

## بهینه سازی روش های حفاظت خاک از طریق ترکیب عوامل موثر در فرایند فرسایش آبی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز فرحزاد)

محمد همتی<sup>۱\*</sup>، محبوبه قاسمی<sup>۲</sup>

چکیده

طی دهه های اخیر، میزان فرسایش خاک در ایران افزایش چشم گیری یافته است به طوری که در بازه زمانی سال ۱۳۳۰ تا کنون با روند رشدی معادل ۴۲۰ درصد همراه بوده است، در حال حاضر این معضل اساسی سبب شده است تا حفاظت خاک و مدیریت صحیح اراضی به یکی از دغدغه های مهم تبدیل شود. گستره وسیع اکثر حوزه های آبخیز کشور و محدودیت منابع مالی و اجرایی، سبب شده اند تا مدیران حوزه های آبخیز به دنبال برنامه ریزی بهتری برای شناسایی عرصه های الویت دار برای حفاظت خاک باشند، از سوی دیگر مدل ها و روش هایی که در این زمینه مطرح هستند گاهی به دلیل تنوع عوامل و دشواری محاسبه آنها، از کارایی مناسب برخوردار نبوده، لذا استفاده از یک روش ساده تر از مقبولیت بالایی برخوردار است. در این پژوهش به منظور شناسایی نقاط بحرانی تحت خط فرسایش خاک در حوزه آبخیز فرحزاد، از روش اندیس تجمعی فرسایش (CEI) استفاده شد. در این روش سه عامل شیب اراضی، زمین شناسی و نیز کاربری اراضی به عنوان مهم ترین عوامل موثر در بروز فرسایش آبی مد نظر قرار گرفتند و بر اساس ترکیب آنها در محیط GIS، شاخص تجمعی فرسایش برآورد و بعد از طبقه بندی آن، عرصه های مختلف حوزه فرحزاد جهت الویت گذاری برای اجرای شیوه های مختلف حفاظت خاک شناسایی و طبقه بندی شدند.

واژه های کلیدی: بحران های محیطی، فرسایش آبی، شدت فرسایش، سیستم اطلاعات جغرافیایی

<sup>۱</sup> - استادیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره)، شهری، تهران، ایران

نویسنده مسئول: Moh\_hemmati2051@yahoo.com

<sup>۲</sup> - دانشجوی دوره کارشناسی ارشد کاربرد ژئومرفولوژی در علوم محیطی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام

خمینی (ره)، شهری، تهران، ایران

## مقدمه

امروزه فرسایش خاک به عنوان خطری برای رفاه انسان و حتی برای حیات او به شمار می آید. در مناطقی که فرسایش کنترل نمی‌شود. خاک‌ها به تدریج فرسایش یافته و حاصلخیزی خود را از دست می‌دهند، این مساله در شرایط بحرانی سبب شور شدن خاک‌ها، عدم زاد آوری مراتع و گونه‌های درختی و در یک کلام تخریب اراضی و بیابانی شدن را بدنبال خواهد داشت. در بسیاری از موارد به دلیل گستره وسیع آبخیزها و نیز نبود امکانات مالی کافی، امکان تعیین دقیق مقدار فرسایش و رسوب حوزه‌های آبخیز فرایندی دشوار محسوب می‌گردد، به شکلی که بسیاری از حوزه‌های کشور فاقد ایستگاه‌های اندازه‌گیری فرسایش و بار رسوب رودخانه‌ای هستند و از طرف دیگر در صورت تامین منابع مالی لازم برای این کار لاجرم باید از مدل‌های تجربی برآورد فرسایش و رسوب استفاده کنند، که این مدل‌ها خود دارای نتایج متفاوتی هستند و دامنه نتایج حاصل از آنها تفاوت‌های فراوانی دارد، در چنین شرایطی روش‌های ساده‌تر برآورد فرسایش می‌توانند با تاکید بر میزان شدت فرسایش، الگویی را ارائه نمایند تا بر اساس آن با کمترین اطلاعات محیطی بتوان نسبت به اتخاذ تصمیمات درست اقدام نمود. این مقاله نیز به دنبال یافتن چنین دستاوردی طراحی و تعریف شده است، تا بر اساس یک روش نوین بتوان در خصوص شدت فرسایش آبی حوزه آبخیز فرحزاد نظرات مفیدی را ارائه نمود و بتوان

راهکارهای مبارزه با فرسایش را بر اساس الگوی نقشه شدت فرسایش شناسایی نمود. Uri و Lewis (۱۹۹۸)، بیان داشته‌اند که فرسایش سالانه هزینه‌ای معادل ۳۰ بیلیون دلار و Pimental و همکاران (۱۹۹۳) نیز معتقدند که خسارات سالانه فرسایش رقم ۴۴ بیلیون دلار در سال می‌باشد. [۸].

Atawoo (۲۰۰۵)، بیان داشت که فرسایش خاک به عنوان یکی از مشکلات جدی منابع طبیعی، از طریق هدر رفت فیزیکی خاک، کاهش عمق ریشه، آب قابل دسترس و ذخایر غذایی موجب کاهش عملکرد محصولات کشاورزی می‌شود. وی معتقد است که عملیات کنترل فرسایش خاک زمانی موفقیت‌آمیز خواهد بود که بدانیم چه نوع خاکی در معرض فرسایش بوده و چه فاکتورهایی در ایجاد حساسیت موثرتر هستند [۳].

Cochrane و همکاران (۲۰۰۱)، جهت تعیین مناطق پرخطر و پهنه‌بندی فرسایش در حوزه آبخیز سد ایتاپیو که با ۱۵۰۰۰۰ کیلومتر مربع در حد فاصل دو کشور برزیل و پاراگوئه قرار گرفته است، از مدل RUSLE استفاده کرده و بیان داشتند که جهت مدیریت حوزه آبخیز بالادست این سد در ابتدا با توجه به وسعت بالای حوزه، ضروری است تا با پهنه‌بندی خطر فرسایش در ابتدا مناطق با فرسایش شدید و خیلی شدید شناسایی شده و سپس در فاز تفصیلی نسبت به مطالعات با مقیاس بزرگ‌تر اقدام گردد. آنان فاکتور R را با استفاده از تحلیل

ریودوژانیروی برزیل برگزار گردید، مفهوم توسعه پایدار به روشنی تبیین شده است، در میان اسناد مختلف سیاست گذاری های مدیریت منابع طبیعی، این کنفرانس پیوستی را در قالب مشکلات عمده حوزه های آبخیز به انتشار می رساند، که در یک بخش آن توسعه پایدار عرصه های کوهستانی تاکید شده است، این عنوان در برگیرنده برنامه های مختلف و یکپارچه آبخیزداری در حوزه بالادست بوده است که یکی از موارد ویژه آن شناسایی عرصه های تحت خطر فرسایش آبی و سپس طراحی صحیح کاربری اراضی به منظور کاهش فرسایش خاک بوده است [۶]. انق و همکار (۲۰۰۴)، در مطالعه ای در حوزه آبخیز کاشیدر به این نتیجه رسیدند که استفاده از واحدهای ژئومرفولوژی به عنوان واحد کاری، در مقایسه با واحد شکل زمین به عنوان واحد کاری، محققان را از نتایج بهتر و دقیق تری برخوردار خواهد کرد. [۹]. محمدخان و همکاران (۱۳۸۹)، در مطالعه ای که در محدوده سد لتیان انجام دادند اشاره داشتند که فرسایش، به علت اثرات فراوان اقتصادی و زیست محیطی همواره دغدغه بزرگی برای کشاورزان، مهندسان و سیاست گذاران منابع طبیعی در سال های اخیر به شمار می آید. بنابراین برای مبارزه و به تبع آن موفقیت در مهار فرسایش خاک ضرورت دارد اقدام به شناخت و آگاهی از عوامل موثر بر فرسایش، دامنه و شدت تاثیر آنها و بالاخره الویت بندی مناطق از نظر شدت فرسایش و تولید رسوب شود اما این کار به دلیل

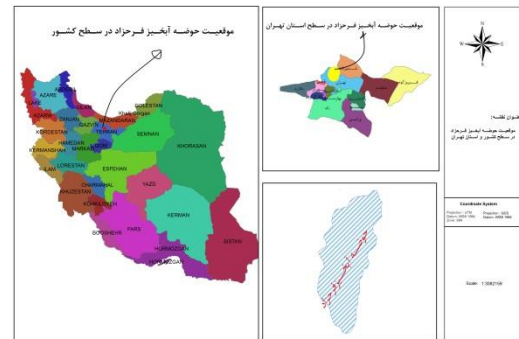
رگبارهای ۳۰۰ ایستگاه هواشناسی برآورد کردند و سپس با درون یابی آن را به کل حوزه تعمیم دادند [۲]. Davison و همکاران (۲۰۰۵)، بیان داشته اند که جهت توسعه پایدار یک حوزه آبخیز و کمک به اجرای سیاست های ملی کاهش واردات مواد غذایی مورد نیاز، یک تخمین مکانی از برآوردهای فرسایش ضروری و اجتناب ناپذیر است. جهت تحقق این مساله آنان روشی را جهت برآورد فرسایش ناشی از بارش، نظیر تعیین مقدار انرژی جنبشی رگبارها به کمک سایر پارامترهای سهل الوصول ارائه کردند. [۵]. Bhattarai و همکار (۲۰۰۶)، در برآورد میزان فرسایش خاک در حوزه آبخیز Mun River با استفاده از GIS، تاکید نمودند که استخراج پارامترهای موثر در فرسایش خاک تا حدود زیادی به نوع روش و تکنیک کاربرد نرم افزار GIS بستگی دارد و انتخاب روش مناسب اثر چشمگیری در نتیجه نهایی دارد، بطور مثال آنان روی میزان اندازه سلول های نقشه مدل رقومی ارتفاع تاکید ویژه ای داشته اند [۴]. شادفر و صبح زاهدی (۱۳۹۱)، علل توسعه فرسایش خندقی در حوزه آبخیز علی آباد استان گیلان را مورد بررسی قرار دادند، نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که واحدهای سنگ شناسی Ng2 و Qf1 و کاربری مرتع فقیر (۱۰۰ درصد) دارای بیشترین گسترش مناطق تحت تاثیر فرسایش خندقی در حوزه آبخیز مورد مطالعه می باشند [۱۱]. در کنفرانس توسعه و محیط زیست سازمان ملل متحد که در سال ۱۹۹۲ در



۵۰-۲۵ درصد می باشد. که این مساله بیانگر شرایط تقریباً متوسطی از توپوگرافی موجود است، زیرا که فراوانی شیب های بالای ۵۰٪ معادل ۴۷/۶۸ درصد است. لذا یک حالت تعادل بیان کلاس های شیب وجود دارد.

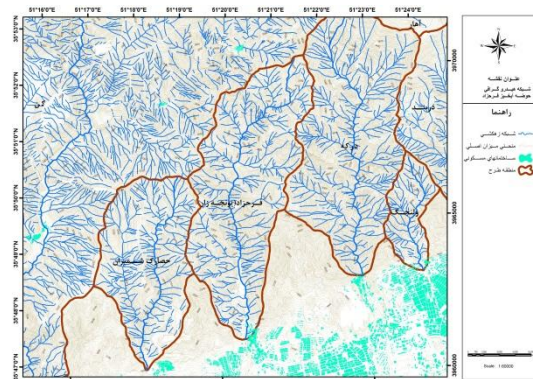
بررسی های هواشناسی نشان داد که میانگین بارش سالانه این حوزه آبخیز معادل ۶۴۵ میلیمتر در سال و میانگین دمای سالانه نیز ۸/۵ درجه سلسیوس می باشند. بررسی زمین شناسی حوزه آبخیز فرحزاد نشان داد که در این حوزه سازندهای موجود مشتمل بر سازندهای سازند کرج از دوران سوم (سنوزوئیک) زمین شناسی و بالاخره نهشته ها و رسوبات کوارترنری شامل تراس های قدیمی آبرفتی و جدید حاشیه رودخانه ها که غالباً بر روی آنها باغات و اراضی کشاورزی قرار گرفته همراه با ریزش ها و لغزش ها و رسوبات کوهرفتی و آبرفتی بستر رودخانه ها که مربوط به دوران حاضر زمین شناسی می باشند. از نظر سنگ شناسی نیز همانطور که در واحدهای مختلف چینه شناسی منطقه دیده می شود، گستره طرح بیشتر از سنگ های رسوبی تشکیل شده است. سنگ های منطقه در سه گروه سنگ های آذرین، رسوبی و آذر آواری قرار می گیرند. در این حوزه به لحاظ ژئومورفولوژیکی، هر سه واحد کوهستان، تپه ماهور و دشت حضور دارند، اما به نسبت مساحت محدوده تحت اشغال کوهستان بیشتر از بقیه است. به لحاظ کاربری اراضی در حوزه آبخیز فرحزاد انواع کاربری های مرتع، درختکاری،

در این حوزه، شدت عوارض کوهستانی با کاهش ارتفاع از شمال به جنوب کاسته می شود. وجود بافت شهری و تاسیسات مختلف در پایین دست این حوزه، ضرورت توجه به مقوله آبخیزداری و ساماندهی اراضی بالا دست را به امری اجتناب ناپذیر تبدیل نموده است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز فرحزاد و شکل ۲ نمایی از حوزه آبخیز فرحزاد را همراه به مناطق هم جوار و اراضی پایین دست آن نمایش می دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز فرحزاد در تقسیمات سیاسی - اداری کشور

(منبع: نگارنده)



شکل ۲- نقشه شبکه آبراه های حوزه آبخیز

فرحزاد (منبع: نگارنده)

بررسی شیب اراضی در این حوزه نشان می دهد، که نما یا مد کلاس های شیب موجود، کلاس

در این روش بعد از تهیه هر یک از سه نقشه یاد شده برای منطقه مورد مطالعه، هر یک از نقشه‌ها به کلاس‌های مختلفی تقسیم شده و به هر وضعیت از کلاس شیب، نوع واحد سنگ‌شناسی و نیز نوع کاربری اراضی امتیازاتی از ۱ تا ۷ داده می‌شود، نقشه شیب ماهیتا در محیط رستری تولید شده، اما دو نقشه زمین شناسی و کاربری اراضی در محیط وکتوری تولید می‌شوند، البته جهت رویهم‌گذاری این سه نقشه باید فرمت آنها یکسان سازی شود که برای این منظور ترجیح داده شد تا نقشه شیب به فرمت وکتوری تبدیل شده تا توانایی رویهم‌گذاری بر روی دو نقشه دیگر را پیدا کند. در این روش CEI، معادل مجموع امتیاز نقشه شیب، زمین‌شناسی و کاربری اراضی است. بعد از رویهم‌گذاری این سه نقشه، امتیاز نهایی عرصه‌های موجود مشخص می‌گردد. در مرحله آخر این روش امتیازات نهایی موجود مجدداً کلاسه‌بندی شده و بر اساس دامنه‌های تعریف شده زون‌ها یا مناطق مختلفی از نقشه حوزه استخراج می‌گردد که بیان کننده کلاس‌های مختلف فرسایش‌پذیری خاک و اراضی هستند. در همین راستا بعد از تهیه لایه رقومی یا دیجیتالی خطوط میزان (Contour Line) محدوده شمال تهران، ابتدا نقشه مدل رقومی ارتفاع حوزه آبخیز فرحزاد (DEM) تهیه گردید و سپس در محیط نرم افزار ARC GIS، نقشه شیب اراضی این حوزه با پیکسل‌های ۱۰ متری تهیه شد و سپس جهت امکان رویهم‌گذاری

بیرون‌زدگی سنگی و اراضی صخره‌ای، گورستان، بوته‌زار، منطقه مسکونی شهری و باغات حضور دارند که در این بین کاربری بیرون‌زدگی سنگی و اراضی صخره‌ای با ۵۰/۹۵٪، بیشترین فراوانی را دارند.

### روش تحقیق:

جهت تعیین پتانسیل و توان فرسایش پذیری اراضی یک حوزه آبخیز روش‌های مختلفی وجود دارد، برخی از این روش‌ها در واقع روش‌هایی هستند که در قالب مدل‌های تجربی برآورد فرسایش و رسوب ارائه شده‌اند، دو مدل معروف برآورد فرسایش و رسوب MPSIAC و EPM از جمله این مدل‌ها هستند. در این تحقیق روش کار بر مبنای برآوردی از اندیس تجمعی فرسایش (Cumulative Erosin Index) صورت پذیرفت. در واقع یکی از مسائلی که در زمان استفاده از مدل‌های تجربی برآورد فرسایش و رسوب مطرح می‌گردد، مساله تعیین و برآورد پارامترهای مختلفی است که در مدل مطرح هستند، این مورد مستلزم صرف وقت، هزینه و زمان قابل توجهی است، در چنین مواردی برای کاهش هزینه‌ها و زمان انجام کار معمولاً از روش‌های ساده‌تری که مبتنی بر استفاده از یکسری از اطلاعات محیطی موثر در فرسایش هستند استفاده می‌گردد.

در روش اندیس تجمعی فرسایش (CEI) پارامترهای شیب اراضی، زمین‌شناسی و نیز کاربری اراضی به عنوان مهم‌ترین عوامل موثر در بروز فرسایش آبی مد نظر قرار می‌گیرند. [۱].

نقشه‌ها، نقشه شیب تولید شده مطابق جدول شماره ۱ در هفت کلاس تقسیم‌بندی شد. جدول ۱- طبقه بندی شیب اراضی و امتیاز هر طبقه

حوزه برش داده شد و با استناد به جدول دیاکانوف و الگوی مورد استفاده در روش Mpsiac در خصوص ارتباط سختی سنگ‌ها و میزان حساسیت آنها به فرسایش، به هر یک از واحدهای سنگی، امتیازی بین ۱ تا ۱۰ داده شد، به طوری که هر چه میزان سختی و مقاومت سنگ بالاتر بوده، امتیاز فرسایشی آن کمتر بوده است. جدول شماره ۲، این موضوع را نشان می‌دهد.

نقشه‌ها، نقشه شیب تولید شده مطابق جدول شماره ۱ در هفت کلاس تقسیم‌بندی شد. جدول ۱- طبقه بندی شیب اراضی و امتیاز هر طبقه

امتیاز عامل شیب	مساحت (هکتار)	کلاس شیب (%)
۱	۳/۱۴	کمتر از ۵
۲	۱۷/۰۲	۵-۱۲
۳	۴۹/۹۳	۱۲-۲۰
۴	۱۱۱/۵۷	۲۰-۳۰
۵	۱۱۴۱/۵۲	۳۰-۶۰
۶	۹۲۹/۵۹	۶۰-۱۰۰
۷	۱/۳۹	بیشتر از ۱۰۰

با بررسی نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه و استفاده از مرز حوزه آبخیز فرحزاد، کلیه واحدهای سنگ شناسی موجود در این

جدول ۲- طبقه بندی لیتولوژیکی سنگ‌های موجود و امتیاز هر یک

کد واحد سنگ شناسی	نوع لیتولوژی غالب	مساحت (هکتار)	امتیاز فرسایش پذیری
<i>Etsv1</i>	توف سبز توده‌ای و شیل با گدازه‌های داسیتی	۳۲۳/۰۳	۸
<i>Qal</i>	رسوبات آبرفتی	۲۸/۴۶	۹
<i>PLC</i>	آبرفت‌های دوران چهارم	۸	۱۰
<i>Qf</i>	رسوبات آبرفتی	۱۷/۷۱	۹
<i>Ed</i>	دایک‌های اتوسن	۵/۷۶	۵
<i>Edg</i>	توده نفوذی نیمه عمیق به شکل سیل و دایک	۸۵/۷۵	۴
<i>ESH3</i>	ماسه سنگ توفی	۱۸/۸۹	۶
<i>Etc3</i>	توفیت، کنگلومرا و مواد رسوبی توریدتی	۱۲/۷۵	۷
<i>ES6</i>	توف	۹۸/۵۶	۶
<i>Qt2</i>	آبرفت جوان و رسوبات رودخانه‌ای	۱۳/۸۵	۱۰

کد واحد سنگ شناسی	نوع لیتولوژی غالب	مساحت (هکتار)	امتیاز فرسایش پذیری
Et2	توف سبز ستبرلایه تا توده‌ای با شیل	۱۰۱۰/۹۵	۳
Er1	توف‌های ریولیتی و گدازه‌های مقاوم به	۱۷۲/۵۵	۲
H	ماسه سنگ و سیلتستون	۴۴/۱۹	۶
Ebt	باتولیت‌های ائوسن	۶۲/۸۷	۴
Etsh1	توف سبز و شیل	۱۳۲/۹۱	۶
Esht1	توف و شیل	۹۰/۵۰	۷
Esc3	ماسه سنگ	۵۸/۹۷	۵
Esc4	ماسه سنگ، کنگلومرا و توف سبز صخره ساز	۶۸/۰۴	۴
Est4	ماسه سنگ روشن ضخیم لایه و توفیت	۴/۳۲	۷

جدول ۳- امتیازات عامل کاربری اراضی برای کاربری‌های موجود

نوع کاربری اراضی	مساحت (هکتار)	امتیاز عامل کاربری اراضی
مرتع	۱۰۳۹/۶۷	۴
درختکاری	۵/۲۴	۲
بیرون زدگی سنگی و اراضی صخره‌ای	۱۱۴۸/۶۷	۷
بلوک ساختمانی	۴/۷۹	۲
منطقه مسکونی شهری	۱/۴۲	۱
باغ	۵۳/۴۱	۱
قبرستان	۰/۰۹	۲
بوته‌زار	۰/۸۴	۶

اصطلاحاً به نوع فعالیت‌هایی که در حال حاضر در یک محدوده انجام می‌گردد، کاربری اراضی گفته می‌شود، این کاربری‌ها می‌تواند دامنه گسترده‌ای از فعالیت‌ها را شامل شده و یا در حد یک یا دو کاربری محدود گنجانده شود. در این پژوهش نیز با بررسی عکس‌های هوایی و نیز تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارت موجود ابتدا یک نقشه کاربری اراضی اولیه تهیه شد و سپس با بازدید میدانی، نقشه اولیه تدقیق و نهایتاً نقشه تدقیق شده کاربری اراضی تهیه شد. بر اساس نوع کاربری اراضی و تاثیر آن در وضعیت هیدرولوژیکی زمین به لحاظ پتانسیل نفوذپذیری و نیز پتانسیل تولید رواناب، به هر یک از کاربری‌ها امتیازات مربوطه در طیفی بین ۱ تا ۷ داده شد. جدول ۳- امتیاز فرسایش پذیری هر یک از کاربری‌های اراضی مختلف موجود در حوزه آبخیز فرحزاد را نشان می‌دهد.

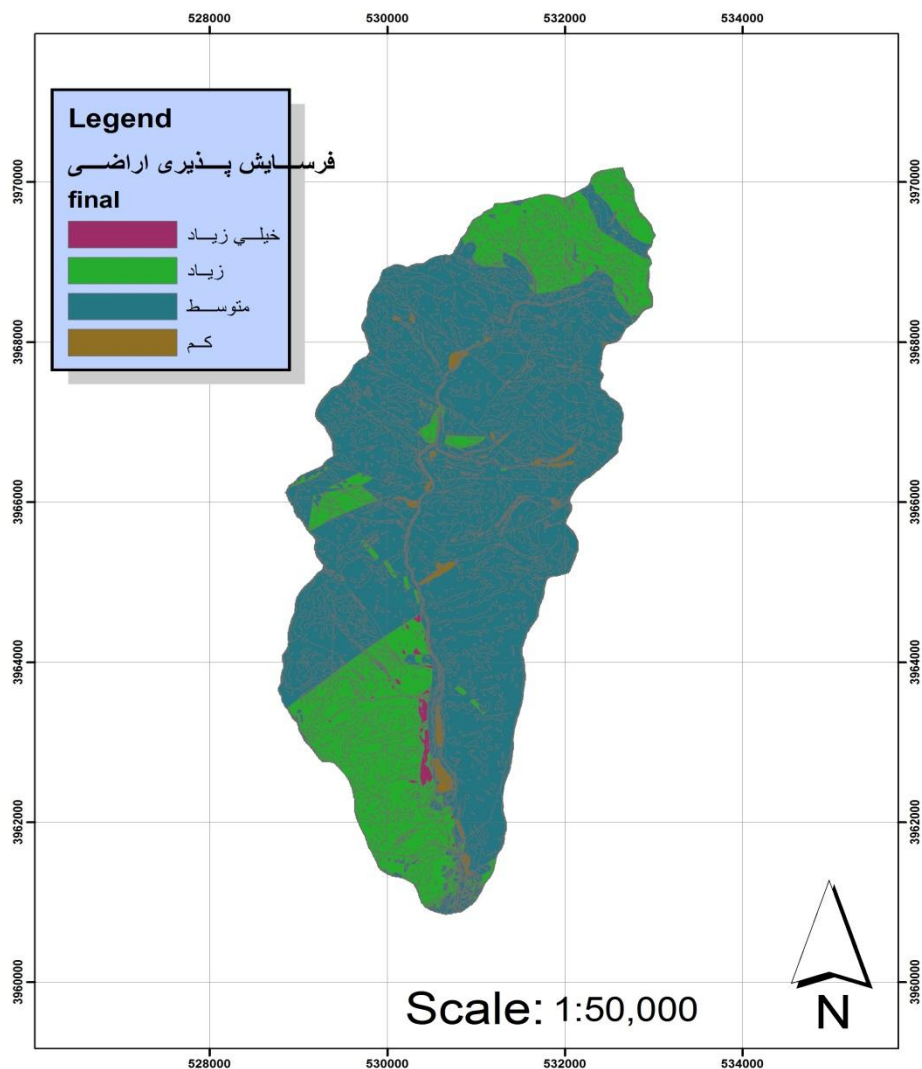


تلفیق و روی هم گذاری لایه های شیب، زمین شناسی و کاربری اراضی جهت برآورد شاخص CEI، لازم بود تا نقشه های سه گانه روی هم گذاری شوند، برای این منظور در محیط نرم افزار Arc GIS در ابتدا نقشه های شیب اراضی، زمین شناسی و کاربری اراضی کلاسه بندی شدند تا امکان اعمال کد جهت برآورد شاخص CEI، میسر شود، یعنی هر یک از پلی گون های مشابه امتیازات یکسانی پیدا کنند. سپس با استفاده از دستور Intersect نقشه های سه گانه روی هم گذاری شده و سپس با دستور Field Calculator، سه لایه با هم نظیر

به نظیر جمع شدند و امتیاز نهایی بدست آمد. در گام آخر مجدد نقشه نهایی کلاسه بندی مجدد گردید و طیف اعداد موجود در ۵ کلاس خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه بندی شد. جدول ۴، نتایج نهایی زون بندی انجام شده بر اساس شاخص CEI را نمایش می دهد. نقشه ۳ نیز پراکنش زون بندی حساسیت به فرسایش آبی در سطح حوزه آبخیز فرحزاد را نشان می دهد.

جدول ۴- کلاسه بندی فرسایش پذیری اراضی بر اساس امتیاز نهایی اندیس تجمعی فرسایش خاک (CEI)

ردیف	دامنه امتیاز	کلاس فرسایش پذیری اراضی	مساحت (هکتار)
۱	<۵	خیلی کم	-
۲	۵-۱۰	کم	۳۱/۱۰
۳	۱۰-۱۷	متوسط	۱۶۳۱/۹۲
۴	۱۷-۲۱	زیاد	۵۷۶/۰۴
۵	۲۱-۲۴	خیلی زیاد	۱۱/۶۲



شکل ۳- پراکنش کلاس‌های فرسایش پذیری اراضی بر طبق امتیاز نهایی اندیس تجمعی فرسایش خاک (CEI)

### بحث و نتیجه‌گیری

مثال، Gupta و همکاران (۲۰۰۵)، جهت تعیین استراتژی‌های مناسب حفاظت خاک و کنترل فرسایش آبی به بررسی خطر فرسایش آبی در حوزه آبخیز لونی در ایالت الله‌آباد هندوستان با استفاده از مدل USLE و در محیط GIS پرداختند.[۷]. استفاده از سیستم اطلاعات

منابع فیزیکی جزء مهم‌ترین پارامترهای هر حوزه بوده که نشان دهنده پتانسیل آن سرزمین برای کاربری‌های مختلف می‌باشد، توسعه پایدار حوزه‌های آبخیز نیازمند شناسایی وضعیت فرسایشی آن است، این مساله توسط سایر محققین نیز مورد توجه بوده است، به طور

این رودخانه را به سمت رودخانه کن هدایت می‌کند، کاهش خواهد یافت.

همان طور که در ابتدای تحقیق نیز بیان شد، یکی از راه های کاهش میزان فرسایش نامتعارف و نیز کاهش رسوبات حاصله، شناسایی عرصه‌های با پتانسیل بالاتر فرسایش پذیری و نیز اجرای عملیات حفاظت خاک مناسب و متناسب آن است.

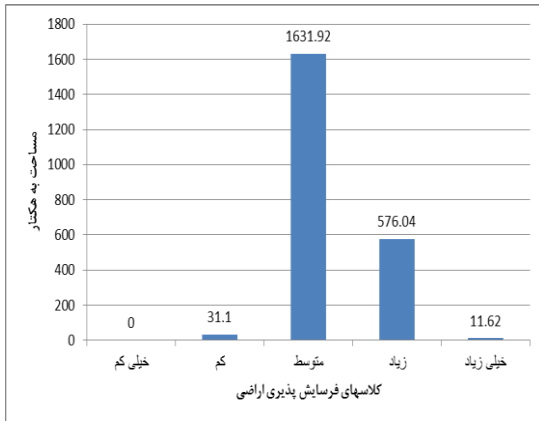
حوزه مطالعاتی دارای دو اجزاء واحد اراضی است که کوه‌ها دارای بیشترین سطح بوده که ۹۳/۹۳ درصد از حوزه را شامل می‌شوند و محدودیت بسیار زیادی برای اجرای برنامه‌های عمرانی دارند.

بررسی انجام شده نشان داد که شاخص تجمعی فرسایش آبی در بخش‌های مختلف این حوزه دارای مقادیر متفاوتی است، بر این اساس کلاس متوسط توان فرسایش پذیری با مساحتی معادل ۱۶۳۱/۹۲ هکتار، مساحتی معادل ۷۲/۵۱ هکتار را اشغال نموده است و در پی این طیف، کلاس زیاد توان فرسایش پذیری با مساحتی معادل ۵۷۶/۰۴ هکتار، درصدی معادل ۲۵/۵۹ هکتار را اشغال نموده است. کلاس شدت خیلی کم وجود نداشته و کلاس کم شدت فرسایش با ۳۱/۱ هکتار، ۱/۳۸ درصد از کل حوزه را اشغال نموده است. این وضعیت بیان می‌دارد که کلاس‌های متوسط تا زیاد، مد یا نمای وضعیت فرسایش پذیری حوزه آبخیز فرحزاد را تشکیل می‌دهند. شکل ۴ موید این مساله است. لذا می‌توان استدلال نمود که در گام اول الویت اجرای

جغرافیایی دستاوردی موثر در پایش مطالعات خاک می‌باشد، که در این تحقیق نیز به منظور ساده سازی مطالعات از آن استفاده شد، در همین راستا Sanjay (۲۰۰۱)، نیز در مطالعه خود در خصوص تخمین فرسایش خاک در یک حوزه آبخیز از منطقه هیمالیا در مقایسه استفاده از دو مدل مورگان و مدل USLE در بستر GIS بیان نمودند که چارچوب GIS یک روش سریع‌تر و بهتر را برای بررسی مدل مکانی فرسایش آبی فراهم کرده است [۱۰]. یکی از این مشکلات عمده بحث فرسایش پذیری بالای خاک‌های موجود در حوزه آبخیز فرحزاد است که بر روی سایر قابلیت‌های طبیعی این حوزه اثرات متفاوتی را داشته است.

بر اساس شواهد موجود، رودخانه فرحزاد بعد از خروج از بافت کوهستانی خود از طریق یک خط القعر واقع در آبرفت تهران، از شمال به جنوب تا میدان صادقیه به صورت روباز در جریان می‌باشد، این بخش از منطقه خارج از حوزه آبخیز کوهستانی آن توسط دو بزرگراه به نام‌های اشرفی اصفهانی (واقع در غرب رودخانه) و یادگار امام (واقع در شرق رودخانه) بریده شده است، به طوری که بزرگراه‌های ذکر شده به صورت دو زهکش در شرق و غرب رودخانه اصلی عمل می‌کنند. بنابراین در صورت کنترل رسوبات منتقل شده از این حوزه آبخیز، هزینه‌های مصرفی جهت لایروبی انهار پایین دست و خصوصا کانال انحرافی که جریان سیلاب‌های

حوزه، در کلاس‌های زیاد و خیلی زیاد خطر فرسایش‌دگی باران واقع شده‌اند، این عرصه‌ها با ویژگی‌های مورد اشاره پر خطرترین عرصه‌های موجود در یک حوزه به لحاظ توان فرسایشی مطرح هستند. در واقع با این رویکرد هم اثر عوامل زمینی مهم و هم تاثیر عامل ایجاد فرسایش آبی تواما لحاظ خواهند شد و از سوی دیگر همه این موارد با زمان و زحمت کمتری قابل تهیه و ارائه می‌باشند.



شکل ۴- توزیع فراوانی کلاس‌های حساسیت به فرسایش آبی در حوزه آبخیز فرحزاد

طرح‌های حفاظت خاک و کنترل فرسایش و رسوب باید در دو لکه با فرسایش پذیری زیاد که در شمال و جنوب غربی حوزه آبخیز فرحزاد واقع هستند، انجام گیرد و در گام بعدی جهت تکمیل دامنه اقدامات اوایه باید تمرکز فعالیت‌های حفاظت خاک و آبخیزداری در این دو منطقه که عمدتاً در بخش‌های میانی حوزه واقع هستند، صورت گیرد. این مهم از طریق اجرای عملیات بیولوژیکی بر روی دامنه‌ها و نیز عملیات مکانیکی بر روی آبراهه‌ها باید صورت گیرد. با توجه به اینکه هدف اصلی از انجام این تحقیق و پژوهش ارائه یک روش ساده و سهل‌الوصول جهت ارزیابی وضعیت فرسایشی یک حوزه آبخیز می‌باشد، پیشنهاد می‌گردد تا علاوه بر زون بندی یک حوزه بر اساس روش CEI، یک نقشه از توان فرسایش‌دگی باران تهیه شود، به عبارت دیگر با داشتن نقشه همفرسای باران، از حوزه آبخیز مورد مطالعه می‌توان در انتهای کار، نتیجه نقشه زون بندی حساسیت فرسایش آبی را که بر مبنای عوامل استاتیکی حوزه تهیه شده‌اند، را با نقشه فرسایش‌دگی باران همپوشانی نمود و بدین طریق عرصه‌هایی را شناسایی و معرفی نمود که علاوه بر واقع شدن در کلاس‌های زیاد و خیلی زیاد فرسایش پذیری

**References:**

- 1- Abdi, P., Priority and erosion potential zoning in Zanjanrod areas by using GIS, 2003, Geomatics congress, National Cartographic Center, Tehran, Iran.
- 2- A.Cochrane., Thomas, Filho, Celso Castro., Caviglione, João Henrique., Norton, Darrell., and Frederigi Benassi ,Simone., 2001, Identification of high risk erosion areas within the Itaipu basin by watershed modeling through RUSLE.
- 3- Atawoo, M, A., Heerasing . J. M., 1999, Estimation of soil erodibility and erosivity of rainfall patterns in Maurittus, agricultural research and extension unit of Australia.
- 4- Bhattarai, rabin., Dutta, Dushmata., 2007, Estimation of Soil Erosion and Sediment Yield Using GISat Catchment Scale, Water Resour Manage (2007) 21:1635–1647  
DOI 10.1007/s11269-006-9118-z
- 5- Davison, P., M.G.Hutchins, S.G.Anthony, M. Betson, C.Johnson, E.I.Lord, The relationship between potentially erosive energy and daily rainfall quantity in England and Wales, Science of the Total environment 344 (2005) P 15-25.
- 6- FAO Farestery paper, 2006., The new generation of watershed management programs and projects, European Observatory of Mountain Forests (EOMF), International Centre for Integrated Mountain Development (ICIMOD), Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Manejo de Cuencas Hidrográficas (REDLACH) World Agroforestry Centre (ICRAF).
- 7- Gupta1, R.D., Agarwal, V.C., & Hari Kishan, G. S., 2005, Implementation of USLE Model Under GIS Environment for Soil Erosion Assessment: A Case Study of LONI River Watershed, Motilal Nehru National Institute of Technology (MNNIT), Allahabad-211004, India.
- 8- Morgan, R. P.C., 2005, Soil erosion and conservation, national soil resources institute, Cranfield university, Blackwell publishing, third edition, 2005, 304 Pages.
- 9- Ownegh., M, Nohtani, M., 2004, relathionship between geomorphology units and erosion and sediment yield in KAashidar watershed, Golestan province., IRAN.
- 10- SANJAY K. JAIN, SUDHIR KUMAR and JOSE VARGHESE, 2001., Estimation of Soil Erosion for a Himalayan, Watershed Using GIS Technique, Water Resources Management 15: 41–54, 2001.
- 11- Shadfar, S., Sobh zahedi., Sh., 2007., The investigation of Gully erosion development causes in Aliabad Gilan Basin., fourth science and watershed engineering congress, Natural resources faculty. Tehran University. Iran.
- 12- Studies and watersheds evaluation office in Jihad ministry, proceeding of second national congress on erosion and sediment, Ionesco national central commission in Iran, 2000,