

## مقدمه

فرسایش خاک پدیده ای است که به مرور زمان باعث بهره‌وری کم زمین‌های کشاورزی می‌شود و در سراسر جهان رو به افزایش می‌باشد [۲۶]. زمین به عنوان یکی از منابع قابل دسترس بشر برای ادامه حیات، پدیده‌ای پویا و در حال تغییر است، جهت‌دادن این تغییرات به سمت و سوی مطلوب همیشه و در همه حال ممکن نیست؛ فرسایش خاک یکی از همین تغییرات طبیعی است که امروزه به علت استفاده نابخردانه از اراضی توسط انسان‌ها از وضعیت طبیعی خود خارج شده و حالتی سریع و تشدید شونده یافته است [۱۹]. تأثیرات مستقیم فرسایش خاک بر زندگی انسان‌ها به اشکال مختلفی خودنمایی می‌کند. از دسترس خارج شدن اراضی جنگلی، مرتعی و زراعی و کاهش بازده آنها، تشدید امکان بروز سیل، زمین‌لغزش، انباشتگی رسوبات و در نهایت برگشت ناپذیری برخی از این صدمات، نمونه‌ای از این تأثیرات نامطلوب است. جلوگیری از بروز این مسائل تنها با اعمال و اجرای اصول آبخیزداری و حفاظت خاک مقدور می‌گردد [۱۹]. رشد سریع جمعیت، جنگل‌زدایی، کشت نامناسب زمین، چرای بیش از حد و کنترل نشده از عوامل موثر در شتاب فرسایش خاک در جهان و عمدتاً در کشورهای درحال توسعه است [۳۰]. روند فرسایش خاک باعث کاهش مواد مغذی خاک و در نتیجه کاهش بهره‌وری نامناسب آن است [۹]. علاوه بر این، فرسایش خاک اغلب باعث اثرات منفی در پایین دست رودخانه‌ها، مانند رسوب مواد خاک در مخازن و دریاچه‌ها و یا آسیب به امکانات زیربنایی [۲۸]، کاهش تنوع زیستی، تکرار سیل و تخریب محیط زیست می‌گردد [۱۶]. لذا می‌توان با اطلاع از روند فرسایش خاک به کنترل آن و حفظ رسوب توسط اکوسیستم‌های زمینی و ترمیم پوشش گیاهی به طور موثری به کنترل فرسایش خاک دست زد [۶]. امروزه بررسی تغییرات مکانی و زمانی پدیده‌های پیچیده‌ای مانند تخریب سرزمین به منظور ارزیابی و پایش مستمر آنها برای مدیریت و بهره‌برداری صحیح آنها اجتناب‌ناپذیر است [۷]. یکی از موارد تخریب سرزمین، فرسایش خاک است، که ارزیابی خطر فرسایش خاک به دلیل تعاملات بسیاری از فرآیندهای موثر همزمان یک کار دشوار خواهد بود [۱]. یکی از روش‌هایی که امروزه می‌تواند ما را در مطالعه این فرایند یاری نماید؛ استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و ابزار سنجش از دور است [۳]. استفاده از داده‌های رقوم‌های ماهواره‌ای با توجه به ویژگی‌های منحصربفرد آنها از جمله دید گسترده و یکپارچه، استفاده از بخش‌های مختلف طیف الکترومغناطیسی

## شناسایی مناطق فرسایشی با استفاده از الگوریتم آلبو سطحی تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ (مطالعه موردی حوزه آبخیز جاجرود)

حمید عمونیا<sup>۱</sup>، سیاوش شایان<sup>۲</sup> و مجتبی یمانی<sup>۳</sup>  
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۱۳

## چکیده

خاک یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی هر کشور است. فرسایش نه تنها سبب فقیر شدن خاک و متروک شدن مزارع می‌گردد و از این راه خسارات زیاد و جبران ناپذیری را به جا می‌گذارد، بلکه با رسوب مواد در آبراهه‌ها، مخازن سدها، بنادر و کاهش ظرفیت آبیگری آنها نیز زیان‌های فراوانی را سبب می‌گردد. بنابراین نباید مساله حفاظت و حراست خاک را کوچک و کم اهمیت شمرد. در این پژوهش به شناسایی و پهنه بندی مناطق فرسایشی در حوزه آبخیز رودخانه جاجرود پرداخته شده است. برای نیل به هدف از تصاویر ماهواره ای لندست ۸ برای تاریخ ۲۴/۸/۲۰۱۶ و مدل رقومی ارتفاعی Aster استفاده گردید و آلبو سطحی برای منطقه مورد مطالعه محاسبه شد و در ۵ طبقه، طبقه‌بندی گردید. نتایج نشان داده که مساحت ۱۴۶۷۷،۳۰ هکتار از اراضی حوزه آبخیز دارای شرایط با فرسایش بسیار زیادی همراه است که اکثر این مناطق در بالا دست سد ماملو قرار گرفته‌اند و تهدیدی برای این مخزن به شمار می‌رود.

**کلید واژه‌ها:** فرسایش خاک، آلبو سطحی، لندست ۸، DEM، سد ماملو، حوزه جاجرود

۱- نویسنده مسئول و دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی - مدیریت محیط - دانشگاه تربیت مدرس. پست الکترونیک: amounia.h@gmail.com  
۲- دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.  
۳- استاد ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

برای ثبت ویژگی‌های پدیده‌ها، پوشش‌های تکراری و سرعت انتقال و تنوع شکل‌های داده‌ها، امکان بکارگیری سخت افزارها و نرم‌افزارهای ویژه رایانه‌ای، با استقبال زیادی مواجه است [۴]. که با اتکا به اطلاعات تولیدی از آن می‌توان به برنامه‌ریزی بهتری جهت مدیریت محیط زیست دست یافت [۵]. اساس علم سنجش از دور بر ثبت بخشی از انرژی الکترومغناطیسی منعکس شده از سطح جسم است که این انرژی بازتابی به عوامل متعددی از جمله خصوصیات فیزیکی جسم و زاویه تابش بستگی دارد و در اصطلاح، آلبدوی سطحی تعریف می‌شود. آلبدو نسبتی از تشعشع تابیده شده خورشیدی است که به سطح زمین برخورد کرده و بازتابیده می‌شود. آلبدو و مقدار آن وابسته به نوع عارضه زمینی، جنس و میزان جذب تشعشع خورشیدی از سوی اجسام بر روی زمین است که با استفاده از تصاویر ماهواره ای بررسی می‌شود [۴]. آلبدو به صورت نسبت تابش الکترومغناطیسی خورشیدی انعکاس یافته از سطح خاک و گیاه بر تابش ورودی تعریف می‌شود [۲۵].

هونگ [۱۰]، اهمیت آلبدو را به عنوان یک نشانگر از نقصان زمین و همچنین پارامتر فیزیکی مؤثر بر اقلیم دانست که با استفاده از داده های ماهواره‌های در فرانگری آلبدو زمین‌های خشک و نیمه خشک روند فزاینده‌های نشان می‌دهد. نقصان و برهنه‌سازی زمین در نواحی خشک به افزایش آلبدو می‌انجامد که پیامدهای آن بر خاک و الگوهای چرخش بخش پایینی جو بارز است [۱۰]. به منظور مطالعه و مبارزه مؤثر با فرسایش خاک، اطلاعات گسترده ای از وضعیت فرسایش و شرایط فرسایش مورد نیاز است. این اطلاعات می‌تواند تا حد زیادی از داده‌های ماهواره‌ای مشتق شود [۲۷]. در طول ۳۰ سال گذشته مطالعات زیادی از تصاویر ماهواره‌ای به طور کامل یا همراه با داده‌های دیگر برای ارزیابی فرسایش خاک به شیوه‌های مختلف استفاده نموده‌اند [۱۲]. در این قسمت به بررسی چند نمونه کارهای صورت گرفته پرداخته خواهد شد. به طور خلاصه به بررسی چند مورد آن پرداخته خواهد شد.

جعفری [۱۲]، ابتدا به شناسایی فرسایش آبی پرداخته و در ادامه فاکتورهای کنترل کننده فرسایش آبی را مورد ارزشیابی قرار می‌دهد. چهار نوع از فاکتورها در اینجا بحث می‌شوند که عبارت از توپوگرافی، خصوصیات خاک، پوشش گیاهی و فعالیت‌های مدیریتی می‌باشند. طبق نتایج حاصل از مطالعات، مهمترین نگرانی در نقشه‌بندی فرسایش آبی کمبود داده‌ها در تعیین صحت این نقشه‌هاست. روستایی و همکاران [۲۰]، حوزه آبریز قلعه چای را مورد بررسی قرار داده‌اند، جهت انجام این پژوهش از مدل تجربی MPSIAC و تکنیک‌های نوین سنجش از دور و GIS استفاده شده است. لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز شامل نقشه‌های زمین شناسی، توپوگرافی، خاک شناسی، پوشش زمین، کاربری اراضی و داده‌های رواناب، وضعیت فعلی فرسایش، وضعیت فرسایش رودخانه‌ای با استفاده از نقشه‌های موجود، تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری و عملیات صحرائی تهیه، و

وارد محیط GIS گردید و پس از تشکیل بانک‌های اطلاعاتی و وزن دهی به هر کدام از لایه‌ها براساس مدل MPSIAC نقشه فرسایش و رسوب حوزه با توجه به واحدهای هیدرولوژیک استخراج گردید. کاظمی و همکاران (۱۳)، در پژوهش به کارایی سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در بهینه‌سازی متغیرهای مدل EPM در محاسبه فرسایش ویژه، کل و همچنین رسوبدهی در حوزه آبخیز تنگ بستانک شیراز اقدام نمودند. در این پژوهش از قابلیت‌های سنجش از دور در بالا بردن دقت متغیرهای ضریب کاربری، ضریب حساسیت زمین‌شناسی و ضریب حساسیت فرسایش و همچنین ترکیب این اطلاعات در محیط GIS با لایه شیب متوسط حوزه به‌منظور مدل‌سازی صحیح استفاده شد. نتایج نشان داد که بیشتر سطح حوزه دارای خطر فرسایش شدید می‌باشد و پس از آن طبقه خطر فرسایش متوسط با ۴۰٪ بیش‌ترین سطح را به خود اختصاص داده است. طبقه خطر فرسایش خیلی شدید با ۲۱٪ درصد کم‌ترین سطح را دارا می‌باشد. با تحلیل‌های رستری و استفاده از RS و GIS میزان فرسایش ویژه ۱۱۷۴/۸۹ متر مکعب در کیلومتر مربع در سال برای این حوزه فاقد آمار برآورد گردید. چیت‌ساز و همکاران [۳]، در پژوهش خود با هدف تشخیص اشکال فرسایش خاک از طریق اعمال فیلترهای مختلف بر روی تصاویر ASTER و ETM+ اقدام نمودند. ایشان پس از پردازش تصاویر به کارایی فیلترها در بارزسازی انواع فرسایش خاک، از فیلترهای پایین گذر و بالا گذر از جمله فیلترهای میانه، میانگین، High Pass، Gaussian، Laplacian، Sobel و فیلترهای خطی استفاده کردند. با توجه به نتایج به دست آمده، استفاده از فیلترهای پایین‌گذر به علت کاهش وضوح تصویر در بررسی فرسایش خاک توصیه نمی‌شود. فیلترهای بالاگذر تا حدی می‌توانند لبه‌های موجود در تصویر را بارز ساخته و به تفسیر کمک نمایند. برای شناسایی واحدهای فرسایش استفاده از فیلتر به همراه تفسیر بصری توصیه می‌شود و اعمال فیلترهای مختلف تصویری به‌منظور کشف و استخراج خودکار این عوارض کارا نیست. ومیو و پنامانی [۲۷]، در پژوهش خود به برآورد الگوهای فضایی فرسایش خاک با استفاده از سنجش از دور و GIS در حوزه رودخانه اندرواتی در هند اقدام نمودند. ایشان در پژوهش خود از مدل USLE برای برآورد فرسایش بالقوه خاک در حوزه مورد نظر استفاده نمودند، در نتیجه نقشه فرسایش خاک حوزه را در شش طبقه مختلف از خطر جزئی به خطر بسیار شدید، بسته به مقدار فرسایش خاک استخراج نمودند. متوسط نرخ فرسایش پیش بینی شده توسط مدل ۱۸ تن در هکتار در سال بوده است، و رسوب در خارج از حوزه ۲۲/۳۰ میلیون تن در سال برآورد شده است.

خیر خواه و همکاران [۱۴] به مقایسه مقادیر برآوردی آلبدوی سطحی به دست آمده از تصاویر لندست و مودیس پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که با محاسبه مقادیر آلبدوی بدست آمده از کاربری‌های اراضی می‌توان تفاوت انرژی دریافتی خالص در هریک از کاربری اراضی را تعیین کرد. سبزی پرور و همکاران [۲۱]،

در پژوهشی دیگر از طریق تصاویر ماهواره لندست به تخمین ضریب آلبیدوی سطح زمین پرداخته‌اند. در این پژوهش مقدار ضریب آلبیدوی سطحی محاسبه شده از طریق تصاویر ماهواره‌ای در یک منطقه تحت کشت واقع در همدان و داده‌های اندازه‌گیری زمینی با یکدیگر مقایسه شده‌اند. نتایج این پژوهش نشان داد که اختلاف معناداری بین آلبیدوی تخمین زده شده از طریق تصاویر مشاهده نمی‌گردد.

یوچیدا [۲۶]، در پژوهشی در حوزه وونوگیری در مرکز ژاپن با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵، ۷ و تصاویر ماهواره‌ای ALOS/PRISM/AVNIR2 pan-sharpened به بررسی فرسایش خندقی پرداخت و پس از طبقه‌بندی تصویر و محاسبه فاکتور C توانست با دقت ۶۳،۴ درصد فرسایش خندقی را در محدوده مورد مطالعه شناسایی کند.

جلگی و مناله [۷]، در پژوهشی با هدف برآورد نقشه سالانه تخریب خاک با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در حوزه کوگا در شمال غرب اتیوپی اقدام کردند، ایشان از داده‌هایی چون نقشه توپوگرافی، نقشه دیجیتال خاک، داده‌های بارش چهار ایستگاه به مدت ۱۳ سال، تصاویر سنجنده TM و مدل اصلاح معادله خاک جهانی (RUSLE) استفاده نمود. نتایج این پژوهش نشان داد که سالانه ۲۵۵۲۸۳ تن خاک در این حوزه از بین می‌رود، که از این مقدار فرسایش ۷۱٪ آن در ۶۶۹۱ هکتار در زمین‌هایی اتفاق می‌افتد که در شیب‌های تند حوزه واقع شده‌اند. در این حوزه مناطق نیتوسولز و آلیسولز از فرسایش پذیری بالاتری برخوردار بودند. شیب و طول، پس از عوامل فرسایش پذیری خاک از عوامل اصلی فرسایش خاک در این منطقه هستند.

روش‌های فوق که در پیشینه‌های تحقیق مورد استفاده قرار گرفته دارای مراحل سخت و پیچیده می‌باشد و نیاز به داده‌های است که در بیشتر موارد در دسترس نیست و اگر در دسترس باشد بسیار ناقص است در این پژوهش با ارائه یک روش جدید و ساده با استفاده از الگوریتم آلبدو سطح و با کم‌ترین داده‌های همچون تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ و مدل رقومی ارتفاعی (DEM) به استخراج و مشخص کردن پهنه‌هایی که دارای قابلیت فرسایش بالا می‌باشند پرداخته خواهد شد.

## مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

حوزه آبریز جاجرود در شمال شرقی شهرستان تهران، بین طول ۵۱ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۵۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی واقع شده است. حوزه آبخیز جاجرود با مساحتی ۱۸۶۶۴۱،۵۵ هکتار از مناطق حفاظت شده سازمان حفاظت محیط زیست بوده و در دامنه‌های جنوبی سلسله جبال البرز مرکزی قرار گرفته است. از این مساحت، حدود ۷۲۰۰۰ هکتار در بالادست سد لتیان و ۱۱۴۶۴۱،۵۵ کیلومتر

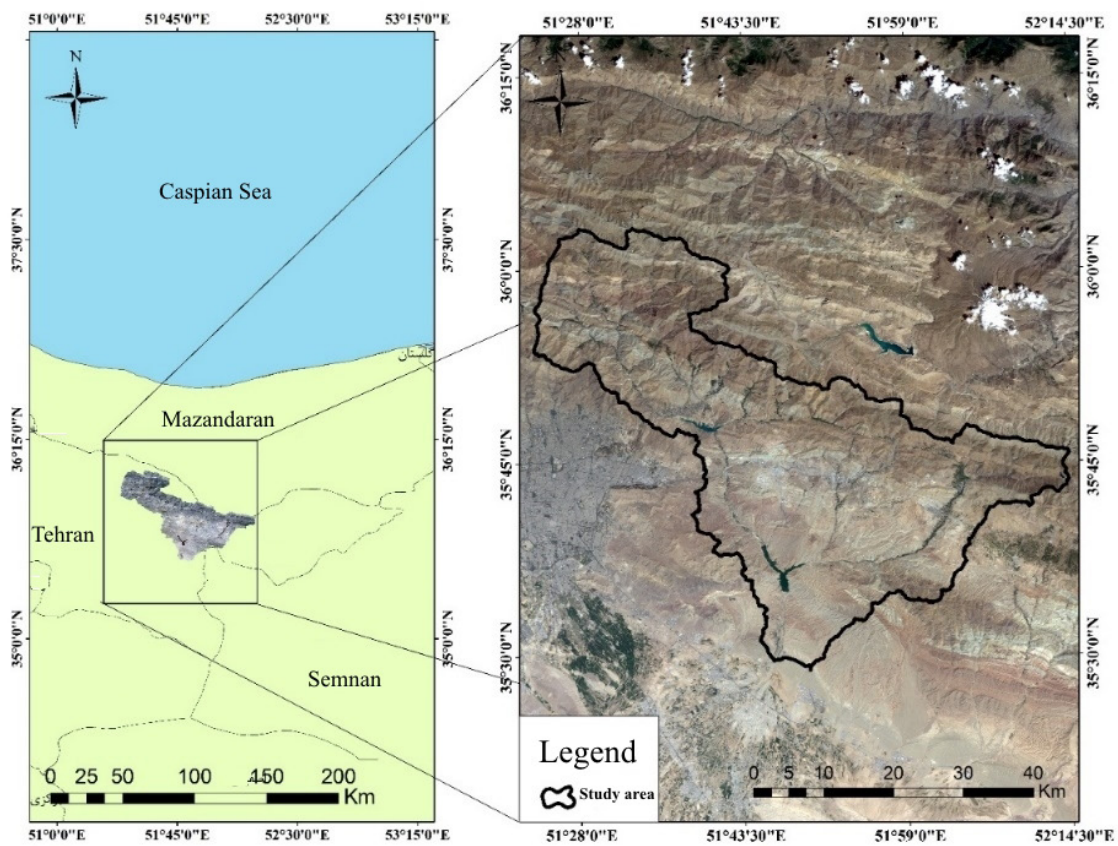
مربع در پایین دست سد لتیان واقع شده است. رودخانه جاجرود یکی از اصلی‌ترین رودخانه‌های تغذیه کننده سد لتیان و سد ماملو از رودهای مهم و حیاتی استان تهران است که از چشمه‌های متعدد و ارتفاعات خرسنگ، جانستون، سرکچال، دیزین، آهار، شکرآب، گرمابدره و چندین ارتفاع دیگر سرچشمه گرفته و از به هم پیوستن رودهای فشم، اوشان، لوارک، افجه و کندرود، شاخه اصلی جاجرود را تشکیل می‌دهد که این شاخه اصلی ۴۰ کیلومتر طول دارد. انتهای رودخانه در محل سرخه حصار، در جنوب شرقی تهران تقسیم می‌شود و در نهرهای حقابه جای گرفته و به مصرف آبیاری دشت ورامین می‌رسد. میانگین بارندگی در بخش‌های جنوبی حدود ۲۰۰ و در ارتفاعات شمالی حدود ۸۰۰ میلی متر است. در دوره پربابی و مواقع سیلابی، آب مازاد بر احتیاج از طریق مسیل شریف‌آباد به سمت کویر هدایت می‌شود. با توجه به شرایط اقلیمی و توپوگرافی حوزه رودخانه جاجرود، مقادیر آبدی در شاخه‌های اصلی و فرعی آن متغیر بوده، به علاوه با تغییر عواملی چون بارندگی، ساختار زمین، توپوگرافی و مصارف منطقه‌ای آب، تفاوت‌های قابل توجهی در آبدی آنها مشاهده می‌شود، شکل ۱ موقعیت حوزه رودخانه جاجرود را نشان می‌دهد.

داده‌های مورد استفاده

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ برای تاریخ ۲۴/۸/۲۰۱۶ ردیف ۳۵ و گذر ۱۶۴ (شکل ۲) است. در زمان اخذ تصویر باید به این نکته توجه نمود که یک هفته قبل از زمان اخذ تصویر نباید در منطقه مورد مطالعه ریزش بارانی رخ داده باشد. چراکه الگوریتم آلبدو سطحی به رطوبت خاک حساس است و در نتیجه وجود رطوبت در خاک موجب می‌شود، بالاترین ضریب دقت برای استخراج میزان فرسایش حاصل نشود. مدل رقومی ارتفاعی (DEM) مستخرج از تصاویر سنجنده استر است (شکل ۳)؛ که از سایت سازمان زمین شناسی آمریکا تهیه گردیده است و نمونه‌هایی که با استفاده از GPS به صورت میدانی از نقاط مختلف حوزه (شکل ۴) برای صحت‌سنجی نتایج کار برداشته شده است را شامل می‌شود.

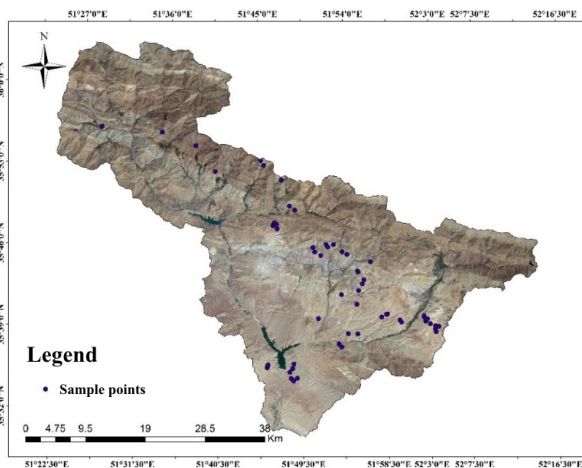
روش پیشنهادی

گیونگو و همکاران [۸]، لویز و همکاران [۱۷]، سیلوا و همکاران [۲۳]، سوزا و همکاران [۲۴] و ونگ و دیویدسون [۲۹] معتقدند که تابش نقش اساسی در فرآیندهای بیوفیزیکی شامل تبادل انرژی و جرم در لایه مرزی سیاره‌ای دارد و از آن به منزله منبع اصلی انرژی در گرمایش خاک و هوا و همچنین برای تبخیر و تعرق گیاهان نام می‌برند. سیلوا [۲۲]، بیان می‌دارد محاسبات آلبدو سطح نقش مهمی در تغییرات انرژی و جرم در لایه مرزی اتمسفر ایفا می‌کند، به این معنی که تغییرات در بازتاب تغییر تابش و بالانس انرژی در سطح، با نظارت بر شناسایی آن می‌تواند در بسیاری از موارد استفاده شود. با توجه به مشکلات و محدودیتی که در تشخیص مناطق فرسایشی

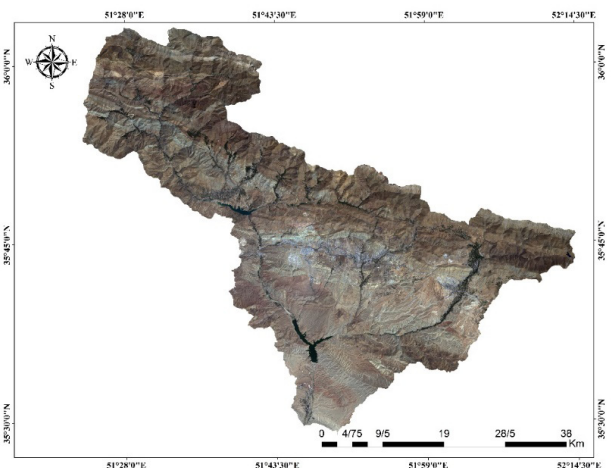


شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

Fig 1. Geographic location of the study area



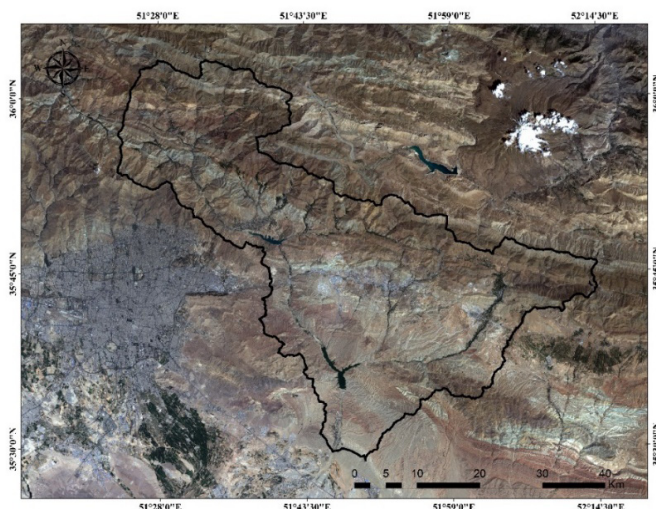
شکل ۳- مدل رقومی ارتفاعی (DEM)  
Fig 3. Digital Elevation Model (DEM)



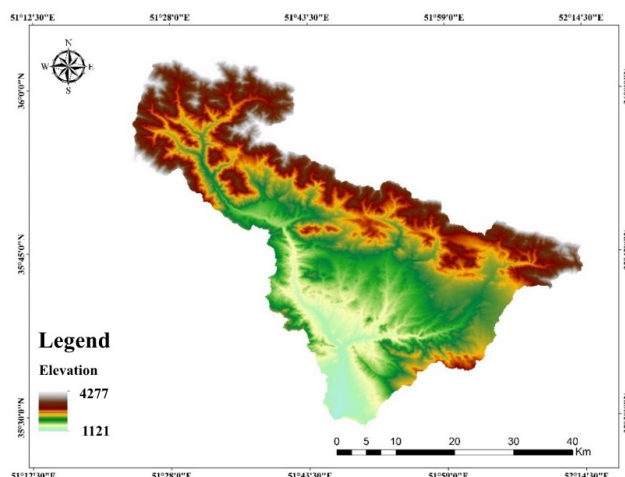
شکل ۲- تصویر ماهواره‌ای لندست ۸  
Fig 2. Landsat Satellite Image 8

روش بهبود یافته مبتنی آلدوری سطح بر روی داده‌های لندست ۸ پیشنهاد گردیده تا بتواند مناطقی که دارای فرسایش شدید بوده را استخراج کند. برای این منظور، روش پیشنهادی با توجه به ویژگی‌های خاک، پوشش گیاهی هر پیکسل و با در نظر گرفتن مقدار شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده در هر پیکسل ارائه

وجود دارد و نمی‌توان با دقت قابل قبولی مناطق دارای فرسایش را به خوبی مشخص کرد. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای قابلیت بالایی برای نشان دادن و شناسایی مناطق دارای فرسایش، می‌باشند. در این پژوهش، با در نظر گرفتن قدرت تفکیک مکانی، تابع پاسخ طیفی و محدوده طول موج باندهای مرئی به محاسبه آلدوی سطح، یک



شکل ۵- تصویر تصحیح اتمسفری شده محدوده مورد مطالعه  
Fig 5. Atmospheric correction image of the studied area



شکل ۴- نقشه مناطق نمونه برداری شده  
Fig 4. Map of sampled areas

از اعمال تصحیح هندسی و اتمسفری و محاسبه رادیومتریک معرفی می‌شود و مقدار  $\rho_{\lambda}$  مقادیر ثابتی هست که برحسب آزمایشات برای هر یک از باندها محاسبه شده‌اند این مقادیر در جدول (۱) ذکر شده است. محاسبات آلبیدو بر روی تصاویر اعمال گردید، مقادیر این ضرایب در تمامی باندها بین ۰ و ۱ محاسبه می‌گردد و میانگین گرفتن از کل آن‌ها یک تصویر جامع با مقادیر فوق ایجاد می‌گردد. مقادیر بدست آمده، ارزش آلبیدو را بدون در نظر گرفتن جو مورد محاسبه قرار می‌دهد. شکل (۶) ضریب آلبیدو بالای اتمسفر را در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد.

$$\alpha_{toa} = \sum(\omega_{\lambda} * \rho_{\lambda}) \quad (1)$$

جدول ۱- مقادیر ESUN برای لندست ۸  
Table 1. ESUN values for Landsat 8

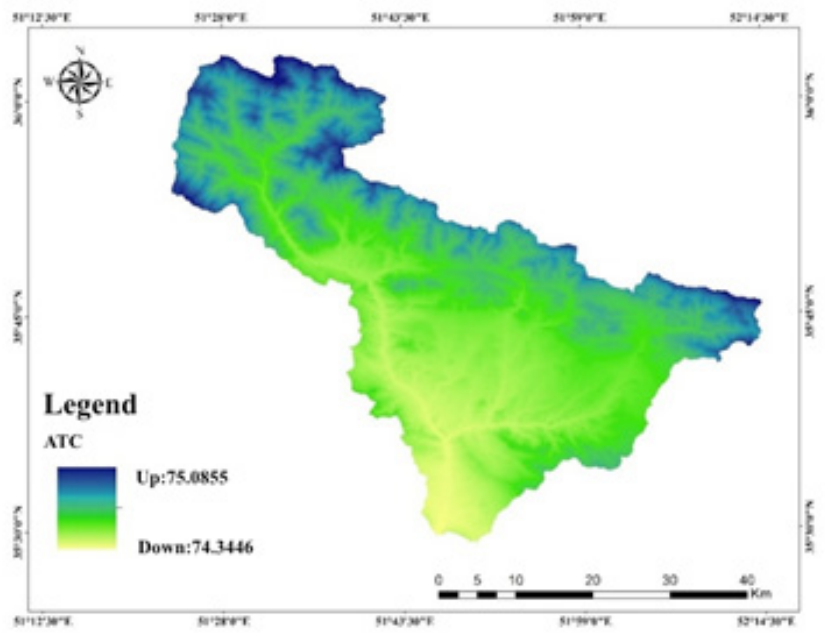
ESUN	خطی	مرکز	بالا	پایین	باند های لندست ۸
ESUN	Linear	Center	Up	Down	Landsat bands 8
2067	1991	0.480	0.51	0.45	Band2
1893	1812	0.560	0.59	0.53	Band3
1603	1549	0.655	0.68	0.64	Band4
972.6	962.6	0.865	0.88	0.85	Band5
245	251.7	1.610	1.68	1.57	Band6
79.72	86.30	2.200	2.29	2.11	Band7
399.7	385.4	1.370	1.38	1.3	Band7

شده است. لذا در روش پیشنهادی، آلبدو سطح در ۵ حالت شامل: مناطق داری فرسایش خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد به پهنه‌بندی مناطق مستعد فرسایش را استخراج کند.

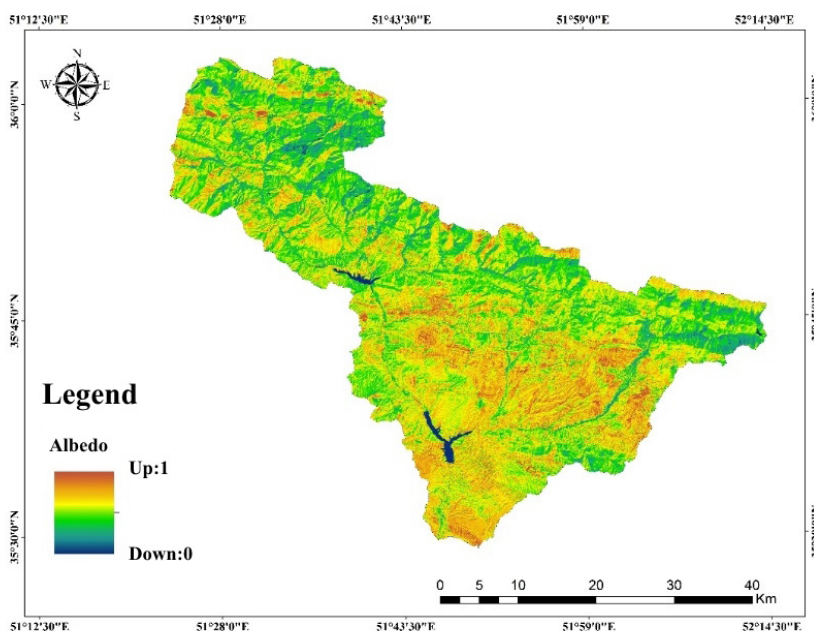
## نتایج

بدیهی است قبل از محاسبه و استخراج پارامترهای فیزیکی سطح زمین نظیر گسیل‌مندی، دما، رادینانس انعکاسی حرارتی سطح، آلبدو سطح و نظایر آن انجام عملیات تصحیح رادیومترکی تصاویر ماهواره‌ای الزامی است. برای رسیدن به این هدف بایستی اثر اتمسفر، هندسه دید سنجنده، روشنایی خورشید و اثر توپوگرافی و ویژگی‌های سطح روی تصاویر در نظر گرفته شود و تاثیر این عوامل در تخمین پارامترهای سطح حذف یا به حداقل برسد. بدین منظور برای تصحیح اتمسفری از نرم‌افزار ENVI و ماژول FLAASH استفاده و تصحیح اتمسفری بر روی تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ مربوط به تاریخ ۲۴/۸/۲۰۱۶ اعمال گردید. شکل (۵) تصویر تصحیح شده را نمایش می‌دهد. پس از انجام تصحیحات اتمسفری، بازتاب انعکاسی و تشعشع حرارتی عوارض سطح زمین بدست آمد و تمامی محاسبات در این تحقیق بر اساس این پارامترهای زمینی تصحیح شده، صورت گرفت. لازم به ذکر است که در این مطالعه، باندهای انعکاسی در محدوده طیفی ۴/۴ تا ۲/۲۱ میکرومتر، لندست ۸ مورد استفاده قرار گرفت و نیازی به سایر باندهای این سنجنده در این تحقیق نبود.

محاسبه آلبدوی بالای اتمسفر  
آلبدوی بالای اتمسفر یکی از مقادیری است که برای محاسبه مقدار آلبدوی مورد نیاز است که با استفاده از معادله (۱) استخراج می‌شود. در این معادله  $\omega_{\lambda}$  تصویر رفلکتانس شده‌ای است که بعد



شکل ۶- محاسبه آلبدو بالای اتمسفر  
 Fig 6. Calculate albedo above the atmosphere

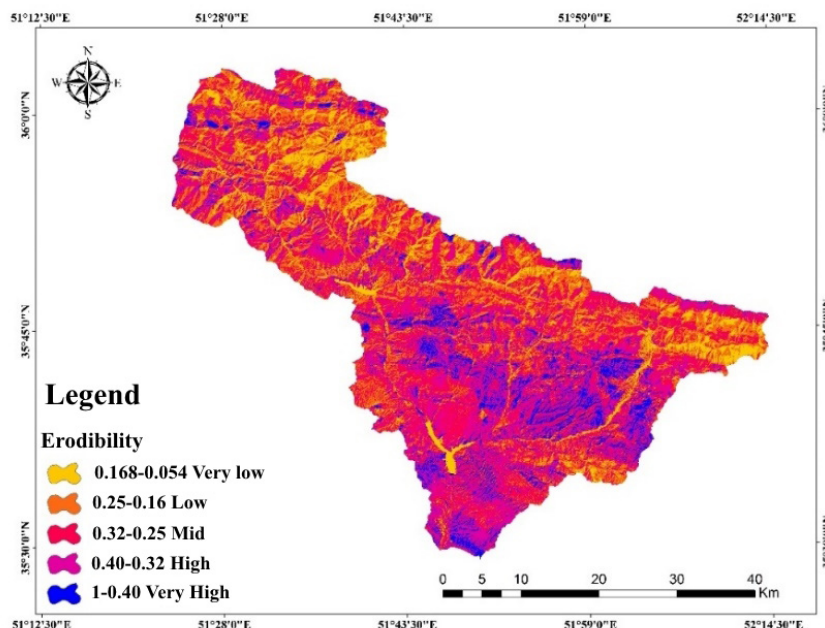


شکل ۷- نقشه ضریب شفافیت اتمسفری  
 Fig7. Atmospheric Transparency Coefficient Map

سنجنده استر تهیه گردید و وارد الگوریتم شد. مقادیر محاسبه شده بین ۷۳ تا ۷۶ می باشد، که ارتفاعات بالا دارای ارزش ۷۵ و ارتفاعات پایین دارای ارزش ۷۴ می باشد شکل (۷) مقادیر فوق را بخوبی نمایش می دهد.

$$T_{sw} = 0.75 + 2 * 10^{-5} * z \quad (2)$$

ضریب شفافیت اتمسفری برای بدست آوردن مقدار اصلی آلبدو سطح، ابتدا باید شفافیت اتمسفر را محاسبه نمود، بدین منظور مقادیر ضریب شفافیت مورد محاسبه قرار می گیرد. مقادیر ضریب شفافیت با استفاده از معادله (۲) مورد محاسبه قرار می گیرد. در این معادله Z ارتفاع منطقه می باشد که برای هر پیکسل باید محاسبه گردد، بدین منظور DEM منطقه از



شکل ۸- نقشه پهنه‌بندی فرسایش در حوزه آبخیز جاجرود

Fig 8. Erosion zoning map in Jajrood watershed

پوشش گیاهی را در سطح حوزه تشکیل می‌دهد و از نظر مکانی پایین دست سد لتیان و بالادست سد ماملو در حوزه را تشکیل می‌دهد که برای سد مذکور بسیار خطرناک می‌باشد و جای بررسی و ارائه راهکارهای مدیریتی دارد.

جدول ۲- مساحت و درصد پهنه‌بندی فرسایش در محدوده مورد مطالعه

Table2. Area and percentage of erosion zonation within the studied area

درصد	مساحت به هکتار	نام طبقه ها مقادیر به پیکسل	شماره طبقه
Percent	Area per hectare	Values to pixels	Class number
10.75	20065.23	222947	very little 1
24.93	46540.08	517112	little 2
31.64	59047.08	656087	average 3
23.85	4451.12	494568	much 4
8.83	14677.30	183081	very much 5

#### صحت پهنه‌بندی

برای صحت‌سنجی نتایج حاصله از ۶۱ نقطه زمینی که در مشاهدات میدانی تهیه شده بود، استفاده گردید. از این تعداد ۳۵ نقطه در طبقه ۵، ۱۸ نقطه در طبقه ۴، ۴ نقطه در طبقه ۳ و ۴ نقطه در طبقه ۲ قرار گرفته‌اند از مجموع نقاط بحرانی برداشت شده ۸۰/۵۷

#### محاسبه آلودگی سطح

در نهایت برای محاسبه مقدار واقعی آلودگی سطح از معادله (۳) استفاده شد، در این معادله  $\alpha_{toa}$  و  $T_{sw}^2$  مقادیر آلودگی سطح و ضریب شفافیت می‌باشد که در مراحل قبل محاسبه گردید،  $\alpha_{path-radiance}$  آلودگی مسیر است که معمولاً بین ۰,۰۲۵ تا ۰,۰۴ متغیر است که باستینس و همکاران [۲]؛ مقدار ۰,۰۳ را پیشنهاد کرده‌اند که یک مقدار ثابت است. ارزش آلودگی باید بین ۰ تا ۱ باشد بالاترین ارزش به برف، نمک و خاک لخت در تصویر و پایین‌ترین ارزش برای آب و جنگ و پوشش گیاهی می‌باشد.

$$\alpha = \frac{\alpha_{toa} - \alpha_{path-radiance}}{T_{sw}^2} \quad (3)$$

با توجه به پهنه‌بندی که صورت گرفته (شکل ۸)، طبقه با فرسایش خیلی کم با مساحت ۲۰۰۶۵/۲۳ هکتار و معادل ۱۰/۷۵ درصد، که بیشتر سطوح آبی و باغات و اراضی درختی را تشکیل می‌دهند. طبقه با فرسایش کم با مساحت ۴۶۵۴۰/۰۸ هکتار معادل ۲۴/۹۳ درصد، شامل مراتع مرغوب و با تراکم پوشش گیاهی بالا و دامنه‌های غربی و شمالی حوزه را در بر می‌گیرد که دارای پوشش گیاهی مناسب می‌باشند. طبقه با تخریب متوسط با مساحت ۵۹۰۴۷/۰۸ هکتار، معادل ۳/۶۴ درصد شامل اراضی کشاورزی زیرکشت و دیگر مراتع که دارای پوشش گیاهی دائمی هستند. طبقه با تخریب زیاد با مساحت ۴۴۵۱۱/۱۲ هکتار، معادل ۲۳/۸۵ درصد که اراضی کشاورزی و مراتعی در بر می‌گیرد که دارای فقر شدید پوشش گیاهی می‌باشند. در نهایت طبقه با فرسایش بسیار زیاد با مساحت ۱۴۶۷۷/۳۰ هکتار معادل ۸/۸۳ درصد که بیشتر سطوح عاری از

and Management, Volume 5, Issue 2, pp. 94-103 (In Persian).

4. Daempanah, R. 2011. Preparation of salinity map and surface sediment with two remote sensing and statistical methods in south of the city of Mahvolat. Master's thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Faculty of Agriculture, Soil Science Department (In Persian).

5. Duncher, J. 2003. A guide to the production of satellite maps by Hamid Malarmian, Tehran. Distribution of the Geographic Organization of the Armed Forces .48(In Persian).

6. Fu, B., Liu, Y., Lü, Y., He, C., Zeng, Y., Wu, B. 2011. Assessing the soil erosion control service of ecosystems change in the Loess Plateau of China. Ecological Complexity, 8(4), 284-293.

7. Gelagay, H. S., Minale, A. S. 2016. Soil loss estimation using GIS and Remote sensing techniques: A case of Koga watershed, Northwestern Ethiopia. International Soil and Water Conservation Research, 4(2), 126-136.

8. Giongo, P. R., Moura, G. B. A., Silva, B. B., Rocha, H. R. D., Medeiros, S. R., Nazareno, A. C. 2010. Albedo à superfície a partir de imagens Landsat 5 em áreas de cana-de-açúcar e cerrado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, p.279-287, [http:// dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000300007](http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000300007).

9. Hazarika, M. K., Honda, K. 2001. Estimation of soil erosion using remote sensing and GIS: Its valuation and economic implications on agricultural production. Sustaining the global farm, 1090-1093.

10. Hong, S. h., Hendrickx, J. M., Borchers, B. 2009. Upscaling of SEBAL derived evapotranspiration maps from Landsat (30m) to MODIS (250m) scale. Journal of hydrology, 370(1): 122-138.

11. Hosseini Tavassol, M., Arzani, H., Farajzadeh Asl, M., Jafari, M., Babae kfaki, S., Kohandel, A. 2015. Vegetation monitoring changes in the growing season using satellite images and its relation to climatic factors case study: Alborz Province, Iran Journal of Range and Desert Research, Volume 22, Number 4, pp. 618-627(In Persian).

12. Jafari, R. 2009. The role of satellite remote sensing in assessing water erosion. Fifth National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering (Sustainable Natural Disaster Management), Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources of Gorgan (In

درصد نقاط در طبقه بحرانی زیاد و خیلی زیاد قرار گرفته و ۱۹/۴۳ درصد در طبقه‌های دیگر قرار گرفته‌اند، این تحلیل‌ها نشان دهند دقت بالای الگوریتم آلبدو سطحی برای استخراج پهنه‌های فرسایشی در حوزه جاجرود می‌باشد.

## بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه با استفاده از الگوریتم آلبدو سطحی به طبقه‌بندی فرسایش حوزه آبخیز جاجرود در ۵ طبقه پرداخته شد. نتایج نشان دهنده این واقعیت است که بر اساس الگوریتم آلبدو سطحی محدوده فرسایش خیلی زیاد دارای همبستگی بالایی با پوشش گیاهی منطقه می‌باشد، مناطق با پوشش ضعیف و خاک‌های برهنه نیز دارای فرسایش شدید می‌باشند و مناطقی که دارای پوشش گیاهی متراکم بوده‌اند دارای کم‌ترین حساسیت به فرسایش هستند. به طوری که در نقشه شماره (۸) نمایش داده شده است، مناطق جنگلی و درختی و پهنه‌های آبی مناطقی بدون فرسایش یا با فرسایش خیلی کم مشخص گردیده‌اند. نتایج نهایی مطالعه نشان دهنده این فرایند می‌باشد که تصاویر ماهواره‌ای در برآورد فرسایش خاک از قابلیت بالایی برخوردارند؛ بنابراین، این فناوری‌ها را می‌توان برای حوزه‌های مشابه بکار گرفت. نتایج این تحقیق تفاوتی با سایر پژوهش‌های بررسی شده دارد. و این تفاوت این است که در پژوهش‌های قبل، نظر کارشناسی در چگونگی تعیین عوامل موثر در صحت و کارایی بسیار تاثیر گذار است اما در روش آلبدو سطحی نظر کارشناسی کم‌ترین دخالت ممکن را دارد و صحت کار وابستگی کامل به تصاویر ماهواره‌ای از نظر دقت مکانی تصویر دارد و از طرفی وضعیت بارشی منطقه نیز در این آلبدو مورد توجه ویژه است. از نتایج این پژوهش می‌توان در شناسایی مناطق دارای فرسایش شدید، در حوزه‌های آبخیز برای مدیریت بهتر و اعمال پروژه‌های آبخیزداری با صرف کم‌ترین زمان و در بالاترین دقت استفاده نمود.

## منابع

1. Bahrawi, J. A., Elhag, M., Aldhebani, A. Y., Galal, H. K., Hegazy, A. K., Alghailani, E. 2016. Soil Erosion Estimation Using Remote Sensing Techniques in Wadi Yalamlam Basin. Saudi Arabia. Advances in Materials Science and Engineering, 2016.

2. Bastiaanssen, W., Menenti, M., Feddes, R., Holtslag, A. 1998. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL). 1. Formulation. Journal of hydrology, 212: 198-212.

3. Chitsaz, v., Fatemi, S. B., Eskandari, Z.A., 2013. The feasibility of identifying soil erosion types through the use of image filters on ETM + and ASTER image sensors. Scientific and Research Journal of Watershed Engineering

21. Sabziparvar, A., Fakharizade, E., Marofi, Rezai, Y., 2015. Estimating the land surface albedo using Level1-G and CDR Landsat-7 satellite images and nbsps; Agricultural Meteorology Journal,; 3(2).pp 45-54(In Persian)
22. Silva, B. B. D., Braga, A. C., Braga, C. C. Oliveira, L. M., Montenegro, S. M., Barbosa Junior, B. 2016. Procedures for calculation of the albedo with OLI-Landsat 8 images: Application to the Brazilian semi-arid. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 20(1), 3-8.
23. Silva, B. B., Lopes, G. M., De Azevedo, P. V. 2005. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5-TM. Revista Brasileira de Meteorologia, 20(2), 243-252.
24. Souza, J. D., Ceballos, J. C., da Silva, B. B. 2014. Surface albedo obtained with MODIS images in cases of low and high aerosol loading in the atmosphere. Revista Brasileira de Geofísica, 32(1), 5-20.
25. Tasumi, M., Allen, R. G., Trezza, R. 2008. Atsurface reflectance and albedo from satellite for operational calculation of land surface energy balance. Journal of Hydrologic Engineering, 13(2):51-63.
26. Uchida, S. 2015. Applicability of satellite remote sensing for mapping hazardous state of land degradation by soil erosion on agricultural areas, Procedia Environmental Sciences 24, 29 – 34
27. Vemu, S., Pinnamaneni, U. B. 2011. Estimation of spatial patterns of soil erosion using remote sensing and GIS: a case study of Indravati catchment. Natural Hazards, 59(3), 1299-1315.
28. Wang, L., Huang, J., Du, Y., Hu, Y., Han, P. 2013. Dynamic assessment of soil erosion risk using Landsat TM and HJ satellite data in Danjiangkou Reservoir area, China. Remote Sensing, 5(8), 3826-3848.
29. Wang, S., Davidson, A. 2007. Impact of climate variations on surface albedo of a temperate grassland. Agricultural and Forest Meteorology, v.142, p.133-142, 2007.
30. Zemenu, D, Minale, A. S. 2014. Adoption of soil conservation practices in North Achefer District, North west Ethiopia. Chinese Journal of Population Resources and Environment, 2014, Vol.
- Persian).
13. Kazemi, M., Nohegar, A., Rezaei, Peyman. 2013. IRS Data, Remote Sensing and Geographic Information System for determining the effective variables in the EPM model (Case study: Tang-Bostanak Watershed). Quarterly Journal of Environmental Erosion Research, Vol. 2, No. 8, pp. 48-35(In Persian).
14. KHayrkhah, M. M., Mahbobian, A., Hesadi, h. 2012. Comparison of Estimated Estimated Surface Albiodes from Landsat and Modis Images, Journal of Remote Sensing and Geographic Information Systems of Bushehr University of Technology, Volume 5, Number 2, Page 39-48(In Persian).
15. Kheirkhah Zarkesh, M., Mahboubian, A., Hesadi, H. 2014. «Comparison of surface albedo estimated from LandSat and MODIS image», Journal of RS and GIS for Natural Resources, 5(2), pp. 39-48. (In Persian)
16. Kumar, A, Devi, M., Deshmukh, B. 2014. Integrated remote sensing and geographic information system based RUSLE modelling for estimation of soil loss in western Himalaya, India. Water resources management, 28(10), 3307-3317.
17. Lopes, P. M. O; Valeriano, D. M; Silva, B. B. D., Moura, G. B. A., Silva, A. O. D. 2013. Simulação do saldo de radiação na Serra da Mantiqueira. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, p.780-789, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000700013>.
18. Rahimi, M., Damavandi, A.S. Jafarian, v. 2014. Remote sensing applications in the assessment and monitoring of land degradation and desertification. Journal of Economic, Social and Forest Sciences, Forest, Rangeland and Watershed Management, pp. 8-20(In Persian).
19. Raufi, M., Refahi, H., Jalali, N., Sarmandian, F. 2004. Evaluating the Effectiveness of Digital Image Processing of Satellite Images to Prepare and Identify Soil Erosion. Journal of Agricultural Sciences of Iran, Volume 35, Issue 4, Pages 807-797(In Persian).
20. Rostae, Sh., Rasooli, AS. A. Ahmadzadeh H. 2009. Modeling of erosion and sedimentation of Qaleh Chay basin in Ajab Shir using satellite data in GIS environment, Journal of Geography and Development, Vol. 8, No. 18 pp. 159 - 178 (In Persian).

*Abstract*

## Recognizing the Eroded Areas Using the Surface Albedo Algorithm for Landsat 8 Satellite Imagery (Case Study of Basin Jajrood)

H. Amoonia<sup>1</sup>, S. Shayan<sup>2</sup> and M. Yamani<sup>3</sup>

Received: 17-07-2017 Accepted: 03-06-2018

Soil is one of the most important natural resources of any country. The erosion causes not only the depletion of the soil and the loss of the land, and great and irreparable damages, but also with the deposition of materials in streams, reservoirs, ports, and reduced pool capacity. Therefore, it should not be underestimated. In this study, we identify and zoning of the erosion areas in the basin of Jajrud river basin. For this purpose, landsat 8 satellite imagery of landsat 8 / 8 / 2016 and digital elevation model were used and surface albedo were calculated for the study area and classified into five categories. The results showed that the area of 14677.30 hectares of land area has high erosion conditions and most of these areas are located above the dam and are considered a threat to the reservoir.

**Keywords:** *Soil erosion, Surface albedo, Landsat 8, DEM, Mamlou dam, Basin jajrood*

1. Corresponding Author and Ph.D. student in Geomorphology Environmental Management, Tarbiat Modarres University, E-mail: amoonia.h@gmail.com

2. Associate Professor, Department of geography, Tarbiat Modares University, Tehran

3. Professor, Department of Geography, Tehran University, Faculty of Geography, Tehran