

## برآورد فرسایش و رسوب به روش ژئومرفولوژی برای ارزیابی طرح‌های آبخیزداری (مطالعه موردی: حوزه آبخیز صفارود استان مازندران)

**امیر پلهم عباسی:** دانشجوی دکتری گروه تخصصی علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

**حسن احمدی\*:** استاد گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

**شیرین محمدخان:** استادیار دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران.

**ابوالفضل معینی:** استادیار گروه علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده‌ی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۴/۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱۵)

### چکیده

افزایش روبه رشد تخریب منابع طبیعی در چند دهه‌ی اخیر به تشدید فرسایش و افزایش نرخ تولید رسوب منجر شده‌است. برای کنترل تخریب و کاهش اثرات آن، فعالیت‌های بسیاری در سطح حوزه‌های آبخیز اجرا می‌شود. این پژوهش با هدف ارزیابی طرح‌های آبخیزداری اجرا شده در حوزه آبخیز صفارود در استان مازندران، از طریق برآورد فرسایش به روش ژئومرفولوژی انجام شده‌است. بدین منظور نقشه‌ی شدت فرسایش منطقه با روش ژئومرفولوژی در دو پایه‌ی زمانی قبل از اجرای طرح (۱۳۷۳) و بعد از اجرای طرح (۱۳۹۳) تهیه و میزان رسوب خروجی از حوضه در این پایه‌های زمانی بررسی شد. با بررسی نقشه‌ی شدت فرسایش در هر واحد کاری در پایه‌های زمانی مورد مطالعه، نقشه‌ی روند شدت فرسایش منطقه تهیه شد. با انطباق نقشه‌ی روند شدت فرسایش با نقشه‌ی طرح‌های اجرا شده، میزان اثرگذاری طرح‌ها در هر واحد کاری مشخص شد. با استفاده از آزمون‌های آماری، رابطه‌ی بین شدت فرسایش و رسوب خروجی از حوضه در دو پایه‌ی زمانی قبل و بعد از اجرای طرح بررسی شد. بررسی‌ها نشان داد که در حدود ۷۵/۹۵ درصد از سطح منطقه، روند شدت فرسایش منفی دارد که تأثیر مثبت طرح‌ها را نشان می‌دهد. ولی نتایج حاصل از آنالیزهای آماری بیانگر این است که رابطه‌ی معنی‌داری بین شدت فرسایش و رسوب خروجی از حوضه در پایه‌های زمانی مورد مطالعه در سطح خطای ۰/۰۵ وجود ندارد. با تفسیر نتایج حاصل شده مشخص شد که واحدهای کاری به شماره‌های ۱۴، ۱۶ و ۱۷ بیشترین نرخ افزایش روند شدت فرسایش را دارد. با حذف این سه واحد کاری از آنالیز آماری مقایسه‌ی شدت فرسایش در دو پایه‌ی زمانی مورد بررسی، مشخص شد که اختلاف بین شدت فرسایش در سطح خطای ۰/۰۵ معنی‌دار است.

واژگان کلیدی: ارزیابی، روش ژئومرفولوژی، شدت فرسایش، صفارود، طرح‌های حفاظت آب و خاک، AHP.

### ۱- مقدمه

امروزه ارزیابی پروژه‌های آبخیزداری از بنیادی‌ترین مسائلی است که در کشورهای مختلف به منظور برنامه‌ریزی‌های آینده در زمینه‌ی طرح‌های اجرایی و مدیریت منابع طبیعی انجام می‌گیرد (Abbasi et al, 2010).

ارزیابی طرح‌های آبخیزداری و عملکرد آنها در دنیا سابقه‌ی هفتاد ساله دارد، ولی در ایران به این موضوع توجه چندانی نشده است. آبخیزداری در ایران از دهه‌ی ۱۳۴۰ شروع شده است (Ahmadi, 2009) ولی همچنان تخریب منابع طبیعی رو به افزایش است؛ به نحوی که میزان متوسط فرسایش در ایران حدود یک میلیارد تن در سال است (Arab Khedri, 2004)؛ از این رو لزوم ارزیابی فعالیت‌های انجام شده و بررسی تأثیرات مورد نظر این گونه طرح‌ها اقدامی ضروری است. با توجه به اینکه یکی از مهم‌ترین اهداف اجرای پروژه‌های آبخیزداری، جلوگیری از فرسایش و رسوب و کنترل سیلاب است؛ بنابراین استفاده از روش‌های برآورد میزان فرسایش، می‌تواند راهکار مناسبی برای ارزیابی پروژه‌ها باشد که در این خصوص بهره‌گیری از روش‌های بومی و سازگار با منطقه، می‌تواند بسیار مفید واقع شود. یکی از روش‌های برآورد میزان فرسایش آبی در ایران، روش ژئومورفولوژی (Ahmadi, 2006) است. این روش توسط محققان مختلفی از جمله (Maleki, 2008, Mohammad Khan, 2009, Angabini, 2014) در نقاط مختلف کشور بررسی و تأیید شد. در این مدل با تعیین معیارها و شاخص‌های موثر در فرسایش و وزن‌دهی آنها در سطح واحد کاری، می‌توان نقشه‌ی شدت فرسایش را تهیه کرد و با بررسی این نقشه به ارزیابی پروژه‌ها پرداخت. Abbasi و همکاران (2010) در خصوص تأثیر فعالیت‌های آبخیزداری در زمان تمرکز و شماره‌ی منحنی حوضه با مدل HEC-HMS در حوضه‌ی آبخیز کن مطالعه‌ی انجام دادند و مشخص شد که فعالیت‌های مکانیکی در مقایسه با فعالیت‌های زیستی، تأثیر کمتری در افزایش زمان تمرکز در منطقه داشت. Haregeweyn و همکاران (2012) در مطالعه‌ی، به ارزیابی مدیریت حوضه‌ی آبخیز در منطقه‌ی تیگری در شمال اتیوپی در دو پایه‌ی زمانی قبل از اجرای طرح (۲۰۰۴) و بعد از اجرای طرح (۲۰۰۹) پرداختند. نتایج نشان داد که میزان رواناب و فرسایش سطحی به ترتیب ۲۷ و ۸۹ درصد کاهش یافته است. Wang و همکاران (2015)، به بررسی سیاست‌های حفاظت آب و خاک در حوزه‌ی آبخیز رودخانه‌ی زرد در کشور چین در سه پایه‌ی زمانی مختلف پرداختند و نتایج مشخص کرد که با اجرای سیاست‌های مختلف حفاظت آب و خاک، اقتصاد روستایی و وضعیت اکولوژی منطقه به طور مداوم بهبود یافته و میزان تولید رسوب و خطر سیل در منطقه کم شده است. Ghaffari و همکاران (2016) در بررسی عملکرد اقدامات آبخیزداری در حوزه‌ی آبخیز کن - سولقان، از روش‌های منحنی جرم مضاعف، مقایسه‌ی هیدروگراف سالانه و آنالیز هیدرولوژیکی، بررسی میزان رسوب در دوره‌های خشک و مرطوب، رسم منحنی سنج - رسوب و بررسی میزان رسوب در بارش‌های مشابه قبل و بعد از اجرای طرح استفاده کردند. نتایج این پژوهش، اثر مثبت طرح‌ها را نشان می‌دهد. Her و همکاران (2016)، اثر فعالیت‌های حفاظتی کشاورزی در حوزه‌ی آبخیز سنت جوزف امریکا را بر تولید رسوب و هدررفت مواد مغذی با استفاده از مدل SWAT بررسی کردند. نتایج بیانگر کاهش کمتر از ۱ درصدی بار رسوب است، ولی محققان بیان می‌کنند که همین کاهش ناچیز در درازمدت می‌تواند اثرات خوبی داشته باشد. در این تحقیق به بررسی تأثیر فعالیت‌های آبخیزداری اجرا شده بر کاهش فرسایش و رسوب در حوضه‌س آبخیز صفارود (استان مازندران) پرداخته شد. این پژوهش با تهیه‌ی نقشه‌ی شدت فرسایش از طریق مدل ژئومورفولوژی صورت گرفت.

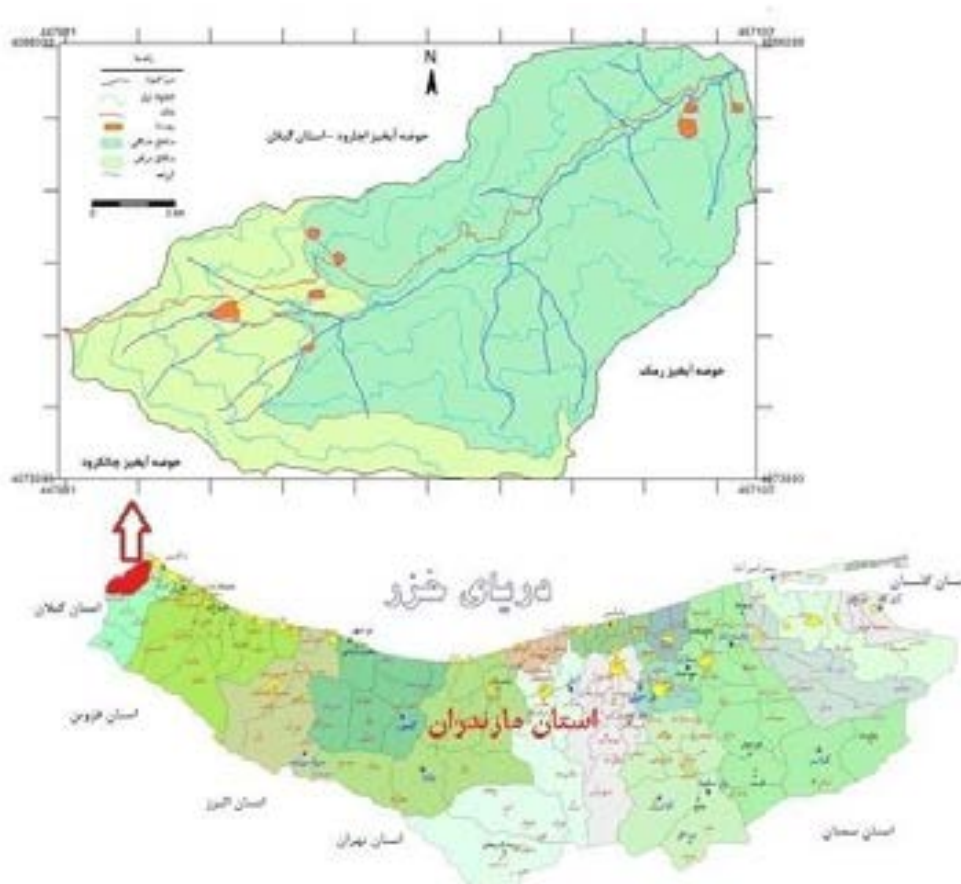
## ۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

حوزه‌ی آبخیز صفارود، در غرب استان مازندران و در طول جغرافیایی  $53^{\circ}24'50''$  تا  $56^{\circ}37'50''$  شرقی و عرض جغرافیایی  $35^{\circ}48'36''$  و  $36^{\circ}55'16''$  شمالی با مساحت ۱۳۵۵۱ هکتار قرار گرفته است. ارتفاع متوسط منطقه ۱۴۶۷ متر از سطح

## Archive of SID

آب‌های آزاد و شیب متوسط منطقه ۴۷ درصد است. از نظر زمین‌شناسی، عمده‌ترین سازندهای حوضه شامل سازند شمشک، الیکا و جواهرده بود که جزو سازندهای دوران دوم زمین‌شناسی البرز مرکزی است. شکل ۱، نقشه‌ی موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

منطقه‌ی مورد مطالعه به دلیل اینکه مشرف به شهرستان رامسر است، اهمیت زیادی دارد. شرایط فیزیکی منطقه به گونه‌ای است که به دلیل شیب بالا، به فرسایش است. در طول سالیان متمادی و بیشتر از چند دهه اخیر، سیلاب‌های متعددی از رودخانه‌ی صفارود گزارش شده‌است که مهم‌ترین آن در سال ۱۳۶۹ با دبی ۲۹۶ مترمکعب بر ثانیه اتفاق افتاد. این سیلاب علاوه بر خسارت‌های فراوان مالی، خسارت‌های جانی نیز به همراه داشت. این مقدار دبی با دوره‌ی بازگشت ۷۵ ساله‌ی محاسبه شده برای منطقه، انطباق داشت (Khazar Consulting Engineers Co. 1994).



شکل ۱: نقشه‌ی موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

### ۳- مواد و روش

در تحقیق حاضر، پروژه‌هایی که در منطقه اجرا شده‌است از طریق تهیه‌ی نقشه‌ی شدت فرسایش به روش ژئومرفولوژی ارزیابی شد؛ بدین منظور، نقشه‌ی شدت فرسایش در دو پایه‌ی زمانی قبل از اجرای طرح (سال ۱۳۷۳) - که در این مطالعه تحت عنوان پایه زمانی اول گفته می‌شود - و پایه زمانی بعد از اجرای پروژه‌ها (سال ۱۳۹۳) - که در

این مطالعه پایه زمانی دوّم گفته می‌شود - تهیه شد. برای کمی نمودن نقشه‌ی شدت فرسایش، از تکنیک AHP و GIS استفاده شد.

### ۱-۳- تهیه‌ی لایه‌ی اطلاعاتی نقشه‌ی شدت فرسایش به روش ژئومرفولوژی

اگرچه ویژگی‌های مطلوب مرتبط بر اهداف و صفات می‌تواند به عنوان خطوط راهنما در انتخاب مجموعه‌ای از معیارهای ارزیابی قابل توجه قرار گیرد، فنون فراگیر و جهانی برای تعیین مجموعه‌ای از معیارها وجود ندارد. واضح است که مجموعه معیارها به سامانه‌ی خاص مورد تحلیل وابسته است. تعداد معیارهای ارزیابی، به خصوصیات مسأله بستگی دارد. مجموعه‌ای از معیارهای ارزیابی برای یک مسأله‌ی تصمیم‌گیری خاص ممکن است از طریق بررسی منابع، مطالعات تحلیلی و پیمایش عقاید و آرای افراد حاصل شده باشد (Malczewski, 2013). در این تحقیق برای تهیه‌ی نقشه‌ی فرسایش از طریق مدل ژئومرفولوژی، از معیارها و شاخص‌های زیر استفاده شد:

۱- معیار فیزیوگرافی (شاخص‌های شیب و جهت جغرافیایی)؛

۲- معیار اقلیم (شاخص‌های میزان بارش و فرم بارش)؛

۳- معیار خاک (شاخص‌های بافت خاک و نفوذپذیری)؛

۴- معیار پوشش گیاهی (شاخص‌های درصد پوشش و فرم رویش)؛

۵- معیار سنگ‌شناسی

۶- معیار نوع کاربری و شدت بهره‌برداری؛

۷- رخساره‌های فرسایشی.

### ۲-۳- وزن‌دهی به معیارها و شاخص‌های مورد استفاده در این تحقیق

پس از اینکه لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده در این تحقیق فراهم شد، برای تهیه‌ی نقشه‌ی شدت فرسایش به روش ژئومرفولوژی در دو پایه‌ی زمانی مورد مطالعه‌ی اول و دوّم، وزن‌دهی با استفاده از تکنیک AHP صورت گرفت و لایه‌ی اطلاعاتی وزن شاخص‌ها و معیارها تهیه شد. برای اجرای آن نیز از مراحل زیر استفاده شد:

### ۳-۳- وزن‌دهی نسبی به گزینه‌ها

برای تعیین وزن هر کدام از گزینه‌ها، ابتدا نقشه‌ی شاخص‌ها با نقشه‌ی رخساره‌های فرسایشی همپوشانی داده شد. سپس درصد مساحت مناطقی از هر کدام از گزینه‌ها که در محدوده‌ی رخساره‌های فرسایشی بود، نسبت به مساحت کل همان گزینه به دست آمد. بر اساس درصد مساحت مناطق فرسایشی هر گزینه و رابطه‌ی زیر (Mohammad khan, 2009)، وزن هر کدام از گزینه‌ها محاسبه شد.

$$P = \Delta A \times 0.08 + 1 \quad \text{رابطه‌ی (۱)}$$

$\Delta A$ : اختلاف درصد مساحت مناطق فرسایشی در هر گزینه نسبت به گزینه‌ی دیگر.

P: ترجیح گزینه‌ها نسبت به یکدیگر است که در ماتریس مقایسه‌ی زوجی استفاده می‌شود.

پس از اعمال رابطه‌ی فوق برای تک‌تک گزینه‌های یک شاخص، جدول ماتریس ترجیح گزینه‌ها نسبت به یکدیگر برای هر شاخص تکمیل شد. برای وزن‌دهی گزینه‌ها از روش وزن‌دهی تقریبی و روش میانگین حساسی استفاده شد. در این روش ابتدا جمع هر ستون از ماتریس داده‌ها محاسبه می‌شود، سپس هر عضو از آن ستون بر مجموع عناصر ستون تقسیم می‌شود تا جدول ماتریس نرمالیزه تشکیل گردد. میانگین حساسی هر سطر از جدول ماتریس نرمالیزه شده، محاسبه می‌شود تا به عنوان وزن نسبی آن گزینه در نظر گرفته شود (Ishizaka and Labib, 2011). فرآیند وزن‌دهی با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice 11 انجام گرفت. منظور از مناطق فرسایشی، مناطقی است که در آنها رخساره‌های فرسایش سطحی، شیاری، آبراهه‌ای، کنار رودخانه‌ای و توده‌ای قرار گرفته و رخساره‌های دامنه منظم، بیرون‌زدگی سنگی و توده‌سنگی نیز جزء مناطق بدون فرسایش هستند.

#### ۳-۴- وزن‌دهی نسبی به شاخص‌ها

برای تشکیل ماتریس ترجیح شاخص‌ها نسبت به یکدیگر، ابتدا گزینه‌های هر شاخص - که جزو گزینه‌های مستعد به فرسایش هستند - مشخص و درصد مساحت مناطق فرسایش یافته بر روی این گزینه‌های مستعد به فرسایش نسبت به مساحت کل مناطق فرسایشی به دست آمد. از این طریق با به دست آوردن این درصد و رابطه‌ی شماره‌ی ۱، جدول ترجیح شاخص‌ها تکمیل و وزن هر شاخص محاسبه شد.

#### ۳-۵- وزن‌دهی نسبی به معیارها

در این مرحله بر اساس جدول درصد مساحت مناطق فرسایشی شاخص‌ها، شاخصی که بیشترین درصد مناطق فرسایشی را داشت به عنوان نماینده‌ی آن معیار در نظر گرفته شد. سپس با استفاده از رابطه‌ی ۱، جدول ترجیحات معیارها تکمیل و وزن هر معیار محاسبه شد.

#### ۳-۶- تعیین ارجحیت نسبی رخساره‌ها نسبت به فرسایش

برای تشکیل ماتریس زوجی رخساره‌های فرسایشی، از پرسشنامه استفاده شد؛ بدین صورت که پرسشنامه‌ای طراحی از کارشناسان خواسته شد تا نظر خودشان را نسبت به اهمیت رخساره‌های فرسایشی در میزان فرسایش مشخص کنند. این نظردهی در قالب اعداد ترجیحی ۱ تا ۹ مشخص می‌شد.

#### ۳-۷- محاسبه‌ی اوزان ترکیبی معیارها و شاخص‌ها

پس از محاسبه‌ی وزن گزینه‌ها، شاخص‌ها و معیارها، وزن هر رده در رده بالاتر خود ضرب شد تا وزن نهایی هر گزینه مشخص شود (Saaty, 2008).

#### ۳-۸- تهیه‌ی نقشه‌ی شدت فرسایش

پس از اینکه با استفاده از تکنیک AHP وزن نهایی گزینه‌ها مشخص شد، در محیط GIS لایه‌ی اطلاعاتی مربوط به هر کدام از گزینه‌ها تهیه شد. سپس برای تهیه‌ی نقشه‌ی شدت فرسایش، از رابطه‌ی زیر (Mohammad Khan, 2009) استفاده شد.

$$GM = [T+C+G+S+V+L] * F \dots\dots\dots \text{رابطه ۲}$$

- وزن نهایی معیار توپوگرافی: T  
 وزن نهایی معیار سنگ: G  
 وزن نهایی معیار گیاه: V  
 وزن رخساره‌های ژئومرفولوژی: F  
 شدت فرسایش (بدون بعد): GM  
 وزن نهایی معیار اقلیم: C  
 وزن نهایی معیار خاک: S  
 وزن نهایی معیار کاربری: L  
 توضیح اینکه تمامی مراحل برای پایه‌ی زمانی اول و دوم به صورت جداگانه انجام شد.

### ۳-۹- تهیه نقشه‌ی روند شدت فرسایش در هر واحد کاری

از تفاضل نقشه‌ی شدت فرسایش در پایه‌ی زمانی دوم با نقشه‌ی شدت فرسایش پایه‌ی زمانی اول، نقشه‌ی روند شدت فرسایش در هر واحد کاری تهیه شد. در روی این نقشه، ضرایب شدت فرسایش به صورت مثبت و منفی مشخص شد.

### ۳-۱۰- تهیه نقشه‌ی طرح‌ها و پروژه‌های اجرا شده در منطقه

با مراجعه به ارگان‌های ذیربط، نقشه‌ها و گزارش اجرایی طرح‌ها در حوزه‌ی آبخیز صفارود تهیه و محدوددهی اجرایی طرح‌ها و سایر مشخصات فنی آنها استخراج شد. این اطلاعات با بازدید صحرایی تکمیل گردید.

### ۳-۱۱- ارزیابی پروژه‌های اجرا شده در سطح واحد کاری

پس از تهیه نقشه‌ی روند شدت فرسایش و نقشه‌ی طرح‌های اجرا شده در منطقه، این نقشه‌ها با هم منطبق شد و با محاسبه‌ی درصد مساحتی از هر طرح که در محدوده‌ی کاهش روند فرسایش (روند شدت فرسایش منفی) واقع شده بودند و استفاده از رابطه‌ی ۱، وزن تأثیرگذاری طرح‌ها در کاهش شدت فرسایش محاسبه و میزان تأثیرگذاری فعالیت‌ها بر وضعیت شدت فرسایش در هر واحد کاری ارزیابی شد.

### ۳-۱۲- آنالیز آماری داده‌های شدت فرسایش و رسوب

پس از تهیه نقشه‌ی شدت فرسایش در دو پایه‌ی زمانی مورد مطالعه، میزان شدت فرسایش ویژه در هر واحد کاری مشخص شد. در صورتی که نمونه‌ها از گروه‌های وابسته به هم (از نظر زمان یا مکان) باشند (مانند ارزیابی تغییرات یک منطقه در یک دوره زمانی مشخص یا اعمال دو نوع تیمار آزمایشی بر یک گروه)، برای مقایسه‌ی آنها از آزمون مقایسه‌ی دو گروه وابسته یا آزمون t جفتی استفاده می‌شود (Bihanta and ZareChohouki, 2008). در این تحقیق با اجرای آنالیز آماری مقایسه‌ی میانگین‌های دو گروه وابسته، میزان شدت فرسایش ویژه در هر واحد کاری در دو پایه‌ی زمانی با هم مقایسه و در نهایت چگونگی ارتباط آماری بین دو گروه مشخص شد.

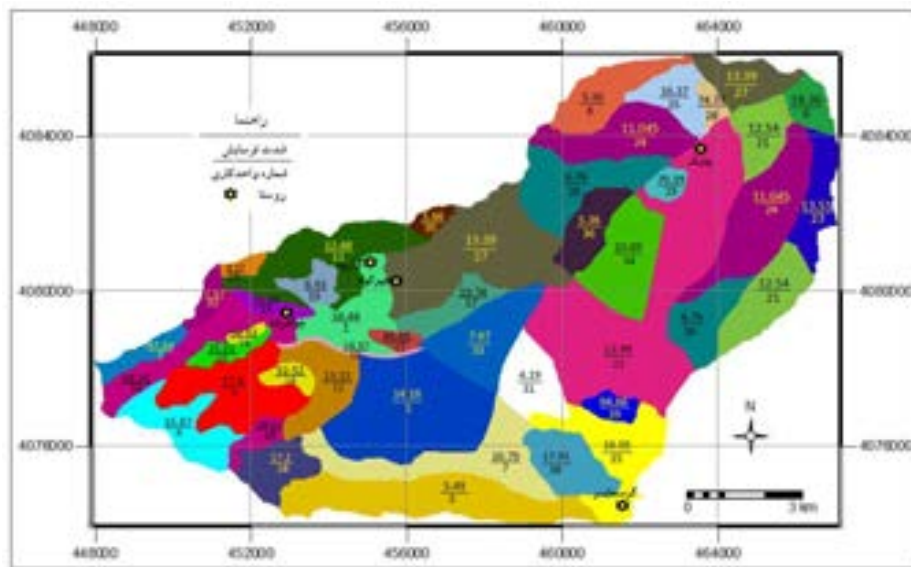
### ۴- نتایج

#### ۴-۱- نقشه‌ی روند شدت فرسایش

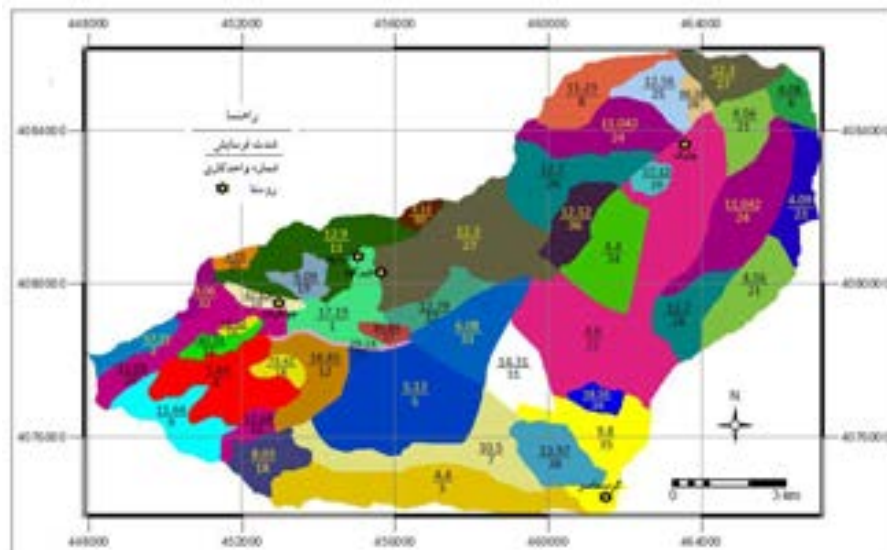
در این تحقیق ابتدا از روش ژئومرفولوژی (Ahmadi, 2006) و با کمک تکنیک AHP، نقشه‌ی شدت فرسایش در دو پایه‌ی زمانی قبل و بعد از اجرای طرح تهیه شد. Mohammad Khan (2009) و KashiZenouzi و همکاران (2015) با استفاده از تکنیک AHP، نقشه‌ی شدت فرسایش به روش ژئومرفولوژی را بررسی کردند. Wang و Wu

Archive of SID

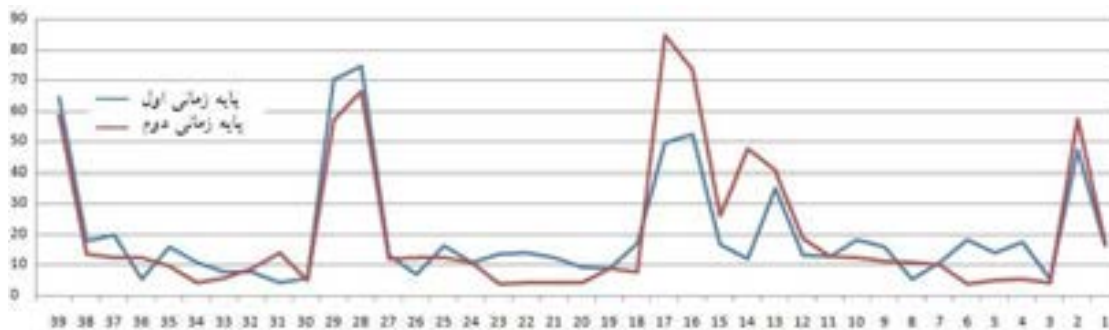
(2007)، Alexakis و همکاران (2013)، Krois و Schulte (2014) و Rajesh و همکاران (2016)، با استفاده از تکنیک AHP نقشه‌ی شدت فرسایش را بررسی کردند. از انطباق نقشه‌های واحدکاری و شدت فرسایش در هر پایه‌ی زمانی مورد مطالعه، نقشه‌ی شدت فرسایش در پایه‌ی زمانی موردنظر در هر واحدکاری تهیه شد. اشکال ۲، ۳ و ۴ به ترتیب نقشه‌ی شدت فرسایش در پایه‌ی زمانی اول و دوم و نمودار تغییرات شدت فرسایش در دو پایه‌ی زمانی موردنظر را نشان می‌دهد.



شکل ۲: نقشه‌ی شدت فرسایش در هر واحدکاری در پایه‌ی زمانی اول.

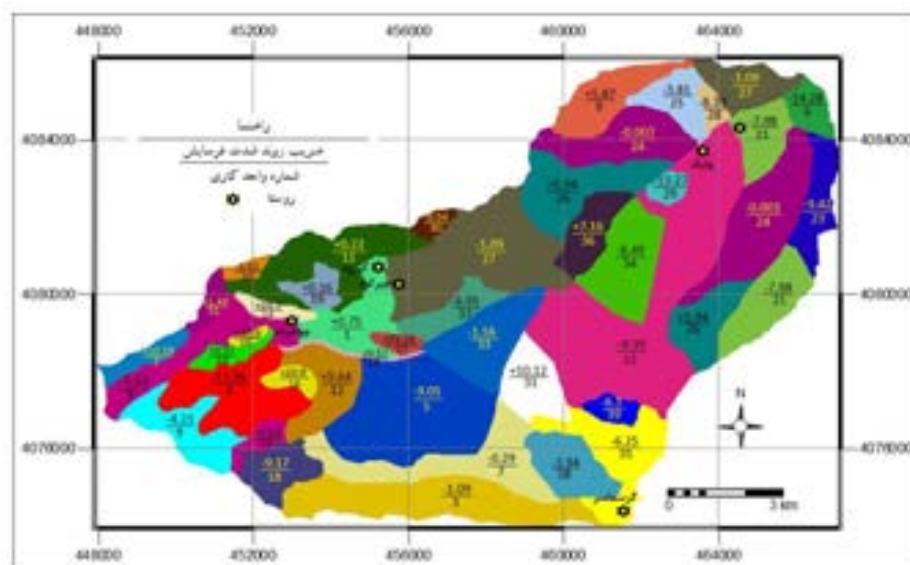


شکل ۳: نقشه‌ی شدت فرسایش در هر واحدکاری در پایه‌ی زمانی دوم.



شکل ۴: نمودار شدت فرسایش در هر واحد کاری در دو پایه‌ی زمانی مورد مطالعه.

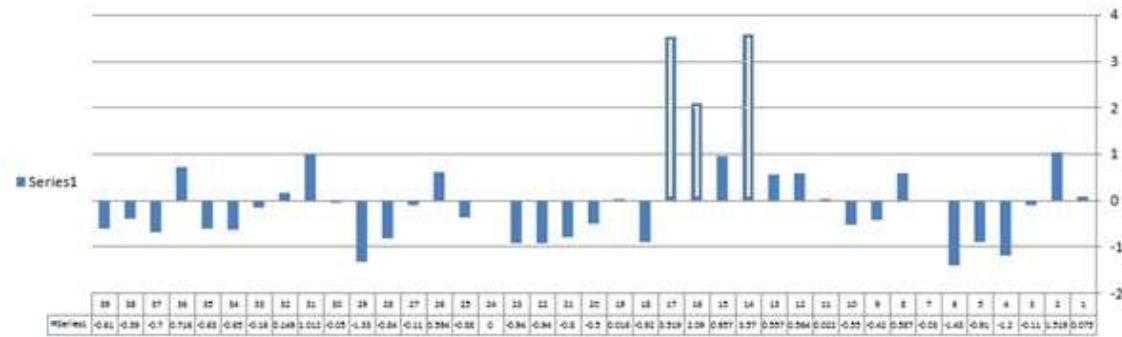
با مقایسه‌ی شدت فرسایش در هر واحد کاری در دو پایه‌ی زمانی قبل و بعد از اجرای طرح‌ها، نقشه‌ی روند شدت فرسایش در هر واحد کاری به صورت مثبت (افزایش فرسایش) و منفی (کاهش فرسایش) تهیه شد. شکل ۵، نقشه‌ی روند شدت فرسایش منطقه را در طی پایه‌های زمانی مورد مطالعه نشان می‌دهد.



شکل ۵: نقشه‌ی روند فرسایش در هر واحد کاری.

برای نمایش بهتر اختلاف اعداد مربوط به ضریب شدت فرسایش، تمامی این اعداد در نقشه‌های شدت فرسایش و نیز نقشه‌ی روند شدت فرسایش در عدد ۱۰۰۰ ضرب شده‌است. همان گونه که بر روی نقشه‌ی روند شدت فرسایش مشخص است در ۲۴ واحد کاری و در سطحی معادل ۱۰۲۹۲ هکتار، روند شدت فرسایش به صورت منفی بوده و در ۱۵ واحد کاری و در سطحی معادل ۳۲۵۹ هکتار، روند شدت فرسایش به صورت مثبت است. شکل ۶، نمودار تغییرات روند شدت فرسایش را نشان می‌دهد.





شکل ۶: نمودار تغییرات روند شدت فرسایش در هر واحد کاری.

## ۲-۴- نتایج آنالیز آماری

پس از تهیه نقشه‌ی شدت فرسایش در دو پایه‌ی زمانی، میانگین وزنی شدت فرسایش در هر واحد کاری محاسبه شد. با اجرای آنالیز مقایسه‌ی میانگین دو گروه وابسته (آزمون  $t$  جفتی)، چگونگی ارتباط بین میزان شدت فرسایش ویژه در دو پایه‌ی زمانی مورد آزمون قرار گرفت. در جدول ۱، نتایج حاصل از آزمون  $t$  جفتی آورده شده‌است.

جدول ۱: نتایج آزمون مقایسه‌ی شدت فرسایش در دو پایه‌ی زمانی مورد مطالعه.

	Paired Samples Test								
	Paired Differences						t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference					
			Lower	Upper					
Pair1 GM 1994 - Gm 2014	-22.282	1113.042	178.229	-383.088	338.524	-0.125	38	0.901	

نتایج بیانگر اینست که فرض  $H_0$  که در واقع برابری میزان شدت فرسایش ویژه در دو پایه‌ی زمانی را نشان می‌دهد، مورد قبول واقع می‌شود. دلیل این امر این است که میزان خطای محاسبه شده ( $\text{sig}=0.901$ ) بزرگ‌تر از میزان خطای احتمالاتی ( $\alpha = 0.05$ ) است؛ بنابراین، با دقت ۹۵ درصد می‌توان گفت که اجرای طرح‌ها به کاهش معنی‌دار شدت فرسایش ویژه در حوزه‌ی آبخیز صفارود منجر نشده‌است.

با استفاده از میزان رسوب خروجی از حوزه در یک دوره‌ی ۳۴ ساله (۱۷ سال قبل از اجرای طرح و ۱۷ سال بعد از اجرای طرح) و اجرای آزمون مقایسه بین دو گروه وابسته (آزمون  $T$  زوجی Paired-sample T Test)، چگونگی رابطه بین رسوب خروجی در دو پایه‌ی زمانی مورد آزمون قرار گرفت. در جدول ۲ نتایج این آزمون آورده شده‌است:

جدول ۲: نتایج آزمون مقایسه‌ی رسوب خروجی از منطقه در دو پایه‌ی زمانی مورد مطالعه

	Paired Samples Test								
	Paired Differences						t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference					
			Lower	Upper					
Pair1 S-old - S-new	3.729	27.52	6.674	-10.42	17.878	0.559	16	0.584	

همان گونه که در جدول مشخص است، خطای محاسبه شده ( $\text{sig}=0.584$ ) بزرگ‌تر از خطای احتمالاتی ( $\alpha = 0.05$ ) است؛ بنابراین، با دقت ۹۵ درصد می‌توان گفت که فرض  $H_0$  قبول می‌شود. در واقع بین رسوب خروجی از

حوزه‌ی آبخیز صفارود در دو پایه‌ی زمانی قبل و بعد از اجرای پروژه‌ها، تفاوت معنی‌داری وجود ندارد؛ از این رو، می‌توان گفت که اجرای پروژه‌ها نتوانسته است بر روی رسوب خروجی از حوزه تأثیر داشته باشد، یا اینکه در طول پایه‌ی زمانی دوم، فعالیت‌های تخریبی بیشتری در حوزه انجام شده که نقش مثبت پروژه‌ها در کاهش رسوب را به نوعی بی‌اثر کرده است (Fathullahi, 2009). در ارزیابی تأثیر اقدامات آبخیزداری در کاهش رسوب‌دهی حوزه‌ی آبخیز سد تهم بیان می‌دارد که اختلاف معنی‌داری در میزان رسوب‌دهی مورد مطالعه در قبل و بعد از اجرای طرح مشاهده نشده است. Eisazadeh و همکاران (2012) برای مقایسه‌ی مدل‌های تجربی MPSIAC و RUSLE با یکدیگر و با رسوب اندازه‌گیری شده، از آزمون مقایسه بین دو گروه وابسته استفاده کردند و مشخص شد که در میزان رسوب برآورد شده در مدل MPSIAC با رسوبات اندازه‌گیری شده در سطح خطای ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. با بررسی نمودار هیستوگرام شدت روند فرسایش (شکل ۶) مشخص می‌شود که شدت فرسایش در سه واحد کاری به شماره‌های ۱۴، ۱۶ و ۱۷ به ترتیب ۰/۳۵۷، ۰/۲۰۹ و ۰/۳۵۲ بوده که نسبت به سایر واحدهای کاری عدد نسبتاً بالایی است؛ از این رو، این سه واحد جمعاً با مساحت ۲۳۴/۵۴ هکتار (۱/۷۳ درصد از کل منطقه) به عنوان واحدهای خیلی حساس تشخیص داده شد. تشریح این واحدها در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳: مشخصات واحدهای کاری ۱۴، ۱۶ و ۱۷.

شماره واحد کاری	کد واحد کاری	نوع سازند	رخساره	شیب %	جهت جغرافیایی	مساحت ha
۱۴	۳۴۵۳	سازند جواهرده	فرسایش آبراهه‌ای	>۴۰	جنوبی	۷۵/۱۸
۱۶	۳۶۵۱	سازند جواهرده	فرسایش توده‌ای	>۴۰	شمالی	۱۰۴/۸۱
۱۷	۳۶۵۳	سازند جواهرده	فرسایش توده‌ای	>۴۰	جنوبی	۵۴/۵۵

همان گونه که در جدول مشخص است، میزان خطای محاسباتی ( $\text{sig}=0.046$ ) کوچک‌تر از میزان خطای احتمالاتی ( $\alpha = 0.05$ ) است؛ بنابراین، با دقت ۹۵ درصد فرض  $H_0$  - که در واقع برابری میزان شدت فرسایش ویژه در دو پایه -ی زمانی را نشان می‌دهد - رد می‌شود. تفسیر این قضیه اینست که تفاوت معنی‌داری بین شدت فرسایش در دو گروه در سطح ۳۶ واحد کاری مورد نظر وجود دارد و طرح‌های اجرا شده در این ۳۶ واحد کاری، در کاهش فرسایش به صورت مؤثر عمل کرده‌اند؛ بنابراین از نظر اولویت‌بندی برای برنامه‌ریزی در آینده، ابتدا باید واحدهای کاری شماره‌های ۱۴، ۱۶ و ۱۷ بررسی شود.

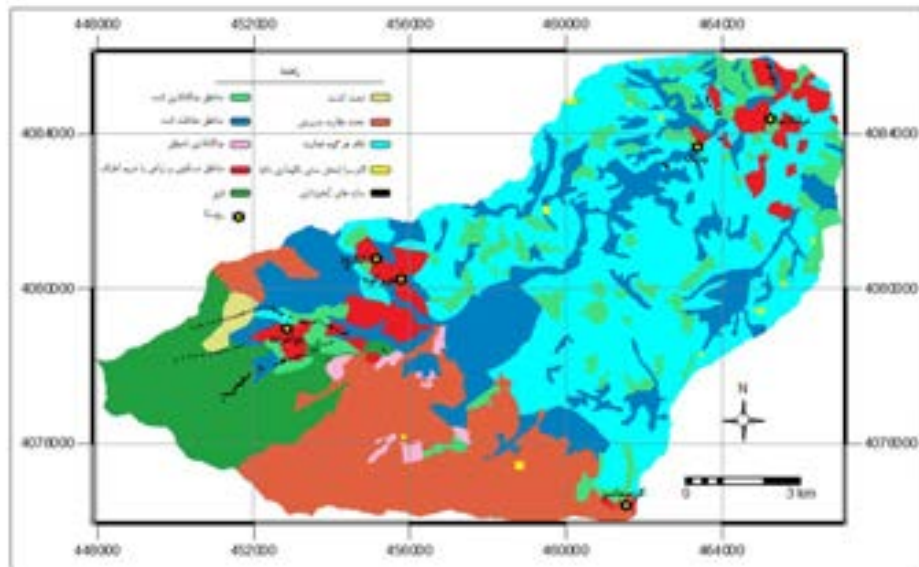
#### ۴-۳- ارزیابی طرح‌های اجرا شده

با انطباق نقشه‌ی روند شدت فرسایش بر نقشه‌ی طرح‌های اجرا شده، مشخص شد که در هر واحد کاری چه طرح‌هایی اجرا شده و روند شدت فرسایش در این واحدها چگونه است. با انطباق نقشه‌ی طرح‌های اجرا شده با نقشه‌ی روند شدت فرسایش و محاسبه‌ی درصد مساحتی از هر طرح - که در محدوده‌ی کاهش روند فرسایش (شدت فرسایش منفی) واقع شده بودند - و استفاده از رابطه‌ی ۱، وزن تأثیرگذاری طرح‌ها در کاهش شدت فرسایش در پایه‌ی زمانی مورد مطالعه محاسبه شد. در جدول ۵، درصد مساحت طرح‌ها در وضعیت افزایش و کاهش شدت فرسایش، اشکال ۷ و ۸ نقشه‌س طرح‌های اجرا شده و نمودار وزن تأثیرگذاری طرح‌ها در کاهش شدت فرسایش آورده شده است.

جدول ۵: درصد مساحت وضعیت مختلف روند شدت فرسایش در طرح‌های اجرا شده در منطقه.

درصد مساحت	مناطق حفاظتی با روند شدت فرسایش منفی ha	درصد* مساحت	مناطق حفاظتی با روند شدت فرسایش مثبت ha	طرح اجرا شده
۸۰/۹	۹۵۹/۴	۱۹/۰۹	۲۲۶/۴	مناطق جنگل کاری شده
۶۳/۲۴	۱۶۷۱/۸	۳۶/۷۵	۹۷۱/۴	مناطق حفاظت شده
۷۱/۲۶	۹۰/۱	۲۸/۷۳	۳۶/۳۳	جنگل کاری ناموفق
۶۶/۱	۵۰۱/۷	۳۳/۹	۲۵۷/۵	مناطق مسکونی- زراعی با حریم اطراف
۷۰	۱۰۳۳/۷	۳۰	۴۴۳	قرق
۷۵/۶۹	۷۳/۸	۲۴/۳	۲۳/۷	مناطق تحت کشت
۹۰/۹	۲۳۳۵/۵	۹/۱	۲۳۳/۷	تحت نظارت مدیریتی
۷۶/۸۲	۳۶۰۲/۷۶	۲۳/۱۶	۱۰۸۶/۱۱	فاقد هر گونه فعالیت

\*: درصد مساحت نسبت به مساحت هر طرح محاسبه شده است.



شکل ۷: نقشه‌ی طرح‌های اجرا شده در منطقه‌ی مورد مطالعه.



شکل ۸: نمودار وزن تأثیرگذاری طرح‌ها در کاهش شدت فرسایش.

همان گونه که در نمودار بالا مشخص است طرح مدیریت نظارتی، بیشترین وزن را در کاهش روند شدت فرسایش و طرح مناطق حفاظت شده، کمترین وزن را به خود اختصاص داد.

مناطق تحت مدیریت نظارتی مناطقی هستند که غالباً در مناطق مرتعی واقع شده‌اند و به دلیل بازخرید کردن دامداران و کاهش تعداد دام، شدت بهره‌برداری از آنها مثل سال‌های گذشته نیست. از نظر شرایط پوشش گیاهی در وضعیت مطلوبی قرار دارند و فقط تحت نظارت هستند. محدودیتی در استفاده از این مناطق وجود ندارد، ولی دیگر مثل سالیان گذشته دام و دامدار زیاد در این عرصه‌ها حضور ندارند.

مناطق حفاظت شده مناطقی هستند که دسترسی به آنها آسان‌تر است و بیشتر از سوی بهره‌برداران قابل توجه قرار می‌گیرد. این مناطق در طی دوره‌های مختلف با سیم خاردار محصور شده و در بعضی از مناطق هم به دلیل کمبود بودجه و نیروی انسانی کافی، حفاظت از آنها به صورت ممتد نبوده‌است.

#### ۴- بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از آنالیز آماری به روش T-Test نشان می‌دهد که در شدت فرسایش منطقه در دو پایه‌ی زمانی مورد مطالعه، تفاوت معنی‌داری دیده نمی‌شود؛ این بدین معنی است که اجرای طرح‌ها نتوانسته در میزان شدت فرسایش در منطقه، به صورت عملی تغییر معنی‌داری ایجاد کند. این نتیجه در شرایطی حاصل شده‌است که در ۲۴ واحدکاری از مجموع ۳۹ واحدکاری یعنی در سطحی معادل ۱۰۲۹۲ هکتار (۷۵/۹۵ درصد از کل منطقه)، روند شدت فرسایش منفی است؛ یعنی در این مناطق شدت فرسایش در طی دوره‌ی زمانی مورد مطالعه کاهش یافته و در ۱۵ واحدکاری از مجموع ۳۹ واحدکاری و در سطحی معادل ۳۲۵۹ هکتار (۲۴/۰۵ درصد از کل منطقه)، شدت فرسایش افزایش یافته‌است. چنین نتایجی مسوق به سابقه‌است. Ni و همکاران (2008) در ارزیابی شدت فرسایش خاک بر مبنای حداقل سطح و استفاده از اطلاعات زیست محیطی و تکنیک AHP در حوضه‌ی آبخیز رودخانه زرد چین در دو پایه‌ی زمانی پایان دهه‌ی ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ به این نتیجه رسیدند که ساختار اصلی توزیع فرسایش در منطقه، تغییر زیادی نیافته‌است. هر چند در فلات‌های لسی به دلیل اجرای فعالیت‌های حفاظتی، میزان فرسایش تا حدودی کاهش یافته ولی باز هم شدت فرسایش در این مناطق بالا بود. Nezami (2012) برای حفاظت خاک و کنترل فرسایش و رسوب در حوضه‌ی آبخیز ماسوله‌ی رودخان گیلان، به ارزیابی پروژه‌های آبخیزداری پرداخت و در تلفیق نتایج حاصل از بررسی کلیات فنی و مکانیکی و مقایسه آنها و اقدامات دفتری، تفاوت قابل مشاهده‌ای دیده نشد. Yasrebi و همکاران (2010)، Rafiq و همکاران (2011)، Wang و همکاران (2015) و Her و همکاران (2016) در تحقیقات مختلف برای ارزیابی عملکرد فعالیت‌های حفاظت آب و خاک، به نتایج مثبت این گونه فعالیت‌ها و Ahmadi و همکاران (2003)، Mohseni Saravi و همکاران (2009) فقدان تأثیرگذاری قابل توجه این گونه طرح‌ها در کاهش فرسایش و رسوب اشاره کردند.

با بررسی نمودار هیستوگرام شدت روند فرسایش (شکل ۶) مشخص می‌شود که شدت فرسایش در سه واحدکاری به شماره‌های ۱۴، ۱۶ و ۱۷ نسبت به سایر واحدهای کاری عدد نسبتاً بالایی است؛ از این رو، این سه واحد به عنوان واحدهای خیلی حساس تشخیص داده شد. واحدکاری شماره‌ی ۱۴ در مجاورت روستای جواهرده قرار دارد که چندین طرح در آن اجرا شده‌است، اما از اواخر دهه‌ی ۷۰ و اوایل دهه ۸۰ جاده‌ای در بالادست این واحد احداث شده‌است که این جاده تا مرتفع‌ترین کوه منطقه (کوه ساموس) ادامه دارد. مسیر این جاده در بالادست واحد شماره‌ی ۱۴ به فرسایش شدید در این واحد منجر شده‌است؛ بنابراین، مهم‌ترین دلیل بالابودن ضریب روند شدت فرسایش این واحد

وجود این جاده است. Fathollahi و همکاران (2009)، Sidle (2010) و Zemke (2016) جاده‌سازی را به عنوان پارامتری مؤثر در تولید رواناب و فرسایش در مناطق مورد مطالعه‌ی خود معرفی کردند. واحد شماره‌ی ۱۶ که در دو پلیگون در منطقه قرار دارد، در اطراف روستای جواهرده واقع شده و به دلیل حرکت‌های توده‌ای در سالیان اخیر، روند شدت فرسایش در این واحد افزایش یافته‌است. واحد شماره‌ی ۱۷ که قبل از روستای جواهرده و در حد فاصل جاده و رودخانه‌ی صفارود قرار گرفته‌است، دارای حرکت‌های توده‌ای می‌باشد که در طبقات شیب بالای ۴۰ درصد قرار گرفته‌است؛ به همین دلیل تنها طرح اجرایی در این واحد، حفاظت از آن است. Guerra و همکاران (2017) در تحقیقی به نقش عامل شیب در حرکت‌های توده‌ای همراه با تأثیر فعالیت‌های انسانی در فرسایش پرداختند. آنها پیشنهاد می‌دهند مدیریت ترکیبی و حفاظتی همراه با زهکشی مناطق می‌تواند در جلوگیری از فرسایش در این مناطق تأثیر داشته باشد.

#### فهرست منابع

1. Abbasi, M.; Mohseni Saravi, M.; Kheirkhah, M.; Khalighi Sigarodi, Sh.; & Gh. Rostamizad, 2010. Assessment Of Watershed Management Activities On Time Of Concentration And Curv Number Using Hec-Hms Model (Case Study: Kan Watershed, Tehran), *Journal of Range and Watershed Management, Iranian Journal of Natural Resource*, 63 (3), 375-385. (In Persian)
2. Aghanabati, A., 1999. Iran Jurassic Stratigraphy, *Publication of the Ministry of Industry and Mines, Geological Survey of Iran*, Tehran, 356 p.(In Persian)
3. Ahmadi, H.; Nazari Samani, A. A.; Ghodosy, J.; & M. R. Ekhtesasi, 2003. Presenting A Model For Assessing Watershed Design, *Journal of Natural Resources of Iran*, 56 (4), 350-337. (In Persian)
4. Ahmadi, H., 2006. Applied Geomorphology, (water erosion), *Tehran University Press*. (In Persian)
5. Ahmadi, H.; Maleki, M.; Jafari, M.; Ghodusi, J.; Azarnivand, H.; & M. Mosayebi, 2009. Quantification of qualitative geomorphology method for water erosion estimation (case study: three sub-watersheds of Latian Dam basin), *Iranian Journal of Natural Resources*, 61,775-795. (In Persian)
6. Alexakis, D.D.; Hadjimitsis, D.G.; & A. Agapiou, 2013. Integrated Use of Remote Sensing, GIS and Precipitation Data for The Assessment of Soil Erosion Rate in The Catchment Area of "Yialias" in Cyprus, *Atmospheric Research*, 131, 108-124.
7. Angabini, S., 2014. A new model of regional erosion and sediment at Jegin Watershed by comparing experimental models, geomorphology and intelligent systems (fuzzy logic, neural network). Ph.D. Thesis, *Science and Research Branch of tehran*. (In Persian)
8. Arab khedri, M., 2014. A review of water erosion intensity and sediment yield in Iran, *Extension and Development of Watershed Management*. tehran. 4 (2), 23-30. (In Persian)
9. Bihanta, M. R., & M. M. ZareChohouki., (2008). Principles of Statistics for The Natural Resources Science. *Tehran University Press*. (In Persian)
10. Eisazadeh, L.; Sokouti, R.; Homae, M.; & E. Pazira, 2012. Comparison of Empirical Models to Estimate Soil Erosion and Sediment Yield in Micro Catchments, *Eurasian Journal of Soil Science (Ejss)*, 1(1), 28-33.
11. Fathollahi, A., 2009. Assessment of the Effect of Watershed projects on Sediment Degradation in the Tahm Dam Basin, *5th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering (Sustainable Disaster Management)*, Gorgan. (In Persian)

12. Fathollahi, T.; Soleimani, K.; Clarestaghi, A.; Habibnejad, M.; Nourmohammadi, F.; Jarareh, K.; & P. Graei, 2009. Evaluating the Effect of Road Construction on Erosion in the CheshmehSardeh Al-Shater, Lorestan, *5th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering, Karaj, Iran Watershed Organization*. (In Persian)
13. Ghaffari, G.; Ahmadi, H.; Bahmani, A.; & A. A. NazariSamani, 2016. Assessing the Performance of Watershed Measures in Kann-Sulaghan Watershed, *Rangeland and Watershed Management, Iranian Journal of Natural Resources*, 70 (1), 169-180. (In Persian)
14. Guerra, A. J. T.; Fullen, M. A.; Jorge, M. C. O.; Bezerra, J. F. R.; & M. S. Shokr, 2017. Slope processes, mass movement and soil erosion: A review, *Pedosphere*, 27 (1), 27-41.
15. Haregeweyn, N.; Berhe, A.; Tsunekawa, A.; Tsubo, M.; & D.T. Meshesha, 2012. Integrated Watershed Management as an Effective Approach to Curb Land Degradation: A Case Study of the Enabered Watershed in Northern Ethiopia, *Environmental Management*, 50 (6), 1219-1233.
16. Her, Y.; Chaubey, I.; Frankenberger, J.; & D. Smith, 2016. Effect of Conservation Practices Implemented by USDA Programs at Field and Watershed Scales, *Journal of Soil and Water Conservation*, 71(3), 249-266.
17. Ishizaka, A., & A. Labib., (2011). Review of the Main Developments in the Analytic Hierarchy Process. *Expert Systems with Applications*. 38 (11), 14336-14345.
18. KashiZenouzi, L.; Ahmadi, H.; Saadat, H.; NazariSamani, A. A.; & M. Namdar, 2015. Assessment of Factors Affecting Water Erosion Based on Quantitative Geomorphology Model (Case Study: Zonouz Chai Watershed), *Iran Watershed Management Science & Engineering*, 9 (28), 49-53.(In Persian)
19. Khazar Consulting Engineers, 1994. Exploratory Studies - Implementation of Safarood Watershed Design (Safarood Watershed), *Volume 13: Synthesis Report and Integration*.
20. Krois, J., & A. Schulte., (2014). GIS-Based Multi-Criteria Evaluation to Identify Potential Sites for Soil and Water Conservation Techniques in the Ronquillo Watershed, Northern Peru. *Applied Geography*. 51, 131-142.
21. Maleki, M.; Ahmadi, H.; Jafari, M.; Ghodosi, J.; Azarnivand, H.; & M. Mosayebi, 2008. Quantification of Qualitative Geomorphology Method for Water Erosion Estimation Evaluation of (Case Study: Taleghan Watershed), – *5th National Seminar on Watershed Management, Agriculture and Natural Resource University, Gorgan, Iran*. (In Persian)
22. Malczewski, J., 2013. GIS and Multi-Criteria Decision Analysis. Predictive Translation, Parhizkar, A. & A. GhaffariGilandeh, , *Publication Side*. 597.
23. Mohammad Khan, Sh., 2009. Quantitative Estimation of Erosion and Sediment through GIS; Case Study of Latian Watershed., *Ph.D. Thesis, University of Tehran*. (In Persian)
24. Mohseni Saravi, M.; Hosseini, S.; Ahmadi, H.; & A. Najafinejad, 2009. Evaluation of Watershed Projects (Case Study: Viro Ramayan Basin) Iranian Natural Resources Magazine (not published), Article 6, Volume 61, Issue 3. (In Persian)
25. Ni, J. R.; Li, X.X.; & A. G. L. Borthwick, 2008. Soil erosion assessment based on minimum polygons in the Yellow River basin, China, *Geomorphology*, 93 (3), 233-252.
26. Nezami, M.T., 2012. Evaluation of Watershed Management Projects for Soil Conservation, Erosion and Sediment Control in Masooleh Roodkhan's Watershed, *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, www.irjabs.com, 3 (11), 2205-2208. (In Persian)
27. Rafiq, M.; Ahmad, M.; Iqbal, N.; Tariq, J.A.; Akram, W.; & M. Shafiq, 2011. Assessment of Soil Losses From Managed And Unmanaged Sites In A Subcatchment Of Rawal Dam, Pakistan Using Fallout Radionuclides, *Soil Conservation Measures On Erosion Control And Soil Quality*, p 73.
28. Rajesh, Ch.; Dibyendu, D.; Rabindra, N. B.; & M. Uttam Kumar, 2016. Analytic Hierarchy Process and Multi-Criteria Decision-Making Approach for Selecting The Most Effective Soil

*Archive of SID*

- Erosion Zone in Gomati River Basin, *ICWRCOE 2016 : 18th International Conference on Water Resources, Coastal and Ocean Engineering*, Kuala Lumpur, Malaysia. February 11-12.
29. Saaty, T. L., 2008. Decision Making With the Analytic Hierarchy Process, *International Journal of Services Sciences*, 1, 83-98.
30. Shabaniyan, R., Stratigraphy or LithoStratyography, 2015. *Payame Noor Press*, 131. (In Persian)
31. Sidle, R.C., 2010. Hydrogeomorphic Processes in Temperate and Tropical Forests: Effects of Land Use and Scale, *Geography Compass*, 4 (8), 1115-1132.
32. Wang, F.; Mu, X.; Li, R.; Fleskens, L.; Stringer, L.C.; & C. J. Ritsema, 2015. Co-Evolution of Soil and Water Conservation Policy and Human-Environment Linkages in the Yellow River Basin Since 1949, *Science of the Total Environment*, 508, 166-177.
33. Wu, Q., & M. Wang., (2007). A Framework for Risk Assessment on Soil Erosion by Water Using an Integrated and Systematic Approach. *Journal of Hydrology*. 337 (1), 11-21.
34. Yasrebi, B.; Nourmohammadi, F.; & H. Isanlou, 2010. Watershed management, Sustainable management of basins (quantitative assessment of gulgal watersheds - Ilam province), 6th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering, Faculty of Nour, Tarbiat Modares University. (In Persian)
35. Zemke, J.J., 2016. Runoff and Soil Erosion Assessment on Forest Roads Using a Small Scale Rainfall Simulator, *Hydrology*, 3 (3), 25.

## Estimation of Erosion and Sediment by Geomorphology Method for Assessing Watershed Management projects: A Case of Safaroud Watershed in Mazandaran Province

Amir palham Abbasi: *Ph.D student, Department of Watershed management, faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran*

Hasan Ahmadi<sup>1</sup>: *Professors, Department of Watershed management, faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran*

Shirin Mohammad Khan: *Assistant Professor, Department of Geography, University of Tehran, Iran*

Abolfazl Moeini: *Assistant Professor, Department of Watershed management, faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran*

Article History (Received: 2018/06/23

Accepted: 2019/01/05)

### Extended abstract

#### 1- Introduction

The degradation of natural resources in recent decades has led to increasing the erosion and an increase in the sediment production rates. Many activities are carried out at watershed level in order to control the destruction and decrease its effects. Assessment of watershed management projects is one of the most important issues performed today of implementation plans and natural resources management (Abbasi et al., 2010). Considering one of the most important goals of watershed management projects is the prevention of erosion and sedimentation and flood control, Therefore, using erosion estimation methods can be a good way to evaluate projects that are used in indigenous and regionally compatible methods. One of the methods for estimating the water erosion in Iran is Geomorphology (Ahmadi, 2006). This method has been examined and approved by various researchers including (Maleki, 2008, MohammadKhan, 2009, and Angebini, 2014) in different parts of the country. In this model, the erosion rate map can be prepared by determining the criteria and indicators affecting the erosion and the projects were evaluated by investigating the erosion map. In the present study, the effect of watershed management activities on erosion and sediment reduction in Safaroud watershed in Mazandaran province was evaluated using erosion intensity map through geomorphology model.

#### 2- Materials and Methods

Safaroud watershed is located in the west of Mazandaran province with a total area of 13551 hectares. In the present research, the implemented projects in the region were evaluated by geomorphologic method by providing the erosion intensity map. For this purpose, the erosion intensity map was prepared on two time bases before and after the implementation of the projects, the first time base was in 1994 and after the implementation of the projects, the second time base was in 2014, by Geomorphology method. AHP and GIS techniques were used to quantify the erosion intensity map. The erosion trend map in each homogeneous unit was prepared from the difference between the erosion intensity map at the second time base and the erosion intensity map at the first time base. The statistical analysis of the erosion and sediment data in two time bases studied was carried out by comparing the average values.

<sup>1</sup> Corresponding author [h-ahmadi@srbiau.ac.ir](mailto:h-ahmadi@srbiau.ac.ir)



### 3- Results

According to the erosion intensity map, it was determined that out of 39 homogeneous units, the erosion trend was negative in 24 homogeneous ones at the area of 10292 hectares. The erosion trend was positive for 15 homogeneous units at the area of 3259 hectares. The results of statistical analysis of the comparison between the specific erosion in the two time bases studied shows that with 95% accuracy level, that is to say, there is no significant difference between erosion in two bases before and after the implementation of the projects. The statistical analysis of the sediment output from the basin indicates, within the same 95% accuracy level, there was no significant difference between the sediment discharge from Safaroud watershed in the two time bases before and after the implementation of the projects.

### 4- Discussion & Conclusion

The results of statistical analysis of the erosion indicate that the implementation of the plans has not been able to significantly change the intensity of erosion in the region. This result is obtained in a situation where in the 24 homogeneous units of the total 39 homogeneous units, i.e. at the area of 10292 hectares (75.95% of the total area), the erosion trend is negative and the erosion has increased in 15 units of 39 homogeneous units totaled 3259 hectares (24.05% of the total area). By examining the histogram diagram of the erosion trend, it is found that the erosion in the three homogeneous units of No. 14, 16 and 17 were respectively 0.0357, 0.0209 and 0.0352 which were relatively high comparing to other units. Thus, these three units with a total area of 234.54 hectares (73.1 percent of the total area) were identified as very sensitive units. If we do not consider these three units in the statistical analysis and average comparison with 36 remaining units, the result of statistical analysis shows that there is a significant difference between the erosion in the two groups and the plans implemented in the region have been effective in reducing erosion. Therefore, these three units must first be investigated in terms of prioritization of homogeneous units for future planning. Homogeneous unit 14 due to road construction and, homogeneous units: No. 16 and 17 due to mass movements are also sensitive areas.

**Keywords:** Assessment, Geomorphology Method, Erosion Intensity, Safaroud, Watershed, Management Activities, AHP.