

## برآورد پتانسیل فرسایش رسوب خاک با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی در حوزه آبخیز، مطالعات منطقه‌ای

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۲۵

کد مقاله: ۵۶۷۳۳

ابراهیم جاویدی طلب<sup>۱</sup>، امید نوروزی انگنایی<sup>۲</sup>

علی جاویدی طلب<sup>۳</sup>

### چکیده

افزایش جمعیت و تغییر در الگوی مصرف مردم، بهره برداری بیشتر از منابع طبیعی خدادادی آب و خاک کشور را ایجاب می نماید. از سوی دیگر محدودیت منابع باعث می گردد تا در ازای این افزایش تقاضا، افزایش بهره وری و بالا بردن راندمان تولید به عنوان یک ضرورت اساسی مطرح گردد. اگرچه در دهه های اخیر افزایش بهره وری با اتکاء به رشد و توسعه علوم آب و خاک دچار تحولات شگرفی گردید، ولی متأسفانه تاکنون نتوانسته است جایگزین روش ساده افزایش بهره وری به ازای افزایش نیاز گردد. حاصل این کاستی، تشدید فرسایش و هدر رفت بخش زیادی از منابع آب و خاک و پوشش گیاهی کشور بوده که از عوارض آن می توان به نابودی عرصه های جنگلی، سیر قهقرایی مراتع، کاهش حاصلخیزی اراضی، بیابانی شدن عرصه های منابع طبیعی و کشاورزی اشاره نمود. در این مطالعه سعی شده است که ضمن بررسی وضعیت زمین شناسی حوضه، اقلیم، مطالعه فیزیوگرافی، هیدرولوژی و مورفولوژی با استفاده از داده های سنجش از دور و GIS و با یک روش ترکیب نگر رابطه بین واحدهای مورفولوژیکی و اشکال فرسایشی مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

واژگان کلیدی: پتانسیل خاک، فرسایش، رسوب، انگنایی، جی-آی-اس.

۱- فوق لیسانس مهندسی آب و سازه های هیدرولیکی (کارشناس واحد فنی-موسسه پایدارسازان)

۲- فوق لیسانس مهندسی آب و لیسانس مهندسی عمران (مسئول متره و برآورد واحد فنی-موسسه پایدارسازان)

۳- لیسانس مهندسی عمران (رئیس اجرایی پروژه احداث راه آهن چابهار- زاهدان قطعه دوم- موسسه پایدار سازان)

توجه جدی به مسایل فرسایش یکی از موضوعات مهم در محافل علمی و مورد عنایت محققین می باشد. یکی از موضوعاتی که در مسایل فرسایش مورد توجه قرار می گیرد بررسی اشکال فرسایش می باشد. همانگونه که اشاره شد استفاده ناصحیح از منابع آب و خاک باعث تشدید فرسایش و ایجاد لند فرمهای متنوعی می شود. این اشکال را می توان با توجه به عوامل عمده پدیدآورنده آنها به دو دسته فرسایش آبی و بادی تقسیم نمود. فرسایش آبی بیشتر اشکالی مانند فرسایش خندقی، فرسایش کنار رودخانه ای، فرسایش هزار دره و فرسایش بادی نیز نهشته های بادی و عوارض ماسه ای را ایجاد میکند. از آنجاییکه هر کدام این اشکال نشان دهنده میزان تخریب و فرسایش در سطح زمین می باشند بنابراین با پی بردن به محدوده هایی که این اشکال ظهور پیدا می کنند علاوه بر اینکه می توان بررسی های دقیق بر روی آنها انجام داد، برای آینده نیز چشم انداز و نگرش واقع بینانه تری برای مقابله با این اشکال پیدا نمود. بدون شک بررسی وضعیت کلیه اشکال فرسایش با اندازه گیریها و مشاهدات صحرائی نیازمند صرف وقت، انرژی و اعتبار بالاست، که عملاً بسیار مشکل می باشد. در عین حال بررسی پژوهشهای انجام شده در زمینه کاربردهای تصاویر ماهواره ای نشان می دهد، که بکارگیری روشهای پردازش رقومی اطلاعات ماهواره ای می تواند در دستیابی به اهداف این طرح و شناخت اشکال فرسایشی موثر باشد. زیرا تصاویر ماهواره ای به دلیل داشتن سری های زمانی، هزینه کم، پوشش زیاد و قابلیت پردازش رقومی می توانند اطلاعات مناسبی از وضعیت اشکال فرسایش در اختیار ما قرار دهند.

از سوی دیگر مطالعات ژئومورفولوژی پایه و اساس بررسی های منابع طبیعی حوزه های آبخیز به شمار می رود و از آنجا که زمینه کاری در حوزه های آبخیز بسیار گسترده بوده و علوم مختلفی از قبیل اقلیم شناسی، خاکشناسی، هیدرولوژی، اکولوژی، زمین شناسی و غیره دخالت دارند، جهت ایجاد هماهنگی و کنترل آنها نیاز به تهیه نقشه واحدی که جوابگوی تمام نیازها جهت شروع مطالعات باشد، لازم به نظر می رسد. در این راستا استفاده از نقشه ژئومورفولوژی منطقه ضروری می باشد. فرسایش اشکال متنوعی را بر روی زمین ایجاد می کند این اشکال متأثر از عوامل مختلفی می تواند باشد که از همه مهمتر می توان به نقش ژئومورفولوژی اشاره نمود. زیرا به نظر می رسد.

واحدهای ژئومورفولوژی، واحدهای همگنی می باشند که لزوماً با توجه به شرایط و عوامل دخیل در آنها اشکال خاص را به وجود می آورند. بنابراین پی بردن به رابطه بین ژئومورفولوژی حوضه و اشکال فرسایشی علاوه بر اینکه عوامل ایجاد اشکال را در واحد های ژئومورفولوژی بیان می کند، اولویت های اجرایی جهت کنترل فرسایش را نیز پیشنهاد می نماید.

فن استفاده از هوا و فضا برای جمع آوری اطلاعات زمینی و مطالعه و شناسایی این منابع بدون تماس فیزیکی با آنها، امروزه به عنوان تکنولوژی سنجنش از دور، به صورت گسترده مورد استفاده کشور های مختلف قرار می گیرد و در زمان های کوتاه، حجم قابل ملاحظه ای از اطلاعات زمینی جمع آوری گردیده که این اطلاعات اساس برنامه ریزی های مختلف را تشکیل می دهد. در ایستگاه های گیرنده زمینی برخی پردازش های اولیه برای جبران خطاهای تصویر برداری بر روی اطلاعات دریافت شده صورت می گیرد و تولیدات اطلاعات هوایی و فضایی به صورت فیلم و عکس با مقیاس های مختلف یا به فرم اطلاعات رقومی و قابل تفسیر با کامپیوتر و نرم افزار های خاص، برای مطالعه و شناسایی منابع زمینی تهیه و در اختیار استفاده کننده ها قرار می گیرد.

در این فصل (با توجه با اینکه حوضه مورد مطالعه با استفاده از GIS و RS مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته) سعی شده اطلاعاتی هر چند کلی در دو بخش اصول سنجنش از دور و تفسیر تصاویر ماهواره ای گرد آوری و جهت آشنایی بیشتر در اختیار خوانندگان قرار گیرد. سنجنش از دور دلالت دارد بر سنجدین اشیاء از یک فاصله؛ یعنی، تشخیص و اندازه گیری ویژگی ای از یک جسم بدون اینکه در تماس مستقیم با آن جسم باشیم.

سنجنش از دور علم و هنر به دست آوردن اطلاعات درباره یک شیء، منطقه یا پدیده از طریق تجزیه و تحلیل داده های حاصله به وسیله ابزاری است که در تماس فیزیکی با شیء منطقه و یا محدوده تحت بررسی نباشد.

وسیله ای که انرژی بازتابیده یا گسیل شده از یک شیء یا پدیده را آشکار سازی می کند "سنجنده" نامیده می شود. و وسیله ناقلی که سنجنده را حمل می کند "سکو" نام دارد. که معمولاً هواپیما یا ماهواره به عنوان سکو مورد استفاده قرار می گیرند. هر سیستم سنجنش از دور که از تابش الکترومغناطیسی استفاده می کند چهار قسمت اساسی دارد: منبع، برهم کنش با سطح زمین، بر هم کنش با جو زمین، و سنجنده.

- منبع: منبع تابش الکترومغناطیس می تواند طبیعی باشد، مانند نور بازتابیده خورشید یا گرمای گسیل شده از سطح زمین، یا مصنوعی باشد، مانند رادار میکروموج.

- برهم کنش با سطح زمین: مقدار و مشخصه های تابش گسیلی یا باز تابیده از سطح زمین است و به مشخصه های اشیای روی سطح زمین بستگی دارد.

- بر هم کنش با جو زمین: انرژی الکترومغناطیسی که از جو زمین عبور می کند برگردانده و پراکنده می شود.

- سنجنده: تابش الکترومغناطیسی که با سطح و جو زمین برخورد میکند و باز تابیده می شود به وسیله سنجنده ای مانند تابش سنج یا دوربین عکاسی ثبت می شود.

مکانیسم سیستم سنجش از دور به صورت زیر می باشد. عامل ارتباط بین قسمتهای اساسی سیستم سنجش از دور، انرژی الکترومغناطیسی است. از سه کمیت برای توصیف موجهای الکترومغناطیسی استفاده می شود، این سه کمیت عبارت اند از: طول موج که فاصله بین دو قله موج متوالی است؛ فرکانس یا بسامد که تعداد قله های موج گذرنده از نقطه ای معین در فضا در واحد زمان است؛ و سرعت که در یک محیط معین ثابت و برابر با نور است.

مطالعات کلی که در منطقه و در سطح استان انجام شده عبارتند از:

- ۱- سازمان جغرافیایی نیرو های مسلح (۱۳۳۴) نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ شوی که بخشی از حوضه مورد مطالعه را در بر می گیرد، تهیه کرده است.
- ۲- سازمان جغرافیایی نیرو های مسلح (۱۳۳۴) عکس های هوایی منطقه را در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تهیه کرده است.
- ۳- مهاجر شجاعی و همکاران (۱۳۶۰) نقشه منابع و قابلیت اراضی استان را تهیه کرده اند.
- ۴- سازمان جغرافیایی نیرو های مسلح (۱۳۷۶) چاپ دوم نقشه توپوگرافی میرده را که بخش دیگر حوضه در آن واقع شده است را تهیه کرده است.
- ۵- قصبیانی و معروفی (۱۳۷۸) ، طرح شناخت مناطق اکولوژیک کشور - پوشش گیاهی استان فارس را به انجام رسانده اند.
- ۶- تصاویر ماهواره ای منطقه توسط ماهواره لندست ۷، (۱۳۸۱) میلادی تهیه شده است.
- ۷- سازمان زمین شناسی کشور (۱۳۸۲) نقشه زمین شناسی آلوت را که بخشی از حوضه مورد مطالعه را در بر می گیرد تهیه کرده است.
- ۸- نقشه زمین شناسی اقلید که بخشی دیگر از منطقه مورد مطالعه را در بر می گیرد توسط زنده یاد مهندس علی حریری تهیه شده است.

و تنها کاری که به طور خاص و مدون در حوضه مورد مطالعه انجام شده رساله کارشناسی ارشد جناب آقای رستم پور در سال ۱۳۸۲ است که عوامل موثر بر حرکت دامنه ای حوضه را مطالعه کرده است.

بنابراین نگارنده جهت آشنایی بیشتر با روش تحقیق در موضوع خود (بررسی رابطه بین واحدهای ژئومورفولوژی و اشکال فرسایشی به مطالعه کارهای مختلف در حوضه های متفاوت کشور با استفاده از همین روش پرداخت، که به قرار زیر می باشد:

۱- شهاب الدین قوامی (۱۳۶۹) رساله کارشناسی ارشد خود را با عنوان بررسی رابطه ژئومورفولوژی با فرسایش ایران به انجام رسانده، روش تحقیق نامبرده استفاده از نقشه های توپوگرافی و زمین شناسی و مشاهده میدانی و مطالعه منابع کتابخانه ای بوده است. طبق تحقیقات ایشان اشکال ژئومورفولوژی حوضه عبارتند از فرسایش شیاری ، فرسایش آبراهه ای و بد لند یا هزار دره و پدیده لغزش نیز در منطقه مشاهده شده است. محقق عوامل سنگ شناسی ، خاک شناسی و اقلیم منطقه را در پدید آمدن این اشکال موثر دانسته و نوع رس منطقه را ایلیت کلروکائولینیت تشخیص داده که رسی است با قدرت آبیگری کم، لذا جریان سطحی در آن غالب و منجر به تشکیل شیارها می شود. طبق مطالعات ایشان بارش منطقه از نوع برف بوده، لذا خاک زمان بیشتری برای آبیگری در اختیار دارد و آب را در خود نگه می دارد و این عامل باعث به وجود آمدن پدیده لغزش در منطقه شده است. عارضه دیگر منطقه بد لند است که ۶۳ درصد آنها در دامنه های جنوبی مشاهده شده و دلیل آن آفتابگیری بیشتر دامنه های جنوبی و روان شدن آبراهه های با تراکم زیاد بر اثر ذوب برف بیان شده است.

۲- الیاس پرورش (۱۳۷۱) در رساله کارشناسی ارشد خود رابطه ژئومورفولوژی با فرسایش را در حوضه آبخیز گزیر شهرستان بندر لنگه (با تاکید بر فرسایش خندقی) مورد بررسی قرار داده است. روش مطالعه نام برده استفاده از نقشه های توپوگرافی منطقه، نقشه های زمین شناسی، مشاهده میدانی و مطالعه منابع کتابخانه ای است. طبق مطالعات ایشان خاک منطقه از نوع رس ورمی کولیت بوده و در آن میزان گچ و نمک، مخصوصا گچ بیش از ۵۰ درصد بیان شده است. این بافت باعث شده که خاک انحلال پذیری بالایی داشته باشد، در نتیجه دو رخساره ژئومورفولوژی غالب منطقه فرسایش خندقی و فرسایش هزار دره یا بد لند می باشند. طبق پژوهش های ایشان در قسمت دیگری از حوزه نیز که در منطقه پلایا قرار گرفته است فرسایش بادی وجود داشته که عارضه ژئومورفولوژی غالب این منطقه نیز نکا معرفی شده است.

۳- محمد فرجی (۱۳۷۳) پایان نامه کار شناسی ارشد خود را با عنوان بررسی رابطه شدت فرسایش و تولید رسوب با واحدهای ژئومورفولوژی (کیفی) و روشهای P.S.I.A.C و E.P.M. (کمی) در حوضه آبخیز بابا احمدی خوزستان به انجام رسانده است. در این تحقیق منطقه از نظر پستی و بلندی، شیب، جهت، اقلیم، سنگ شناسی، ژئومورفولوژی، خاک شناسی، پوشش گیاهی، فرسایش و تولید رسوب مورد بررسی قرار گرفته است بر اساس مطالعات ایشان در واحدهای کاری با رخساره توده سنگی هر اندازه شیب

کتر بوده سرعت رواناب محدودتر و آب فرصت نفوذ بیشتر را در درزها و شکافها پیدا کرده و این عامل اثر مثبت روی گسترش پوشش گیاهی و حفاظت خاک داشته است. و از سوی دیگر در مناطق بدون پوشش گیاهی باعث خزش یا لغزش قسمت هر چند کوچکی از خاک شده در نتیجه خاک را جا بجا کرده یا باعث فرسایش خاک شده است.

۴- محسن ملکی (۱۳۸۲) در رساله کارشناسی ارشد خود پیرامون فرسایش آبی با استفاده از روشهای ژئومورفولوژی در حوضه آبخیز طالقان رود به تحقیق و پژوهش پرداخته است. نام برده جهت پژوهش از نقشه های توپوگرافی، زمین شناسی و تصاویر ماهواره ای و همچنین نرم افزارهای GIS بهره برده است. بر اساس تحقیقات ایشان ۱۶ رخساره ژئومورفولوژی در منطقه مشاهده شده که عبارتند از: فرسایش آبراهه ای ضعیف، فرسایش آبراهه ای شدید، فرسایش انحلالی، فرسایش سطحی، فرسایش رودخانه ای، حرکات توده ای، تراست، بدلد یا هزار دره، دامنه منظم، بیرون زدگی سنگی، توده سنگی، آبراهه برفی، لغزشهای قدیمی، آبراهه برفی به همراه پشته های لغزشی، بیرون زدگی به همراه توده سنگی و فرسایش واریزه ای. نتایج به دست آمده نشان داده که از کل مساحت منطقه ۶/۲۵ درصد از کل حوضه دارای حساسیت ناچیز به فرسایش، ۷۱/۹۱ درصد حوضه دارای حساسیت کم، ۵/۵۰ درصد حوضه دارای حساسیت متوسط، ۶/۰۸ درصد حوضه دارای حساسیت زیاد و ۱۰/۷۱ درصد حوضه دارای حساسیت شدید به فرسایش می باشد.

## ۲- مواد و روش

۱- جمع آوری و تهیه اطلاعات و آمار مربوط به منطقه مشتمل بر اطلاعات و آمار مربوط به هواشناسی و اقلیم، توپوگرافی و زمین شناسی، ژئومورفولوژی، خاکشناسی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی و هیدرولوژی با استفاده از نتایج طرحهای توجیهی، تفصیلی و اجرایی انجام شده در منطقه تحقیق توسط واحدهای اجرایی واحد مدیریت آبخیز سازمان جهاد کشاورزی استان فارس، سازمان آب منطقه ای فارس و ادارات کل منابع طبیعی، محیط زیست و هوا شناسی فارس.

۲- مرور منابع و بررسی نتایج پژوهشی و مطالعاتی پیشین انجام شده در رابطه با موضوع تحقیق با استفاده از منابع کتابخانه ای در دانشگاهها و غیره.

۳- جمع آوری و تهیه نقشه های پایه مورد نیاز شامل نقشه های موقعیت مکانی تحقیق، توپوگرافی و فیزیوگرافی (شیب، ارتفاع، شبکه آبراهه ها) زمین شناسی و تصاویر ماهواره ای لندست

۴- وارد کردن نقشه های پایه و تصاویر ماهواره به محیط GIS.

۵- انجام تصحیحات هندسی و رادیومتریکی تصاویر ماهواره ای.

۶- انجام پردازش های لازم بر روی تصاویر ماهواره ای.

۷- مشخص کردن اشکال فرسایش آبی در منطقه تحقیق.

۸- تهیه نقشه ژئومورفولوژی.

۹- تلفیق لایه های اطلاعاتی ژئومورفولوژی و اشکال فرسایش.

## ۳- مسائل و مشکلات تحقیق

بدون شک انجام هر کار تحقیقی مسائل و مشکلات خاص خود را در پی دارد که رساله حاضر نیز از این مسئله مستثنی نمی باشد، مهم ترین مشکلات عبارت بودند از:

۱- صعب العبور بودن منطقه و عدم دسترسی آسان به حوضه به دلیل کوهستانی بودن.

۲- عدم وجود مطالعات جامع و کاربردی در حوضه.

۳- کمبود و ناقص بودن اطلاعات پایه.

۴- قدیمی بودن تاریخ عکس های هوایی که دقت مطالعات را کم می کرد.

۵- عدم دسترسی به برخی اطلاعات به دلیل مرزی بودن منطقه.

## ۴- موقعیت حوضه مورد مطالعه

موقعیت حوضه مورد مطالعه با استفاده از نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ مشخص و از طریق تصاویر ماهواره ای و بازدیدهای صحرائی کنترل گردید. اقلید واقع در طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۷۲ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۹۰ دقیقه و بلندی حد اقل ۲۳۰۰ متری از سطح دریا می باشد. از لحاظ تقسیم بندی استانی جزو استان فارس، شهرستان اقلید محسوب می شود. منطقه مورد مطالعه دارای آب و هوای کاملاً کوهستانی با زمستان های سرد و پوشیده از برف و تابستان های معتدل است آن چنان که حداقل برودت هوا در زمستان بیش از ۳۰ درجه سانتیگراد و حد اکثر درجه حرارت آن در تابستان بیش از ۴۰ درجه سانتیگراد می

رسد. میانگین بارندگی سالیانه در منطقه از ۳۵۰ تا ۶۵۰ میلی متر در سال متغیر است و رطوبت نسبی آن نیز از ۱۴ تا ۹۵ درصد است. این وضعیت آب و هوایی حاکم باعث شده است پوشش گیاهی جنگلی - نیمه جنگلی در قسمتهایی از منطقه توسعه یابد که به سمت جنوب و جنوب غرب گسترده شده در حالیکه در مناطق شمال و شمال شرقی، خشک و تپه‌ای از پوشش گیاهی است و تنها در پیرامون روستاها که بطور عمده درون دره‌ها جای دارند و اطراف چشمه‌های آب می‌توان گواه بر درختکاری بود. منطقه مورد مطالعه قسمت‌هایی از دو نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اقلید را در بر می‌گیرد. منطقه از نظر تقسیمات کشوری جزء استان فارس و شهرستان اقلید محسوب می‌شود.

این فصل در دو بخش زمین‌شناسی ساختمانی (تکتونیک) و چینه‌شناسی، تفکیک شده است. در مبحث تکتونیک فازهای مهم کوهزایی، گسل‌ها و چین‌خوردگی‌ها و در مبحث چینه‌شناسی واحدهای سنگی حوضه، سن و جنس آن‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است.



شکل ۱ - موقعیت استان در نقشه ایران

از دیدگاه مورفولوژی مناطق میانی حوضه مورد مطالعه که به طور عمده از سنگ‌های آواری و آتشفشانی کرتاسه پدید آمده اند، دارای توپوگرافی ملایم و به صورت تپه‌های کم ارتفاع با سطوح فرسایش هموار است. بخش‌های آهکی و دولومیتی کرتاسه زیرین و الیگو - میوسن فرسایش خشن دارند و مناطق مرتفع را در بخش‌های شمالی، جنوبی، غربی و جنوب غربی ورقه می‌پوشانند. توده‌گرانیتهی حسن سالاری نیز بخش‌هایی خشن و مرتفع را در جنوب حوضه تشکیل داده است. در بخش‌های شرقی و جنوب شرقی نیز که سنگ‌های دگرگونی قدیمی گسترش دارند، بخش‌های شیستی توپوگرافی به نسبت خشنی دارند ولی نهشته‌های شیلی سازند کهر(کاهار) توپوگرافی ملایمی را به صورت تپه‌های کم ارتفاع نشان می‌دهند. در این منطقه توده‌گرانیتهی نیز توپوگرافی خشن تری را نسبت به سنگ‌های پیرامون نشان می‌دهد.

بلندترین ارتفاع منطقه کوه وزنه می‌باشد که منطبق با تراست اصلی است که در آن واحدهای پرکامبرین و پالئوزوئیک بر روی نهشته‌های مزوزوئیک رانده شده است. به جز واحدهای سخت آهکی و ماسه سنگی، دیگر واحدها، شکلی همسان را به نمایش می‌گذارند. دره‌هایی که در نتیجه حفر رودخانه‌ها پدید آمده‌اند علاوه بر فرسایش ناشی از جریان‌ات آب، تابع شرایط تکتونیک و عملکرد گسل‌ها هستند، به طوری که حتی در مناطق یکنواخت از نظر لیتولوژی، همچون فیلتهای کرتاسه که پهنای گسترده‌ای را اشغال کرده‌اند و در مناطق پویای تکتونیک که گسل‌های خطی پر شیب وجود دارد، دره‌های ژرف و خطی با پیچ و خم‌هایی با طول موج کوتاه، در مسیر رودها واقع شده‌اند. نهشته‌های مربوط به دوران دوم با دولومیت‌های تریاس شروع و نهشته‌های آواری سازند شمشک با یک فاز فرسایشی بر روی آنها قرار می‌گیرد. نهشته‌های مربوط به آغاز کرتاسه در محدوده حوضه حضوری چشمگیر دارند و اغلب دارای رخساره آواری و آتشفشانی هستند. سنگ‌های آتشفشانی ائوسن و نهشته‌های آذر آواری وابسته به آن در این منطقه رخنمونی قابل توجه ندارند، در حالیکه نهشته‌های کربناته الیگو - میوسن حضوری چشمگیر دارند و بیشتر ویژگی‌های زون البرز - آذربایجان را نشان می‌دهند.

آرایش و نوع آبراهه‌ها در گذار از سازندهای همسان متفاوت از نظر سنگ‌شناسی تغییر می‌کند، آن چنان که گستره‌های شیستی پرکامبرین و فیلتهای کرتاسه که بیشتر رخنمون‌های سنگی را می‌سازند حالت دندریتهی دارند در حالیکه در محل سازندهای سخت مانند آهک‌ها و دولومیت‌های پالئوزوئیک و یا کرتاسه آبراهه‌ها به شدت تابع تکتونیک‌اند و بیشترشان به صورت عمود بر این طبقات آنها را قطع کرده و به سوی ارتفاعات پایین‌تر سرازیر می‌شوند. آبراهه‌های دندریتهی که پیدایش آنها فزون بر جنس سنگ تابع عواملی نظیر شیب و جهات ساختمانی نیز است فاقد جهات اصلی‌اند و به طور عموم وابستگی با یکدیگر ندارند. مسیر آنها نامنظم است بگونه‌ای که آبراهه‌های فرعی می‌توانند با هر زاویه‌ای به جریان اصلی وارد شود.

در یک تقسیم بندی کلی سنگ‌ها را از روی منشا و صفات آنها به سه دسته بزرگ تقسیم می‌کنند:

۱ - دسته سنگ‌های درونی یا سنگ‌هایی که منشا درونی دارند و از انجماد ماده مذاب درونی یا ماگما حاصل شده‌اند. مثل گرانیته (سنگ خارا) یا بازالت (سیاه سنگ).

۲- دسته سنگ های بیرونی یا رسوبی که از اثر نیروهای خارجی از قبیل جریان های دائم یا موقت آب، باد، یخچال، یا موجودات زنده و فعل و انفعال شیمیایی و مکانیکی پدیدار گشته و عناصر متشکله آن همگی از پوسته جامد زمین حاصل گشته اند مثل آهک، گچ، سیلکس (سنگ آتش زنه) و شپست یا شیل.

۳- سنگ های دگرگونی که ممکن است از منشا اولیه رسوبی یا آذرین باشند، ولی بعدها در اثر حرارت و فشار تغییر وضع بدهند. مثل مرمر، گنیس و مکاشیست<sup>۱</sup>.

از سوی دیگر تعیین سن سنگ ها از نظر ژئومورفولوژی مهم بوده و شناسایی ماهیت و سرشت سنگ اهمیت دارد از این نظر تقسیم بندی سنگ ها از نظر ژئومورفولوگ ها براساس اشکال ناهمواری هایی که روی آنها ایجاد می شود انجام گرفته که با تقسیم بندی زمین شناسان تا حدودی اختلاف دارد.

از نظر ژئومورفولوژی سنگ ها به سه گروه زیر تقسیم می شوند:

۱- سنگ های رسوبی

۲- سنگ های متبلور

۳- سنگ های آتشفشانی<sup>۲</sup>

در منطقه مورد مطالعه از نظر زمین شناسی هر سه نوع سنگ آذرین، رسوبی و دگرگونی مشاهده شده است. از مهم ترین سنگ های هر گروه میتوان به گرانیت در گروه سنگ های آذرین، شیل در گروه سنگ های رسوبی و گنیس و میکا شپست در گروه سنگ های دگرگونی اشاره کرد. و از نظر تقسیم بندی ژئومورفولوژی دو گروه سنگ های متبلور و رسوبی در حوضه وجود دارد.

## ۵- عوامل موثر در فرسایش خاک

فرسایش عبارت است از کنده شدن و جا به جایی تدریجی خاک دانه ها و مواد موجود در سطح زمین در اثر عوامل مختلف چون آب، باد، نیروی ثقل و غیره و از جمله عوامل موثر در فرسایش خاک که توسط انسان به وجود می آید مواردی مانند: استفاده نادرست از زمین<sup>۳</sup> و در نتیجه آن فرسایش تشدید<sup>۴</sup> را می توان نام برد. عوامل پایه مانند: ویژگی های خاک<sup>۵</sup>، شیب<sup>۶</sup>، شدت بارش، پوشش گیاهی<sup>۷</sup> و زمین شناسی<sup>۸</sup> تعیین کننده فرسایش خاک حوضه آبریز هستند. به طور کلی عوامل عمده فرسایش خاک در حوضه مورد مطالعه به شرح زیر است:

۱- بارش<sup>۹</sup>: قطرات باران در برخورد با خاک، خاکدانه ها را متلاشی نموده و موجبات جا به جایی سریع خاک را فراهم می کنند. کاهش نفوذ پذیری در این مرحله موجب تسریع فرسایش می شود.

۲- باد<sup>۱۰</sup>: رطوبت خاک در اثر باد، تبخیر می شود و در نتیجه خشکی خاک چسپندگی ذرات خاک کم شده و فرسایش ایجاد می شود.

۳- یخچال<sup>۱۱</sup>: در مناطق یخچالی به علت پایین بودن درجه حرارت محیط و عدم فعالیت میکروارگانیسم های خاک و عدم وجود خاک حاصلخیز فرسایش ایجاد می شود.

۴- بهمن<sup>۱۲</sup>: برف موجود بر روی شیب های تند (۳۰ تا ۶۵ درجه) به سمت پایین به حرکت در می آید و موجب حمل و جا به جایی خاک می شود.

۵- نیروی ثقل<sup>۱۳</sup>: توده های خاک در اثر جذب آب، سنگین می شوند و تحت تأثیر نیروی ثقل به حرکت در می آیند.

۶- انسان<sup>۱۴</sup>: عملیاتی مانند جاده سازی و بهره برداری از معادن و اقدامات جنگی سبب نابودی خاک و به هم زدن تعادل هیدرولوژیک و بیولوژیک در طبیعت می شود.<sup>۱۵</sup>

فرایند ها و محصولات و اشکال فرسایشی متداول در حوضه:

۱- معتمد، ۱۳۸۲، زمین شناسی عمومی، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۱۰۹.  
۲- احمدی، ح، ۱۳۶۷، ژئومورفولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۳۸.

3- Landuse  
4- Accelerated erosion  
5- Soil characteristics  
6- Slope  
7- Canopy cover  
8- Geology  
9- Rain  
10- Wind  
11- Glaciers  
12- Avalanche  
13- Gravity  
14- Man

۱۵- رفاهی، ح، ۱۳۸۲، فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۵۶.

پیش از پرداختن به معرفی محصولات و اشکال فرسایشی متداول در حوضه، ضروری است هر یک از فرایندهای ایجاد کننده آنها، شناسایی و معرفی گردند.

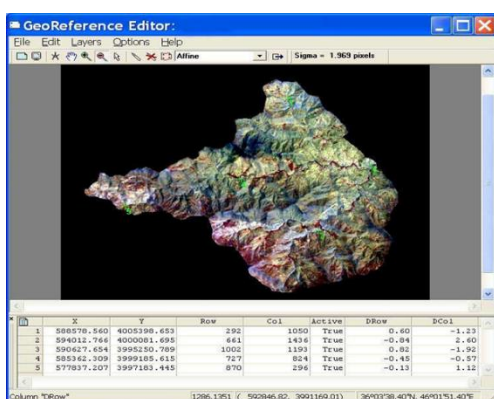
بر پایه بررسی های به عمل آمده می توان از دید کلی برای محصولات و فرایندهای فرسایشی رایج در منطقه، سه منشاء به شرح زیر قائل شد:

- ۱- فرایندهای با منشاء هوازدگی.
- ۲- فرایندها و محصولات مرتبط با رخدادهای زمین ساختی.
- ۳- فرایندها و محصولات ناشی از واریزه های کوهپایه ای.

## ۶- نتیجه گیری و بحث

### ۱-۶- تصحیح خطاهای هندسی

تصاویر ماهواره ای دارای خطاهای هندسی ناشی از سیستمهای شناسایی کننده، جاروب کننده ها و یا خود ماهواره و گردش زمین و غیره می باشند لذا در این قسمت هدف بازیافت و تصحیح هندسی به منظور ایجاد تصویری است که با یک رفرنس و مبنا مانند نقشه توپوگرافی تطابق داشته باشد و بتوان بین سیستم مختصات تصویر و سیستم مختصات جغرافیایی، با استفاده از داده های کالیبراسیون و نقاط کنترل ارتباط برقرار نمود. در این تحقیق برای افزایش دقت تطابق هندسی از ۵ نقطه با پراکنش مطلوب در سطح منطقه برای تصویر و با معادله آفین با دقت ۱/۹۶ تعیین شد، شکل (۲).



شکل ۲- تصحیح خطای هندسی در سطح منطقه

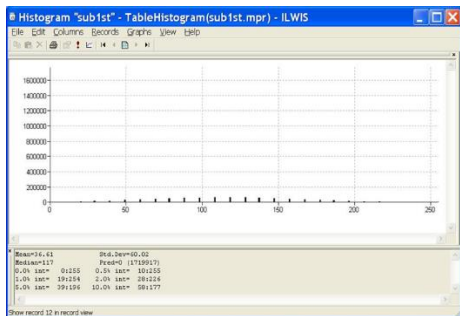
### ۲-۶- بارز سازی تصویر

بارز سازی تصویر شامل فرایندهای ارتقاء کیفیت تصویر به سطحی بالاتر و بهتر جهت استخراج الگوها یا تفسیر می باشد. به عبارت دیگر هدف از بارز سازی تصویر، بهبود بخشیدن به تصویر به وسیله افزایش خصوصیات مهم طیفی و یا مکانی تصویر و از بین بردن ویژگی های غیر ضروری اضافی جهت تعبیر و تفسیر دیداری می باشد. رایج ترین شیوه های بارز سازی تصویر به شرح ذیل تقسیم بندی می شوند:

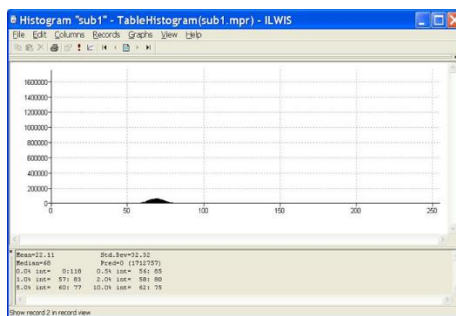
- بهبود کنتراست در درجات خاکستری تصویر
- بارز سازی مکانی
- بارز سازی اطلاعات چند تصویری

### ۱-۲-۶- بهبود کنتراست در درجات خاکستری تصویری

عمل بهبود کنتراست در واقع قابلیت نمایش تصویر را در مقیاس خاکستری افزایش می دهد. عموماً کلیه تصاویری که از ماهواره های لندست بدست می آید نیازمند این عمل می باشند. تصاویر خام معمولاً خیلی تاریک یا خیلی روشن می باشند و توانایی تفکیک عوارض را به خوبی میسر نمی سازند. شکل (۲-۱۰) هستوگرام باندهای ۱ و ۲ در تصاویر ETM+ را بدون بارز سازی نشان می دهد. به عنوان مثال باند یک محدوده بین ۵۵ الی ۸۰ را اشغال کرده که فقط شامل ۱۰٪ محدوده خاکستری می باشد. در این تحقیق برای افزایش کنتراست از روش کنتراست خطی برای کلیه باندها استفاده شد. شکل (۳) هستوگرام باندهای ۱ و ۲ را بعد از بارزسازی به شیوه خطی نشان می دهد.



شکل ۴- هیستوگرام باندهای ۱ و ۲ در حوضه مورد مطالعه بعد از بارز سازی



شکل ۳- هیستوگرام باندهای ۱ و ۲ در حوضه مورد مطالعه بدون بارز سازی

### ۳-۶- شاخص پوشش گیاهی

نقشه شماره (۵) منحنی بازتاب پوشش گیاهی و خاک منطقه را در باندهای قرمز و مادون قرمز انعکاسی نشان می‌دهد به طوری که پایین‌ترین مقادیر بازتاب مشخص‌کننده بیشترین کلروفیل هستند. باند چهار بازتاب طول موج قرمز انعکاسی توسط شبکه ساختمانی برگها را نشان می‌دهد به طوری که بیشترین مقادیر، مشخص‌کننده بیشترین رشد گیاهی است. این روش بر اساس خواص بازتابی مناطق گیاهی در مقایسه با ابر و آب و برف در یک باند و سنگ و خاک لخت در باندهای دیگر است. زیرا ابر، باد و برف دارای کمترین بازتاب در باند قرمز و سنگ و خاک لخت در هر دو قسمت بازتاب یکسانی دارند. ریچاردسون و اوریت (۱۹۸۸) شیوه ذیل را برای محاسبه شاخص گیاهی توضیح داده‌اند.

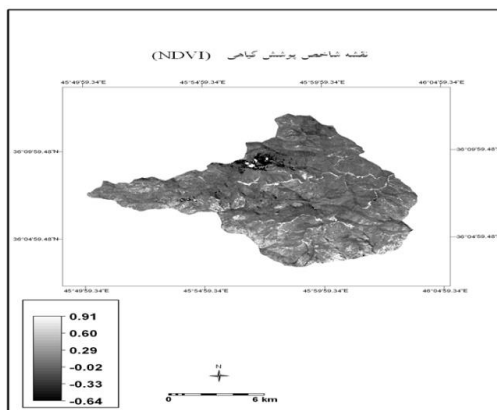
$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$$

که در آن:

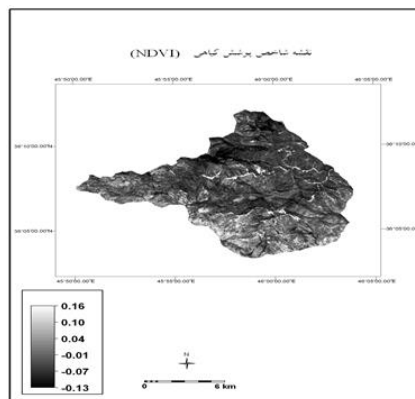
NIR باند مادون قرمز نزدیک

R باند قرمز

می‌باشد. مقدار NDVI از +۱ تا -۱ می‌باشد. بالاترین مقدار نشان‌دهنده بیشترین میزان تراکم پوشش گیاهی می‌باشد و پایین‌ترین مقدار عوارضی نظیر آب و برف و نزدیک به صفر خاک لخت را نشان می‌دهد. نقاط روشن دارای NDVI بالا و نقاط تیره رنگ دارای NDVI پایین می‌باشند.



نقشه ۶- شاخص پوشش گیاهی بعد از بارز سازی



نقشه ۵- شاخص پوشش گیاهی

### ۷- بحث

- واحد زمین‌شناسی گرانیت در حوضه مورد مطالعه عمومیت دارد بنابراین اشکال پشت اسبی عارضه غالب منطقه است، در روی این عارضه واریزه‌های سنگی دیده می‌شود که علت ایجاد آنها اختلاف زیاد دمای شب و روز و همین‌طور اختلاف دما و رطوبت زیاد طی فصول مختلف در حوضه است.
- واحد زمین‌شناسی دیگری که در منطقه غالب است شیست می‌باشد، وجود این واحد در حوضه مناطق وسیع و منظمی را ایجاد کرده که دارای دره‌های عمیق و همین‌طور واریزه‌های هستند این نواحی اغلب دارای پوشش گیاهی هستند.



- نهشته های این واحد زمین شناسی خالص بوده و به علت نداشتن املاح در مقابل فرسایش آبی مقاوم هستند بنابراین اشکال هزار دره به ندرت بر روی این واحد در حوضه مورد مطالعه دیده می شود.
- اغلب سنگ های حوضه غیر قابل نفوذ بوده ولی خاک هایی که از تخریب این سنگ ها به وجود می آیند می توانند آب را از خود عبور دهند بنابراین قسمت های بالایی دره ها فاقد جریان آب بوده و خشک می باشد اما قسمت هاب پایین دست دارا جریان آب و چشمه های متعدد می باشند.
  - در مطالعه حاضر شکل آبراهه از نوع شاخه درختی تشخیص داده شده است، این نوع زهکشی در سازند های رسی، مارنی، شیست های دگرگونه، ماسه سنگها و توده های آذرین و گرانیت به وجود. در تحقیق حاضر سازندهای منطقه از نوع شیستهای دگرگونی، توده های آذرین و گرانیت تشخیص داده شد. بنابراین ارتباط منطقی بین واحدهای زمین شناسی و شکل آبراهه در حوضه مورد مطالعه وجود دارد.
  - عامل بارندگی در حوضه مورد مطالعه به علت کوهستان های بلند در زمستان صعود دینامیکی و در بهار همرفتی می باشد که بارندگی های بهار اغلب باعث فرسایش سطحی در حوضه و بارندگی های زمستان به علت ارتفاع زیاد برف بوده بنابراین فرسایش غالب در این فصل تخریب مکانیکی و ایجاد واریزه ها در حوضه است.
  - اختلاف دمای زیاد شب و روز در حوضه مورد مطالعه باعث رویش پوشش گیاهی از نوع مرتع در حوضه شده است این پوشش گیاهی در دامنه های رو به جنوب و غرب به دلیل تخییر و تفرق زیاد و در نتیجه کاهش رطوبت خاک تنک تر از دامنه های رو به شمال و شرق است بنابراین دامنه های جنوبی و غربی بیشتر در معرض فرسایش هستند.
  - در واحد ژئومورفولوژی کوهستان، در حوضه مورد مطالعه شیب های رو به شمال شدید تر و کوتاه تراند و شکاف و گسیختگی کمتری دارند در حالیکه در جهت رو به جنوب به دلیل فرسایش بیشتر در طول زمان شیب ها ملایم تر و کوتاه ترند.
  - در حوضه مورد مطالعه در جهت رو به جنوب و غرب به دلیل گرمای بیشتر، سرعت ذوب برف شدیدتر است. در این مناطق برف مدت کمتری روی زمین می ماند و ذوب آن به تدریج در طول زمستان و اوایل بهار انجام می گیرد و به همین دلیل جریان زمستانی رودخانه در این مناطق بیشتر و جریان بهاره آن یکنواخت است. در حالیکه در حوضه های با جهت رو به شمال و شرق دوام برف در زمستان بیشتر و عمق و تراکم آن زیادتر است. در این مناطق ذوب برف عمدتاً در بهار انجام می گیرد و بر اثر آن غالباً جریان بهاره رودخانه ها از جریان زمستانی آن بیشتر و احتمال بروز سیل های بزرگ به دلیل انباشتگی برف زمستانی و بروز گرمای ناگهانی در بهار نیز زیاد تر است.
  - در واحد ژئومورفولوژی تپه ماهور در دامنه های منظم و با شیب کم کشاورزی امکان پذیر است، اما چون کشاورزی در حوضه از نوع دیم است و در بیشتر ایام سال خاک رها شده، بنابراین حداکثر فرسایش در خاک منطقه حاصل شده است.
  - پراکندگی واحد کوهستان بیشتر در مناطق شمالی - جنوبی و بخش غربی حوضه می باشد و اشکال ژئو مورفولوژی متداول بر روی این واحد، آبراهه های موازی و دندریتی، اشکال گیلویی، در ه های مستقیم و ۷ شکل و واریزه های دامنه ای می باشند.
  - واحد تپه ماهور بیشتر در حوالی خروجی حوضه واقع گردیده است و حد گسترش آن نسبت به واحد کوهستان کم و محدود است این واحد مبتنی بر خصوصیت انتظام دامنه ها و واحد زمین شکل شناسی به دو تیپ تپه ماهوری با دامنه های منظم و نا منظم تفکیک گردید.
  - تیپ رسوبات بستر رودخانه منطبق بر امتداد آبراهه ها، به صورت شبکه ای از نوار های باریک و کشیده در نمای گستره حوضه توسعه و پراکندگی دارد. در این واحد رخساره های فرسایشی شیبی، کناره ای و خندقی غالب است.
  - در حوضه مورد مطالعه تناوب یخ بستن و ذوب شدن آب در فضای بین شکستگی های موجود در سنگ، عمدتاً بر مناطق پرتگاهی و رخنمون های سنگی برخوردار از ضریب خردشدگی بالا محدود می گردد اشکال تخریبی ایجاد شده در این رخنمون تابعی از جنس سنگ است به این صورت که روی سنگ های مقاوم نظیر توده های گرانیتی دارای بافت درشت دانه و زاویه دار هستند و روی سنگ های نامقاوم نظیر اسلیت و فیلیت دارای بافت ماسه ای تا گراولی هستند و در ترانشه ها (محل احداث جاده ها) و شیب های تند این عناصر اشکالی از نهشته های واریزه ای را ایجاد نموده اند.
  - سرد و گرم شدن تناوبی سنگها در شب و روز در حوضه مورد مطالعه به طور اخص وابسته به حضور آب و رطوبت در محیط است. حوضه عمل و عمق تأثیر این فرایند بیشتر سطوح سخت و عاری از پوشش گیاهی در رخنمون های توده سنگی است. تأثیر این عامل فیزیکی در ارتفاعات و مناطق با درجه برودت پایین تر، بیشتر می باشد.
  - تخریب فیزیکی در نتیجه نیروی آب در حوضه مورد مطالعه در جریان های هرز آبی به علت پایین بودن حجم آب و سرعت جریان آن عمل شستشوی سطحی و فرسایش ورقه ای به وقوع می پیوندد. و در جریان های خطی و آشفته

رودخانه عمل فرسایش به صورت سایش، گرد شدگی، تخریب بستر، ایجاد دره های عمیق، فرسایش کناره ای و ریزش دیواره ها رخ می دهد.

- در تخریب فیزیکی در نتیجه نیروی آب، ریزش های جوی به صورت برف به دلیل ذوب تدریجی و نفوذ به طبقات زیرین فرصت لازم جهت جاری شدن و ایجاد جریان آشفته را به دست می آورد. متناسب با کاهش دما از نواحی شرقی به طرف مناطق مرتفع غربی و شمال غرب به وسعت، ضخامت و طول دوره استقرار پوشش برفی افزوده می گردد.
- بارزترین اشکال فرسایشی ناشی از فعالیت های انسان (آنتروپیک) در حوضه مورد بررسی را می توان در محل ترانشه های حفر شده در مناطق کوهستان جهت احداث جاده، برداشت سنگ از معادن روباز با وسایل ابتدایی و برداشت شن و ماسه از رودخانه ها و زراعت در شیب های تند، قطع درختان و تخریب مراتع مشاهده نمود.
- در گستره مورد مطالعه صورتهای مختلف فرسایش ناشی از فعالیتهای زیستی را می توان مشاهده نمود. هوازگی ناشی از فعالیتهای گیاهی را در پهنه های وسیعی از منطقه به ویژه بر روی رخنمون های پوشیده از اراضی زراعی، باغات و علفزارها و برونزدهای مشجر می توان مشاهده نمود.
- در منطقه مورد مطالعه به دلیل عدم پوشش خاک مناسب پدیده لغزش وجود ندارد و ریزش های توده های خاکی در اثر حذف پاشنه شیب توسط فرسایش رودخانه ای و یا خاک برداری در احداث جاده در منطقه مورد مطالعه اتفاق افتاده این ریزش ها موجب افزایش بار رسوبی رودخانه و آب رو شده است.

## ۸- پیشنهادها

بر اساس بررسی ها و تحلیل های صورت گرفته، نقشه های تهیه شده و همچنین بازدید های میدانی به عمل آمده که نتایج بخشی از آن در قالب فصول چندگانه پایان نامه به تفصیل ارائه شده و شده و نقشه های مربوط نیز تهیه شده است. تلفیق اطلاعات بر هم نهاد نقشه ها در نهایت مارا به نتایج و پیشنهادات زیر رهنمون می سازد:

- ۱- گزینش مکان مناسب سد، یکی از اساسی ترین موضوعات ساماندهی هیدرولیک در حوضه به شمار می آید.
- ۲- ساماندهی مسیر رودخانه در قسمت هایی که حساسیت بالایی دارد چون برش پای دامنه ممکن است مواد فراوانی را با شدت زیاد به جریان آب تحویل دهد و یا باعث ریزش های انبوهی از مواد گردند و این عامل بار سیلاب ها را تا چندین برابر افزایش می دهد و آن را به صورت جریان گلی در می آورد.
- ۳- طغیانهای بزرگ دارای اثرات ژئومورفولوژیک بسیار زیادی می باشند در نتیجه باید در آمایش حوضه به ویژه در ثبات کف دره ها و دیواره آنها تدابیر لازم اتخاذ گردد.
- ۴- آمایش حوضه های رودخانه ای با مسائل استفاده از زمین، نگهداری آنها و خاکها کاملاً در ارتباط است. در نتیجه با توجه شرایط و زمینه های مختلف هیدرولوژی، زمین شناسی، کشاورزی، خاکشناسی، جغرافیای طبیعی و انسانی و اکولوژی و باید حتی الامکان در کاهش فعالیت های عوامل مورفونز در جریان آنها و سپس تنظیم دبی جریان آب و پایین آوردن اختلاف آن در مواقع طغیانی رودخانه اقداماتی را انجام داد.
- ۵- پوشش گیاهی در کناره رودخانه ها همیشه یک راه حل قطعی به حساب نمی آید. درختانی که در کناره رودخانه و روی طرفین بستر می رویند در اثر برخورد جریان بادیاو باره دامنه و ایجاد برش در بخشی از آن به طرف بستر خم می شوند و موانع خطرناکی را ایجاد می کنند که در اکثر موارد جریان گردابی را ایجاد می کنند. هنگامی که بخشی از درختان یا بوته ها توسط جریان حمل می شوند، در اثر برخورد با پیشخوان پلها و رسیدن به محل ریزش رودخانه به صورت توده های بزرگی در می آیند که منشاء خطرات بزرگی محسوب می شوند. حتی الامکان در مسیرهای نزدیک شهر این موانع از میان برداشته شود.
- ۶- برای جلوگیری از حرکت آبرفت ها و ممانعت از ایجاد برش در کناره بستر رودخانه ها و جلوگیری از حفر بیشتر آن احداث گابیون هایی که حرکت آب را در فضای محدودی کنترل می کند و از ایجاد برش در کناره ها جلوگیری می کند و فقط نیروی جریان به حفر بستر منجر می شود، ضروری است. و پس از ساختن دره های گابیونی در طول قسمت هایی از بستر با ساختن بریدگی های شیب از حفر بیشتر بستر ممانعت به عمل می آید.
- ۷- نحوه استفاده از زمین در افزایش حاصلخیزی خاک ها و یا از بین رفتن آنها بسیار موثر است. اگر کشت و زرع همراه با شخم زدن زمین در جهت شیب دامنه ها باشد، شدت عمل جریانات سطحی پراکنده، بیشتر شده و در پی آن تخریب خاک ها و کاهش ارزش آنها شدت می گیرد لذا در مناطقی از حوضه که کشت دیم رایج است حتی الامکان با ترویج کشاورزان و برگزاری کلاس های آموزشی روش های مناسب شخم به آنها آموزش داده شود. تا از میزان برداشت خاک توسط جریانات سطحی ممانعت به عمل آید.

- ۸- در اثر آمد و شد مرتب و خارج از ظرفیت احشام، خاک های مناطق مرتعی در زیر پای احشام لگد کوب شده و ظرفیت نفوذپذیری خاک کاهش می یابد. در نتیجه تمرکز آبراهه ها به راحتی صورت گرفته و آب های روان سرعت بیشتری می یابد و نهایتاً دبی آنها بالا رفته و نیروی مکانیکی زیاد شده و عمل حفر زمین به آسانی انجام می گیرد و به تبع آن فرسایش افزایش می یابد. لذا برای جلوگیری از این مهم باید طرح های مرتع داری در حوضه به مورد اجرا گذاشته شود.
- ۹- با توجه به اینکه شیب دامنه ها و شیب بستر زیاد است و زمان تمرکز در آبراهه های حوضه تقریباً کم است. احتمال وقوع طغیان های شدید و سیل آسا به طور دوره ای زیاد است. لذا در استقرار سکونت گاه هادر حاشیه رود خانه پیش بینی لازم به عمل آید.
- ۱۰- آماده نمودن کشاورزان و دامداران برای حفظ و حراست از منابع طبیعی با بهره برداری صحیح از منابع سازمان های زیربط.
- ۱۱- با توجه به شیب تند و ضریب رسوب دهی، حریم رودخانه در کوه پایه ها رعایت شود.
- ۱۲- حتی الامکان از هر گونه تغییر کاربری به خصوص تغییر در وضعیت پوشش گیاهی در داخل حوضه ممانعت به عمل آید.
- ۱۳- برای جلوگیری از شدت فرسایش در حوضه لازم است که عملیات آبخیز داری در حوضه در اولویت قرار گیرد. چون با اقدامات آبخیزداری و انجام عملیات لازم و صحیح و به موقع هم بنیان های اقتصادی تقویت می شود و هم بنیان های اجتماعی که در نهایت از تخریب حوضه جلوگیری شود.

## تشکر و قدردانی

این مقاله با حمایت و مشاوره اعضای موسسه پایدارسازان به سرانجام رسیده است که نویسندگان این پژوهش از مهدی مقدم، مهدی حاجی هاشمی، سید جمال الدین حسینی برآفتابی و محمود ممبینی گرجی کمال تشکر و قدردانی را داریم. امید است که با همدلی و استفاده از دانش جمعی، برای آبادانی هرچه بیشتر ایران عزیز گام برداریم.

## منابع

۱. آقاباتی، سید علی، (۱۳۸۳)، زمین شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی.
۲. ثروتی، محمدرضا، (۱۳۸۱)، ژئومورفولوژی منطقه ای ایران، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
۳. ثروتی، محمد رضا، (۱۳۷۰)، اولین نقشه ژئومورفولوژی ایران، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
۴. ثروتی، محمد رضا، (۱۳۷۸)، توصیف و تفسیر نقشه های توپوگرافی و زمین شناسی، انتشارات حرف نو، رشت.
۵. جداری عیوضی، (۱۳۷۶)، ژئومورفولوژی ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران.
۶. حائز، رضا، (۱۳۷۳)، اصول سنجش از دور، انتشارات امید، تهران.
۷. خالدی شهریار، (۱۳۷۴)، آب و هوا شناسی کاربردی، نشر قومس، تهران.
۸. خسرو تهرانی، خسرو، (۱۳۶۸)، چینه شناسی و رخداد های دوران های زمین شناسی، انتشارات دانشگاه تهران.
۹. خسرو تهرانی، خسرو، (۱۳۶۸)، دوران های زمین شناسی، انتشارات دانشگاه تهران.
۱۰. درویش زاده، علی، (۱۳۷۰)، زمین شناسی ایران، انتشارات نشر دانش امروز.
۱۱. دریو، ماکس، مانی ژئومورفولوژی، (۱۳۸۲)، رجمه مقصود خیام، دانشگاه تبریز، انتشارات مینا.
۱۲. رجائی، عبد الحمید، (۱۳۸۲)، کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین و مدیریت محیط، انتشارات قومس، تهران.
۱۳. رفاهی، حسینقلی، (۱۳۸۲)، فرسایش آبی و کنترل آن، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه تهران.
۱۴. زبیری، محمود، و مجد، علیرضا، (۱۳۸۳)، آشنایی با سنجش از دور و کاربرد آن در منابع طبیعی، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران.
۱۵. زبیری، محمود، و دالکی، احمد، (۱۳۸۴)، اصول تفسیر عکسهای هوایی و کاربرد آن در منابع طبیعی، چاپ دوازدهم، انتشارات دانشگاه تهران.
۱۶. زمردیان، محمد جعفر، (۱۳۸۳)، ژئومورفولوژی ایران، جلد اول (فرایند های ساختمانی و دینامیک های درونی)، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
۱۷. زمردیان، محمد جعفر، (۱۳۸۳)، ژئومورفولوژی ایران، جلد دوم (فرایند های اقلیمی و دینامیک های بیرونی)، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
۱۸. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، عکس های هوایی، مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ شماره های ۵۲۷۲ و ۵۲۷۴ و ۵۲۷۰ و ۵۲۶۹ و ۵۲۶۸ و ۵۲۶۷ و ۵۲۶۶.

۱۹. سازمان نقشه برداری کشور، نقشه توپوگرافی، مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ شوی (II ۵۱۶۲) و میرده (III ۵۲۶۲).
۲۰. سازمان زمین شناسی کشور، نقشه زمین شناسی، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، اقلید.
۲۱. سازمان سنجش از دور ایران، تصاویر ماهواره ای لندست اقلید.
۲۲. سازمان هواشناسی کشور، آمار هوا شناسی ۴۰ ساله ایستگاه سینوپتیک اقلید.
۲۳. طاهر کیا، حسن، (۱۳۷۶)، اصول سنجش از دور، نشر دانشگاهی پیام نور، تهران.
۲۴. علائی طالقانی، محمود، (۱۳۸۱)، ژئومورفولوژی ایران، انتشارات قو مس، تهران.
۲۵. علیجانی، بهلول، (۱۳۷۶)، آب و هوای ایران، انتشارات پیام نور، تهران.
۲۶. علیجانی و کاویانی، (۱۳۸۴)، مبانی آب و هوا شناسی، انتشارات سمت، تهران.
۲۷. عزیززاده، امین، (۱۳۸۴)، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.
۲۸. قصریانی، ف، (۱۳۷۸)، طرح شناخت مناطق اکولوژیک کشور- پوشش گیاهی استان فارس، انتشارات موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور، تهران.
۲۹. کک، رژه، (۱۳۸۳)، ژئومورفولوژی دینامیک درونی و بیرونی، جلد اول، ترجمه فرج الله محمودی، انتشارات دانشگاه تهران.
۳۰. کک، رژه، (۱۳۸۳)، ژئومورفولوژی اقلیمی، جلد اول، ترجمه فرج الله محمودی، انتشارات دانشگاه تهران.
۳۱. محمودی، فرج الله، (۱۳۷۷)، ژئومورفولوژی دینامیک، انتشارات پیام نور، تهران.
۳۲. محمودی، فرج الله، (۱۳۷۹)، ژئومورفولوژی ساختمانی، انتشارات پیام نور، تهران.
۳۳. مخدوم، مجید، (۱۳۸۴)، شالوده آمایش سرزمین، انتشارات دانشگاه تهران.
۳۴. معتمد، احمد، (۱۳۸۲)، زمین شناسی عمومی، انتشارات دانشگاه تهران.
۳۵. مهدوی، محمد، (۱۳۸۰)، هیدرولوژی عمومی، انتشارات آبه، تهران.
۳۶. نجفی دیسفانی، محمد، (۱۳۷۷)، پردازش کامپیوتری تصاویر سنجش از دور، انتشارات سمت، تهران.