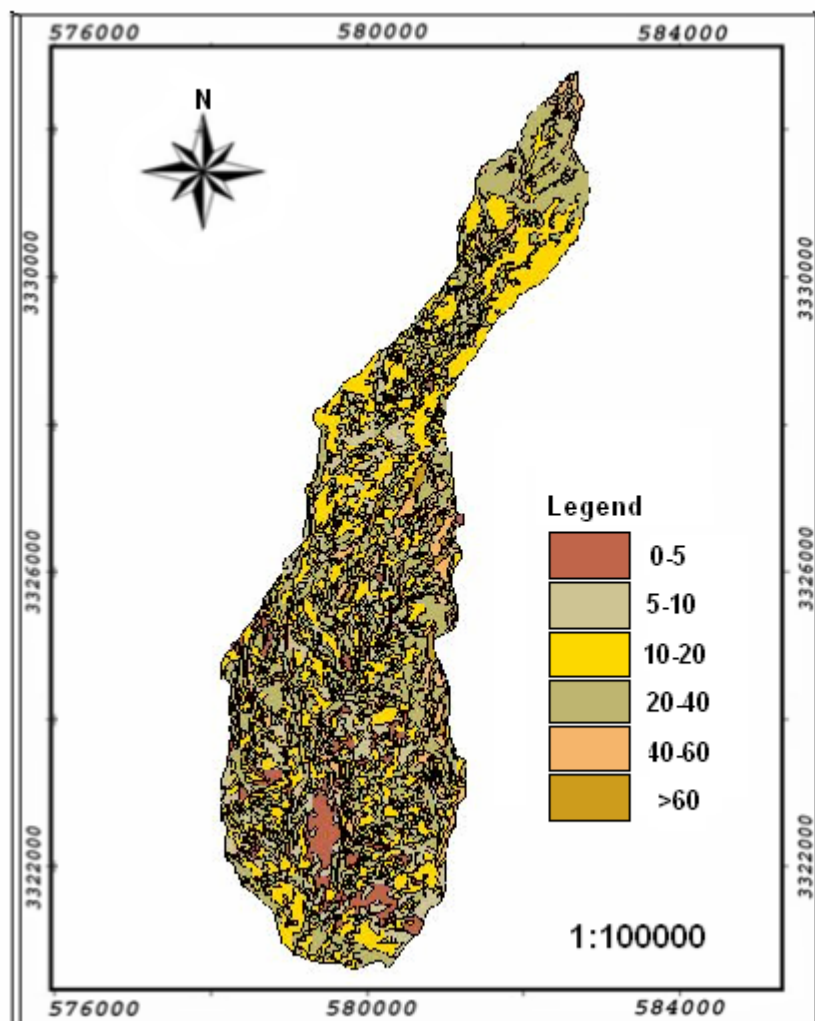
شکل ۳- دو نمونه از نتایج آزمایش پراش پرتو ایکس واحدهای سنگی حوضه آبخیز لاتشور. m: مونتموریونیت، c: کلریت، i: ایلیت، k: کائولینیت، GI: اتیلن گلیکول، Mg: منیزیوم، T 550: حرارت ۵۵۰ درجه و K: پتاسیم



شکل ۴- نقشه خطوط هم تراز و تصاویر سه بعدی فراوانی کانی‌های رسی مونتوریونیت (الف) و کلریت (ب) در محیط Surfer. این نقشه‌ها بر اساس طول و عرض جغرافیایی نمونه‌های آبراه‌های برداشت شده در حوضه لاتشور ترسیم شده‌اند



شکل ۵- نقشه خطوط هم تراز و تصاویر سه بعدی فراوانی کانی‌های رسی ایلیت (الف) و کاتولینیت (ب) در محیط Surfer. این نقشه‌ها بر اساس طول و عرض جغرافیایی نمونه‌های آبراه‌های برداشت شده در حوضه لاتشور ترسیم شده‌اند.



شکل ۶- نقشه کلاس شیب حوضه آبخیز لاتشور. با توجه به این نقشه می‌توان گفت که بخش مرکزی و متمایل به شرق از درصد شیب بیشتری نسبت به دیگر بخش‌های حوضه برخوردار است.

جدول ۱- نتایج حاصل از محاسبه رسوبدهی حوضه آبخیز لاتشور با استناد به نقشه برداری از مخزن

نام مخزن	مساحت (m <sup>2</sup> )	حجم مخزن (m <sup>3</sup> )	حجم رسوبات داخل مخزن (m <sup>3</sup> )	وزن رسوبات (تن)	میزان رسوبدهی حوضه (تن در هکتار در سال)
لاتشور	۱۹۴۴۰	۱۷۸۶۰۰	۸۸۵۱۲	۱۳۲۶۷۹	۴/۹۸

جدول ۲- نتایج حاصل از آزمون F و رد فرض صفر بین نمونه‌های برداشت شده از واحدهای سنگی حوضه آبخیز لاتشور

واحد سنگی	مونتموینیت	کلریت	ایلیت	کائولینیت
آبرفت‌های کوتاه‌تر	۲/۷۹۶	۰/۵۶	۰/۲۲۶	۱
کنگومرای هزاردره	۰/۸۷	۰/۶۷۶	۲/۲۴۷	۱/۹۸۲
واحدهای قرمز نئوژن	۲/۲۰۷	۱/۹۰۹	۲/۷۲۸	۱/۶۵۵

جدول ۳- میانگین مقادیر کانی‌های رسی در رسوبات داخل

مقدار Bt موجود در مخزن	کانی‌های رسی در رسوبات داخل مخزن
۰/۴۲۸	مونتموریونیت
۰/۳۲۵	کلریت
۰/۱۵۲	ایلیت
۰/۰۹۴	کائولینیت

جدول ۴- میانگین مقادیر کانی‌های رسی در هر واحد همگن بر اساس فواصل اقلیدسی بین نمونه‌های سطحی و آبراهه ای

کائولینیت	ایلیت	کلریت	مونتموریونیت	میانگین مقادیر کانی‌های رسی در هر واحد همگن بر اساس فواصل اقلیدسی
۰/۰۶۲	۰/۰۹۳	۰/۱۲۶۵	۰/۷۱۷	Vst1
۰/۸۶۲	۰/۱۷۱	۰/۲۳۴	۰/۵۰۷	Vst2
۰/۱۰۹	۰/۲۸۴	۰/۳	۰/۳۰۵	Vst3
۰/۰۴	۰/۱۷۸	۰/۲۹۸	۰/۵۱۸	Vst4

جدول ۵- تعیین میزان سهم هر یک از واحدهای کاری همگن حوضه آبخیز لاتشور در میزان رسوبدهی حوضه

میزان خطای نسبی %	سهم تولید رسوب در سطح واحد همگن (تن در هکتار در سال)	سهم هر واحد همگن در تولید رسوب (Ps) %	واحد همگن
۹۵/۹	۰	۰	A
	۴/۸۳	۹۷	B
	۰/۱۵	۳	C
	۰	۰	D