

## کارآیی مدل اصلاح شده PSIAC و EPM برای ارزیابی فرسایش خاک در تعیین شایستگی مرتع

فاضل امیری<sup>۱</sup>، حسین ارزانی<sup>۲</sup>، مهدی فرح‌پور<sup>۳</sup>، محمد رضا چائی چی<sup>۴</sup> و سید جمال الدین خواجه الدین<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۸۳۸۶/۸۳ - تاریخ پذیرش: ۸۳۸۳/۷

### چکیده

ارزیابی فرسایش خاک یکی از موارد مهم در تعیین شایستگی مرتع است. این تحقیق به منظور مقایسه کارآیی مدل اصلاح شده پسیاک و **چخ** در طبقه بندی حساسیت خاک به فرسایش در حوزه آبخیز قره آقاج با وسعت ۸۹۶۵۵۵ هکتار درسمیرم انجام گرفت. برای دستیابی به متغیرهای مدل‌های مورد بررسی، از خطوط توپوگرافی رقومی شده ۸۵۵۱۱، مدل رقومی ارتفاعی، نقشه شیب، عکس‌های هوایی ۸،۱۱۱۱، نقشه زمین‌شناسی، رخساره ژئومورفولوژی، پوشش گیاهی، خاکشناسی و کاربری اراضی استفاده گردید. در عملیات صحرایی در تمامی واحد‌های هیدرولوژیکی (به عنوان واحدهای کاری)، فرم‌های مربوطه به دو مدل تکمیل گردید. پس از تعیین امتیاز و نهایی سازی لایه‌های اطلاعاتی، ترکیب و تلفیق لایه‌ها صورت گرفت که حاصل آن ایجاد نقشه نهایی شدت فرسایش برای هر واحد هیدرولوژیک و تیپ‌های پوشش گیاهی بود. برای تعیین کلاس حساسیت خاک به فرسایش در ارزیابی شایستگی مرتع از روش فائو استفاده شد. فائو برای تعیین طبقات شایستگی حساسیت خاک به فرسایش چهار طبقه شایستگی خوب، متوسط، کم و غیر شایسته را پیشنهاد کرد. نتایج شدت فرسایش خاک نشان داد که در مدل جدید پسیاک، ۳۵٪، ۶۱٪ و ۳۵۱٪ از منطقه به ترتیب در کلاس فرسایش کم، متوسط و شدید طبقه بندی گردید. حال آنکه در مدل **چخ** ۵۷٪، ۵۱٪ و ۳۷۶٪ از منطقه به ترتیب در کلاس شایستگی متوسط، شدید و خیلی شدید قرار گرفت. نتایج مقایسه آماری برآورد فرسایش و رسوب دو مدل با مقادیر رسوب و فرسایش اندازه‌گیری شده نشان داد که فرسایش و رسوب برآورد شده توسط مدل اصلاح شده **باندخ** نسبت به مدل **چخ** فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۸ و ۵ درصد آماری است، که در مدل اصلاح شده **باندخ** نه عامل مؤثر در تعیین حساسیت خاک از عوامل مؤثر در تعیین شایستگی مرتع می‌باشد، بنابراین فرسایش برآوردی توسط مدل اصلاح شده **باندخ** واقعی‌تر است و نتیجه به دست آمده با مشاهدات صحرایی مطابقت داشت.

**واژه‌های کلیدی:** شایستگی مرتع، ارزیابی فرسایش، مدل اصلاح شده پسیاک، مدل ای-پی-ام، حوزه آبخیز قره آقاج، سیستم اطلاعات جغرافیایی.

۸- فارغ التحصیل دوره دکتری علوم مرتع، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

۵- استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳- استادیار پژوهشی موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع

۱- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران

۵- دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

## مقدمه

بر بسیاری از صاحب نظران مراتع کشور مسلم شده که به منظور گام نهادن در راستای توسعه پایدار استفاده از سایر توانمندیهای مراتع، نه تنها از تخریب این منابع عظیم و خدادادی می‌کاهد، بلکه موجبات رشد اقتصادی بهره برداران را نیز سبب می‌شود و طرح استفاده از مراتع بر اساس قابلیت آنها که در چند سال اخیر مطرح شده است با همین تفکر شکل گرفته است. از جمله کاربریها از مراتع کشور استفاده از علوفه مراتع جهت چرای دام است که، سه مدل تولید علوفه، منابع آب و حساسیت خاک به فرسایش اجزای مدل نهائی شایستگی چرای دام را تشکیل می‌دهند (۶). یکی از اجزای اصلی در مدل شایستگی چرای مراتع، تعیین حساسیت خاک به فرسایش است (۸، ۳، ۱، ۵، ۶، ۸۵، ۸۶، ۵۱، ۵۸، ۳۸).

در بسیاری از حوزه های آبخیز فاقد آمار و اطلاعات، جهت ارزیابی و تهیه نقشه‌های شدت فرسایش به صورت کیفی و کمی، از مدل‌های تجربی استفاده می‌شود (۸۵ و ۸۷)، که از بین مدل‌های تجربی مورد استفاده، کاربرد دو مدل اصلاح شده **باندخ** و **چخ** بیشتر مورد توجه کارشناسان و محققان داخلی است (۵۵). با وجود اینکه در زمینه استفاده از این دو مدل در تهیه حساسیت به فرسایش جهت تعیین شایستگی مرتع مطالعات زیادی صورت گرفته (۸، ۳، ۱، ۵، ۶، ۸۵، ۸۶، ۵۱، ۵۸، ۳۸)، اما تحقیق مقایسه ای تا کنون صورت نگرفته، بنابراین تحقیق حاضر به منظور مقایسه کارآیی این دو مدل با توجه معیارهای نهفته

در این مدلها برای ارزیابی حساسیت خاک به فرسایش جهت تعیین شایستگی مرتع و نیز استفاده از **دقت** جهت کاهش خطا و افزایش دقت نسبی در تجزیه و تحلیل مدلها، و در نهایت پیشنهاد مدل مناسب تر در تعیین حساسیت خاک به فرسایش در ارزیابی شایستگی مرتع صورت گرفت. از مطالعات انجام شده در خصوص حساسیت خاک به فرسایش در مدل تعیین شایستگی مرتع می‌توان به مطالعه جنگجو (۸۳۷۵)، محتشم نیا (۸۳۷۹)، شمس (۸۳۸۱)، آقامحسني فشمی (۸۳۸۸)، یوسفی خانقاه (۸۳۸۳)، علیزاده (۸۳۸۵) و رفاهی (۸۳۸۵) اشاره کرد. جنگجو برزل آباد (۸۳۷۵) از مدل فرسایش **چخ** جهت طبقه بندی حساسیت خاک به فرسایش در حوزه آبخیز دماوند استفاده نمود و اظهار داشت که به جزء در چهار زیرحوزه، حساس بودن سنگها به فرسایش و درصد شیب زیاد، باعث شده که کلاس شایستگی فرسایش خاک کم ارزیابی شود و در حالی که قسمت اعظم وسعت اراضی حوزه در طبقه شایستگی خوب و متوسط قرار گرفتند. محتشم نیا (۸۳۷۹) برای طبقه بندی حساسیت خاک به فرسایش جهت تعیین شایستگی مراتع دشت بکان استان فارس از مدل فرسایش **چخ** استفاده نمود و نتایج مطالعه وی نشان داد که بدلیل مقاوم بودن سازندهای تشکیل دهنده حوزه و عدم وجود سازندهای حساس به فرسایش در منطقه، طبقات شدت فرسایش توسط این مدل در واحدهای اراضی از متوسط تا اندک و در برخی موارد تا خیلی اندک برآورد شد. آقامحسني فشمی (۸۳۸۸) از مدل **چخ**

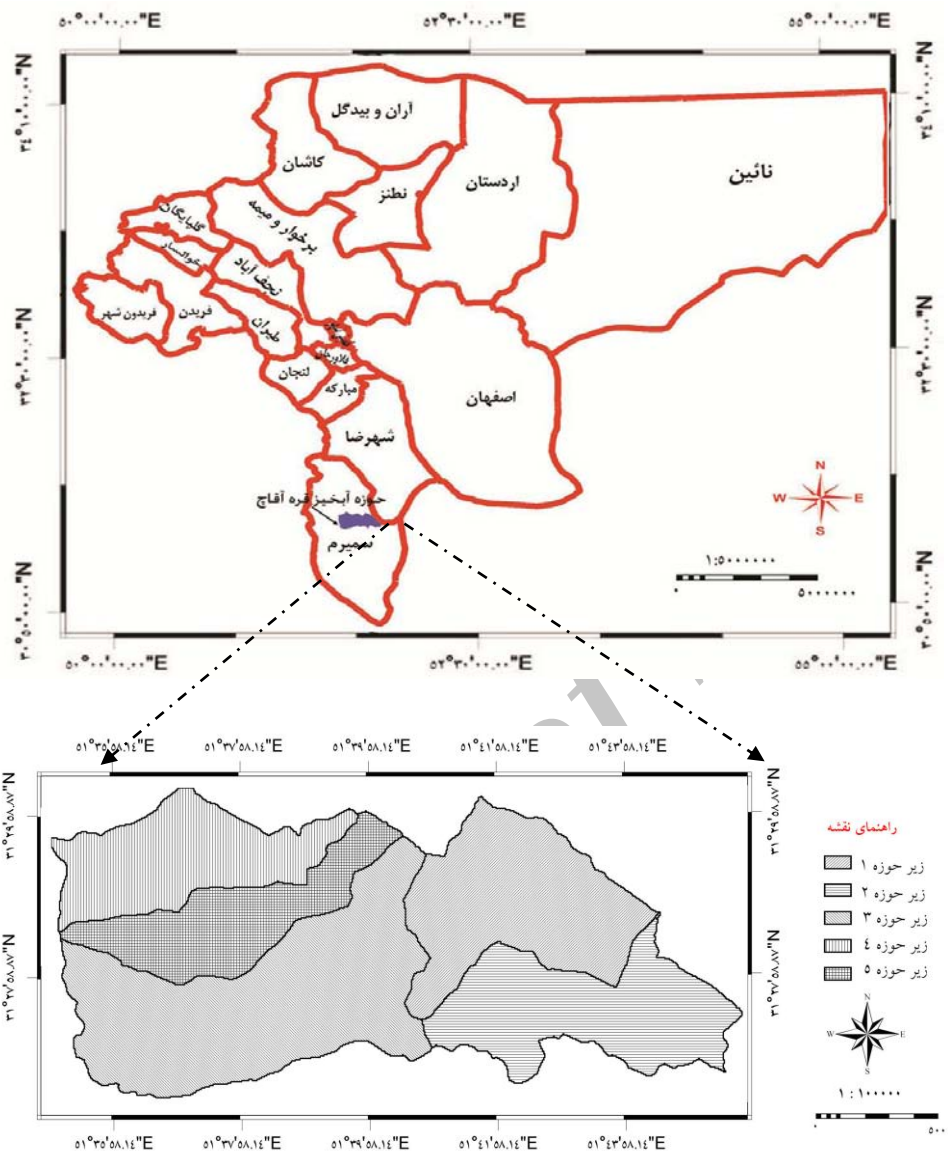
برای تعیین شایستگی حساسیت خاک به فرسایش در حوزه لار استفاده کرد و نتیجه بررسی او نشان داد که هیچ سطحی از مراتع در طبقه شایستگی ح (غیر شایسته) واقع نشد و قسمت اعظم مراتع منطقه در طبقه شایستگی کم و متوسط واقع شدند که دلیل آنرا بالا بودن درصد شیب این طبقات شایستگی بیان داشت. شمس (۸۳۸)، یوسفی خانقاه (۸۳۳) و علیزاده (۸۳۸۵) جهت تعیین طبقه شایستگی حساسیت خاک به فرسایش از روش چخ استفاده کردند و بیان داشتند که عامل شیب و حساسیت سنگ و خاک به فرسایش، تعیین کننده طبقات شایستگی فرسایش است. ارزانی و همکاران (۸۳۸۳) و رفاهی (۸۳۸۵)، برای تهیه حساسیت خاک به فرسایش از مدل اصلاح شده پسیاک استفاده کردند و اظهار داشتند که در این مدل تجربی به دلیل اینکه بیشترین عامل موثر در فرسایش خاک و تولید رسوب را در نظر می گیرد (۷)، مناسب ترین مدل برای تخمین فرسایش و رسوب تشخیص داده شده است.

## مواد و روش ها

### محل تحقیق

حوزه آبخیز قره آقاج با مساحتی برابر ۸۹۶۵۵۵ هکتار در شمال شرقی شهر سمیرم و جنوب استان اصفهان و بین طولهای

جغرافیایی "۵۱°۴۵'۵۳" و "۵۱°۳۴'۵۴" شرقی و عرض جغرافیایی "۳۱°۳۰'۲۸" و "۳۱°۲۶'۱۹" شمالی واقع شده است. در شکل (۸) موقعیت حوزه مورد مطالعه آورده شده است. حوزه آبخیز قره آقاج بر اساس وضعیت شیب و پستی و بلندی آن به ۵ واحد هیدرولوژی تقسیم بندی شده است. ارتفاع متوسط حوزه ۵۹۳۶ متر، متوسط بارش سالیانه ۳۵۸ میلی متر و متوسط درجه حرارت سالانه ۸۱/۵۳ درجه سانتیگراد و اقلیم منطقه بر اساس مدل دومارتن نیمه خشک می باشد. از نظر زمین شناسی منطقه مورد مطالعه در زون ایران مرکزی محسوب شده و شامل سنگ های دوران دوم به بعد می باشد (۵۸). بر اساس مطالعات قابلیت اراضی و خاکشناسی، چهار تیپ اصلی اراضی کوهستانی، تپه ای، فلات و واریزه های بادبزی شکل سنگریزه دار و شامل ۹ جزء واحد اراضی می باشد. حدود ۷۹۹ درصد (۷۸۵/۴۹ هکتار) از اراضی منطقه مورد مطالعه را مراتع در بر می گیرند که ۸۷ تیپ گیاهی را شامل می شوند. بر اساس آمار و ارقام موجود تعداد ۸۵۹۳۶ واحد دامی در منطقه وجود دارد. از نظر جغرافیای انسانی بیشتر ساکنین منطقه عشایر کوچ رو بوده که در فصل مناسب برای تعلیف دامهایشان از استان های همجوار به این منطقه کوچ می کنند (۱).



شکل ۸: موقعیت حوزه و زیر حوزه های هیدرولوژیک قره آقاج

فرسایش آبکندی می باشد که بسته به شدت و ضعف هر عامل، به آن امتیاز داده می شود (۵۵). جدول ۸ عوامل پیشنهاد شده در این مدل و نحوه امتیازدهی به آن را مشخص می کند (۸۸). پس از تعیین امتیاز هر یک از عوامل نه گانه در مدل (بر اساس جداول پیشنهادی در کتاب احمدي و رفاهي: رفرنس ۵ و ۵۳)، حاصل جمع امتیاز این عوامل شدت فرسایش (د) می باشد، که بر اساس کلاس فرسایشی خاک (جدول ۵)، طبقه بندی شده و

### مدل اصلاح شده PSIAC

این مدل در سال ۸۹۶۸ توسط زیر کمیته مدیریت آب برای برآورد فرسایش و رسوبدهی مناطق خشک و نیمه خشک غرب آمریکا در حوزه های فاقد ایستگاه های اندازه گیری رسوب ارائه گردید (۸۹). این مدل مبتنی بر ارزیابی ۹ عامل زمین شناسی، خاک، اقلیم، روان آب، پستی و بلندی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، فرسایش فعلی حوزه و

در نهایت بر اساس پیشنهاد ارزانی (۸۳۸۶) کلاس فرسایش ناچیز در طبقه شایستگی ۵، کلاس فرسایشی کم و متوسط در طبقه شایستگی ۵ و کلاس فرسایشی زیاد و خیلی

جدول ۸: عوامل مؤثر در مدل اصلاح شده بائذخ و نحوه امتیازدهی به آن (۸۸)

ردیف	عوامل مؤثر	نحوه محاسبه امتیاز	شرح متغیر
۸	زمین شناسی	۸ س آ ۸	۸۸ امتیاز حساسیت سنگ به فرسایش آبی
۵	خاک <sup>۸</sup>	۵۶۷۶۷۸ آ ۸	۵ عامل فرسایش پذیری در معادله جهانی
۳	آب و هوا	۳ س ۱/۵ آ ۸	۳ بارندگی ۶ ساعته با دوره بازگشت ۵ سال (کک)
۱	روان آب	۸۱۱۶+ د ۱/۱۱۶ آ ۸	د، ارتفاع روان آب سالانه (کک) و گذدبی ویژه سالانه کق/ذ (چ)
۵	پستی و بلندی	۳۳۵-۱ آ ۸	ذ، شیب متوسط حوزه (/)
۶	پوشش گیاهی	۶ س ۱/۵ آ ۸	۶ درصد اراضی لخت
۷	کاربری اراضی	۷ س ۱/۵-۵۱ آ ۸	۷ درصد تاج پوشش
۸	وضعیت فعلی فرسایش	۸ س ۱/۵۵ آ ۸	۸ مجموع امتیازات مدل چب <sup>۵</sup>
۹	فرسایش رودخانه ای و حمل رسوب	۹ س ۸۶۷ آ ۸	۹ امتیاز فرسایش خندقی در مدل چب

۸. با کمک جدول تکمیلی استون و هیلپورن (۳۱).

۵. مدل چب بر اساس ۷ عامل حرکت خاک، حرکت لاشبرگ در سطح زمین، وضعیت سنگ ها، فرسایش شباری، الگوی آبراهه ها و وجود فرسایش آبکندی و با دادن امتیاز بر حسب میزان تأثیر آنها در فرسایش استوار است و مجموع امتیازات عوامل مختلف در این بخش به ۸۱۱ می رسد.

جدول ۵: طبقه شایستگی و کلاس فرسایش خاک در مدل اصلاح شده بائذخ (۵ و ۵۳)

کلاس فرسایش	طبقه بندی کیفی فرسایش	جمع امتیاز نه عامل مؤثر در فرسایش	طبقه شایستگی (پیشنهاد ارزانی ۸۳۸۶)
ژ	خیلی زیاد	۱۱۱؟	ح
ژ۵	زیاد	۷۵-۱۱۱	۳ذ
تت	متوسط	۵۱-۷۵	۵ذ
ت	کم	۵۵-۵۱	۵ذ
ذ	ناچیز	۱-۵۵	۸ذ

باشد که بسته به شدت و ضعف هر عامل، به آن امتیاز داده می شود (۵ و ۵۳). در جدول (۳) عوامل چهار گانه مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در مدل چب و نحوه امتیاز دهی به آنها (بر اساس جداول پیشنهادی احمدی و رفاهی، رفرنس: ۵ و ۵۳) در جدول (۱) ارائه گردیده است. در نهایت بر اساس پیشنهاد ارزانی (۸۳۸۶) کلاس فرسایش ناچیز در طبقه شایستگی ۵، کلاس فرسایشی کم و متوسط در طبقه شایستگی ۵ و کلاس

### مدل EPM

از دیگر مدل های تجربی که در ایران مورد استفاده واقع شده اند، مدل چخ است (۸۱) که با در نظر گرفتن عوامل کمتری نسبت به مدل اصلاح شده بائذخ کارایی کمتری را در ایران نشان داده است (۸۱۸۸۵۵ و ۵۷). این مدل مبتنی بر ارزیابی چهار عامل ضریب فرسایش حوزه آبخیز (Ψ)، ضریب استفاده از زمین (س)، ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش (ش) و شیب متوسط حوزه (ق) می

فرسایشی زیاد و خیلی زیاد به ترتیب در طبقه شایستگی ۳ و ح قرار گرفت (جدول ۱) و نقشه طبقات شایستگی حساسیت خاک به فرسایش منطقه در مدل چخپ تهیه گردید.

جدول ۳: عوامل چهار گانه موثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در مدل چخپ (۵ و ۵۳)

عامل	اطلاعات مورد نیاز	متغیر
۸	شیب	ث = شیب متوسط حوزه (%)
۵	رخساره	Ψ = نمره دهی به انواع فرسایش های موجود در منطقه
۳	کاربری اراضی	ع = نمره دهی به انواع بهره برداری از اراضی
۱	حساسیت سنگ و خاک به فرسایش	ش = نمره دهی به حساسیت سنگ و خاک

جدول ۱: طبقه شایستگی و کلاس فرسایش خاک در مدل چخپ (۵ و ۵۳)

کلاس فرسایش	طبقه بندی کیفی فرسایش	ارزش عوامل	طبقه شایستگی (پیشنهاد ارزیابی، ۱۸۸۶)
۱	خیلی شدید	۸ شد	ح
۲	شدید	۱/۷۸ شد؟ ۸	۳
۳	متوسط	۱/۱۸ شد؟ ۷	۵
۴	کم	۱/۵ شد؟ ۱	۵
۵	ناچیز	۱/۸۹ شد؟	۸

اطلاعات موجود کنترل و اصلاح گردید. پس از تعیین امتیاز و نهایی سازی لایه های اطلاعاتی عوامل موثر در هر روش بر اساس مدل پیشنهادی (شکل ۵ و ۳) تلفیق و بر اساس جداول پیشنهادی (۵ و ۵۳) امتیازدهی شد و نقشه نهائی شدت فرسایش در هر روش، برای حوزه مورد مطالعه تهیه گردید.

تعیین طبقات شایستگی حساسیت خاک به فرسایش

در این تحقیق کلاس شایستگی حساسیت خاک به فرسایش بر اساس روش فائو (۱۹۹۸) و به کارگیری سیستم های اطلاعات جغرافیایی تعیین شد (۹). فائو برای تعیین طبقات شایستگی حساسیت خاک به فرسایش چهار طبقه شایستگی شامل خوب (۸)، متوسط (۵)، کم (۳) و غیر شایسته (ح) را پیشنهاد کرد، که در این تحقیق از روش شرایط محدود کننده جهت تعیین کلاس شایستگی حساسیت خاک به فرسایش

اجرای مدل فرسایش خاک با استفاده از GIS

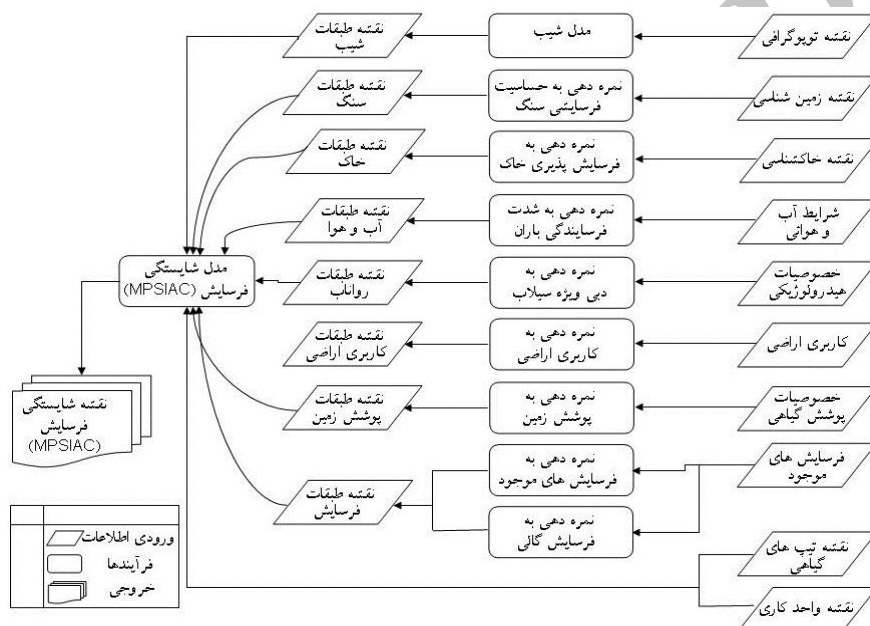
به منظور انجام این پژوهش، ابتدا نقشه رقوی شده منطقه تهیه گردید و پس از انجام تصحیحات مکانی و توصیفی روی آنها، لایه های توپوگرافی، آبراهه، روستا و اراضی مرتعی استخراج گردید. سپس لایه های تولید شده به محیط دشن چث وارد شد. در محیط دشن چث از لایه توپوگرافی نقشه کنتور منطقه تهیه و از نقشه کنتور حاصل، جهت تهیه نقشه های شیب و مدل رقومی ارتفاعی، استفاده گردید. در مرحله بعد با استفاده از عکس های هوایی ۱ ۸۱۱۱۱ و بازدیدهای صحرایی از منطقه، نقشه های واحدهای هیدرولوژیک، زمین شناسی، رخساره ژئومورفولوژی، پوشش گیاهی، خاکشناسی، کاربری اراضی منطقه، تهیه و بهنگام گردید. جهت بررسی مدل های اصلاح شده بانذخ و چخپ در عملیات صحرایی در تمامی واحدهای هیدرولوژیک، فرم های مربوط به مدلها تکمیل و داده ها و

شدت فرسایش برای هر واحد هیدرولوژیک از روابط زیر برآورد گردید و نقشه امتیازدهی شده شدت فرسایش (د) در مدل اصلاح شده **باندخ** و **شد** در مدل **چخ**، در واحدهای هیدرولوژیک، تعیین شد و سپس با نقشه تیپ‌های گیاهی تطبیق و میانگین وزنی آنها بر اساس تیپ‌های گیاهی (به عنوان واحدهای مدیتریتی) تعیین گردید.

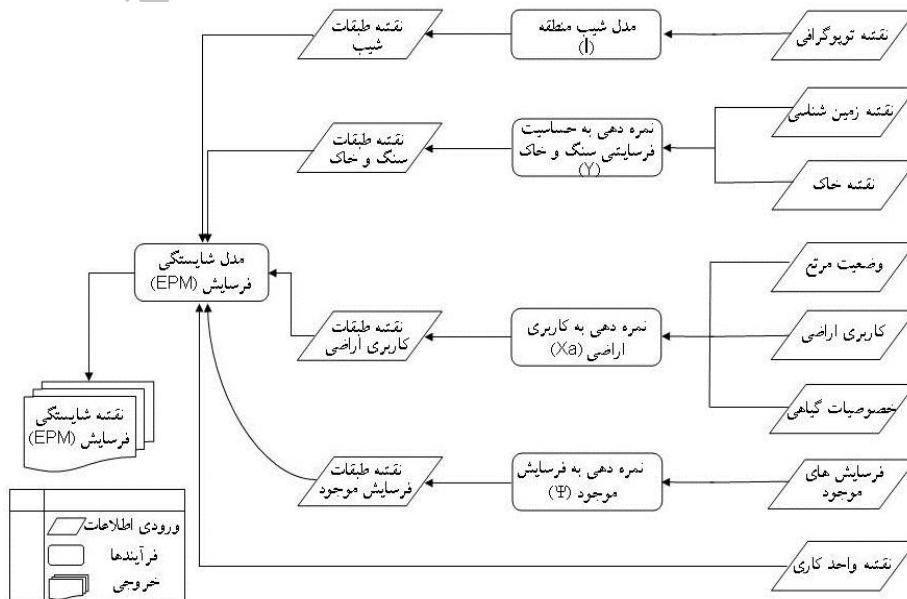
در دو مدل اصلاح شده **باندخ** و **چخ** استفاده شد (۱).

### ارزیابی کارایی مدل اصلاح شده **باندخ** و **چخ**

ارزیابی کارایی دو مدل از مقایسه آماری فرسایش برآورد شده توسط هر مدل با فرسایش اندازه گیری شده (مقادیر مشاهده شده) صورت گرفت (۵۸). برای همین منظور



شکل ۵: اجزای مدل شایستگی حساسیت خاک به فرسایش در روش اصلاح شده **باندخ**



شکل ۳: اجزای مدل شایستگی حساسیت خاک به فرسایش در روش **چخ**

### برآورد فرسایش در مدل اصلاح شده PSIAC

بر اساس مدل اصلاح شده **باندخ** در موارد مورد نیاز ابتدا مرز حوزه با نقشه‌های مورد مطالعه (زمین شناسی، خاک شناسی، پوشش گیاهی، شیب، کاربری اراضی و فرسایش فعلی) در محیط **ذتت** تطبیق و سپس میانگین ضرائب در هر واحد هیدرولوژیکی و در نهایت در هر واحد مدیریتی (تیپ‌های گیاهی) محاسبه شد (۵۵). همچنین شدت بارندگی ۶ ساعته با دوره بازگشت ۵ ساله در سطح حوزه ۵/۶ میلی متر در ساعت محاسبه و برای کل حوزه ثابت در نظر گرفته شد که حاصل جمع لایه‌های اطلاعاتی وزن دهی شده، تهیه نقشه درجه رسوبدهی (د) می‌باشد (۸۱).

### برآورد فرسایش در مدل اصلاح شده PSIAC

بر اساس مدل اصلاح شده **باندخ** در موارد مورد نیاز ابتدا مرز حوزه با نقشه‌های مورد مطالعه (زمین شناسی، خاک شناسی، پوشش گیاهی، شیب، کاربری اراضی و فرسایش فعلی) در محیط **ذتت** تطبیق و سپس میانگین ضرائب در هر واحد هیدرولوژیکی و در نهایت در هر واحد مدیریتی (تیپ‌های گیاهی) محاسبه شد (۵۵). همچنین شدت بارندگی ۶ ساعته با دوره بازگشت ۵ ساله در سطح حوزه ۵/۶ میلی متر در ساعت محاسبه و برای کل حوزه ثابت در نظر گرفته شد که حاصل جمع لایه‌های اطلاعاتی وزن دهی شده، تهیه نقشه درجه رسوبدهی (د) می‌باشد (۸۱).

### برآورد فرسایش در مدل EPM

با توجه به مدل **چخ** در موارد مورد نیاز ابتدا مرز حوزه با نقشه‌های مورد مطالعه (رخساره یا فرسایش فعلی، کاربری اراضی، زمین شناسی و خاک شناسی) در محیط **ذتت** تطبیق و سپس میانگین ضرائب در هر واحد هیدرولوژیکی و در نهایت در هر واحد مدیریتی (تیپ‌های گیاهی) محاسبه گردید (۵۵). بعد از وزن دهی لایه‌های اطلاعاتی برای تهیه نقشه فرسایش، نقشه ضریب شدت فرسایش (**ثت**) منطقه تهیه و بر اساس این نقشه می‌توان نقاط حساس به فرسایش را در حوزه مشخص نمود. در این مدل **ثت** یا ضریب شدت فرسایش از رابطه (۸) به دست می‌آید:

$$\text{رابطه (۸)} \quad (\Psi + I_1)^{0.5} \text{ ع سش آثت}$$

که در این رابطه **ش** ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش، **ع** ضریب استفاده از زمین،  $\Psi$  ضریب فرسایش منطقه و  $I_1$  میانگین شیب حوزه می‌باشد. میزان فرسایش در این روش از رابطه (۵) محاسبه گردید:

$$\text{رابطه (۵)} \quad \text{ثت} \cdot \text{آ} \cdot \text{ث} \cdot \text{ر آخ ذس}$$

که در آن **ث** بارندگی سالانه **کک**،  $\text{آ}$  عدد ۳/۸۱، **خ ذس** نیز میزان فرسایش **لاه کق/ک** و **ر** نیز ضریب درجه حرارت است که از رابطه (۳) به دست می‌آید و در آن **م** میانگین دمای سالانه بر حسب سانتی گراد می‌باشد (۵ و ۵۳).

$$\text{رابطه (۳)} \quad \text{ر} = (\text{م}/۸۱ + ۱/۸)^{1.5}$$

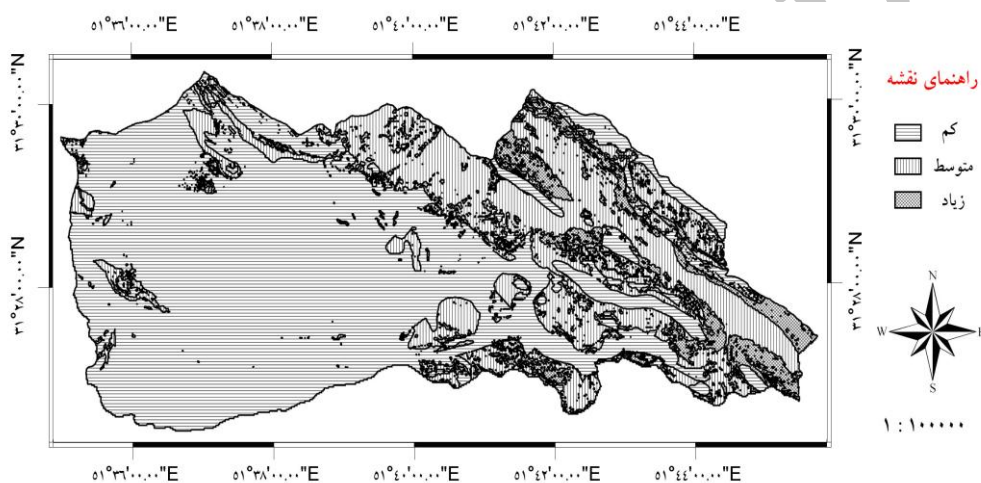
### نتایج

#### مدل اصلاح شده PSIAC

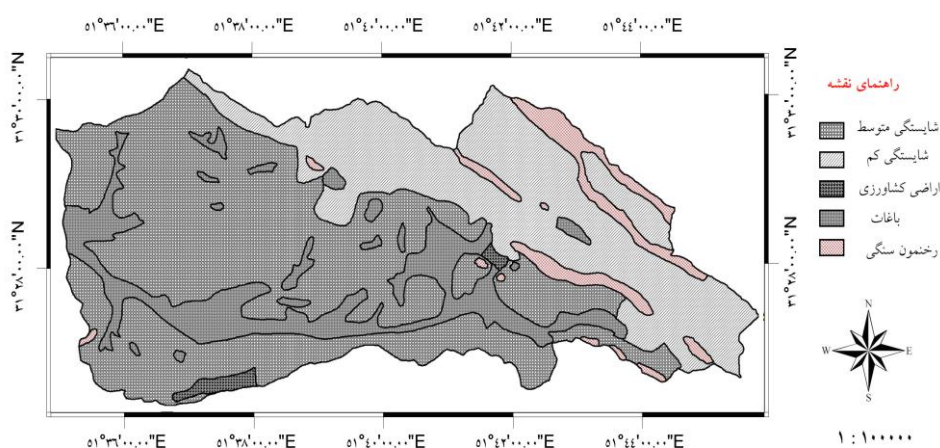


در جدول ۵ امتیازات عوامل نه گانه مؤثر در مدل اصلاح شده **باندخ** برای تیپ‌های گیاهی حوزه قره آقاچ آورده شده است. نتایج تحقیق نشان داد که  $\frac{۳}{۵}$ ٪ از سطح مراتع حوزه (۵۵۱/۵۵ هکتار) در کلاس فرسایش (تث) شدت رسوبدهی کم و  $\frac{۶۱}{۱۰۰}$ ٪ درصد (۱۵۸۵۹۸ هکتار) در کلاس فرسایش (تثث) شدت رسوبدهی متوسط،  $\frac{۳۵۱}{۱۰۰}$ ٪ درصد (۵۳۸۸۵ هکتار) در کلاس فرسایش (ثث) شدت رسوبدهی شدید طبقه بندی شد (شکل ۱). نتایج طبقات شایستگی حساسیت خاک به فرسایش، نشان داد که  $\frac{۱۵۸۵۹۸}{۱۰۰}$  هکتار ( $\frac{۶۱}{۱۰۰}$ ٪) از سطح مراتع در طبقه شایستگی متوسط (هذ)، و  $\frac{۵۵۷۵۸۱}{۱۰۰}$  هکتار ( $\frac{۳۶}{۱۰۰}$ ٪) در طبقه شایستگی کم (هذ) قرار گرفت (شکل ۵).

در جدول ۶ ضرایب عوامل چهار گانه مؤثر در مدل **چخ** برای تیپ‌های گیاهی حوزه قره آقاچ را نشان می‌دهد. نتایج تحقیق نشان داد که  $\frac{۵۷}{۱۰۰}$ ٪ از سطح مراتع حوزه (۱۱۷۷/۶۸ هکتار) در کلاس



شکل ۱: نقشه شدت فرسایش حوزه قره آقاچ در مدل اصلاح شده **باندخ**



شکل ۵: نقشه شایستگی فرسایش حوزه قره آقاچ در مدل اصلاح شده **باندخ**

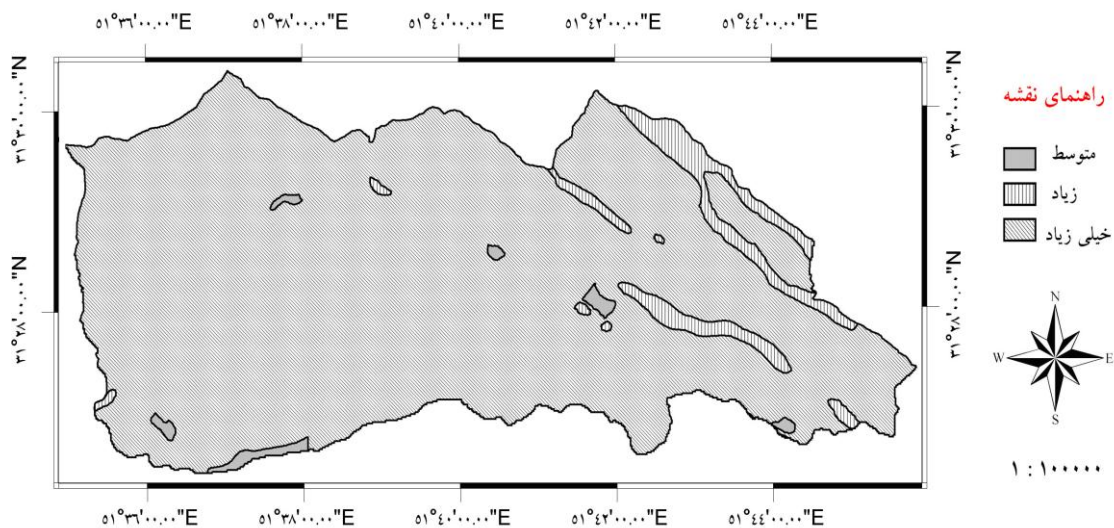
### مدل EPM

جدول ۶ ضرایب عوامل چهار گانه مؤثر در مدل **چخ** برای تیپ‌های گیاهی حوزه قره آقاچ را نشان می‌دهد. نتایج تحقیق نشان داد که  $\frac{۵۷}{۱۰۰}$ ٪ از سطح مراتع حوزه (۱۱۷۷/۶۸ هکتار) در کلاس

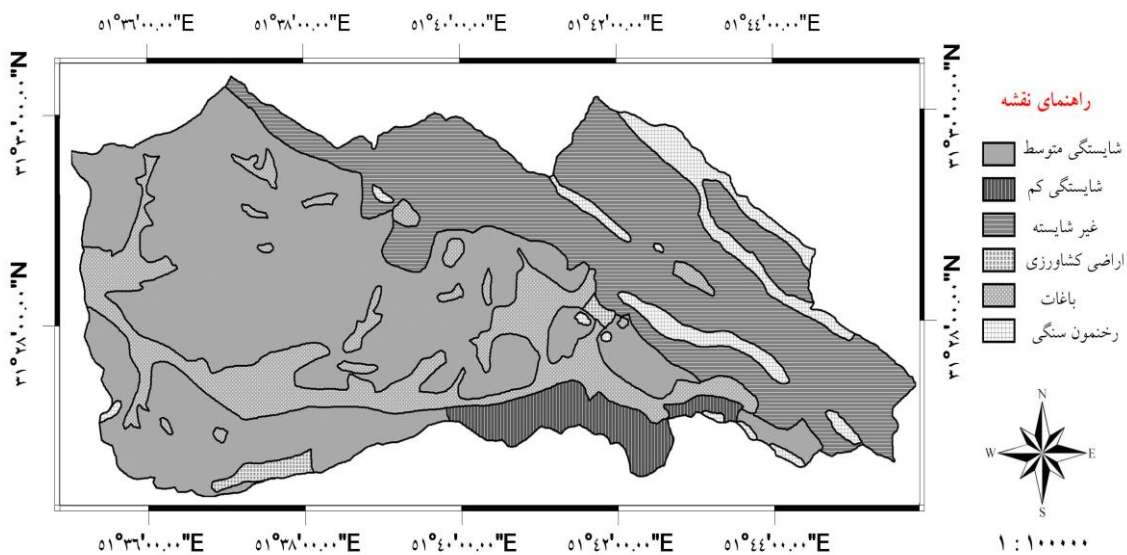
فرسایش شدت  $\text{تتت}$  رسوبدهی متوسط و  $۵/۱\%$  درصد ( $۳۸۵۵۹$  هکتار) در کلاس فرسایش (  $\text{ژ}$ ) شدت رسوبدهی شدید،  $۳۷۶\%$  درصد ( $۵۶۹۵۶۸$  هکتار) در کلاس فرسایش (  $\text{ژ}$ ) شدت رسوبدهی خیلی شدید طبقه بندی شد (شکل ۶). همچنین نتایج طبقات شایستگی حساسیت خاک به فرسایش، نشان داد که  $۱۱۷۷/۶۵$  هکتار ( $۵۷\%$ ) از سطح مراتع در طبقه شایستگی متوسط ( $\text{د}$ )،  $۳۸۵۵۹$  هکتار ( $۵۱\%$ ) در طبقه شایستگی کم ( $\text{ح}$ ) و  $۵۶۹۵۶۸$  هکتار ( $۳۷۶\%$ ) در طبقه عدم شایسته قرار گرفت (شکل ۷).

جدول ۵: ارزیابی عوامل مؤثر در فرسایش با مدل اصلاح شده بانذخ در تیپ‌های گیاهی حوزه مورد مطالعه

عوامل مؤثر در فرسایش بر اساس مدل اصلاح شده (PSIAC)	عوامل		$Y_1 = 16.67X_1$	$Y_2 = 0.2X_2$	$Y_3 = 0.2X_3$	$Y_4 = 0.2X_4$	$Y_5 = 0.33X_5$	$Y_6 = 0.2X_6$	$Y_7 = 20(0.2X_7)$	$Y_8 = 0.25X_8$	$Y_9 = 1.67X_9$	رتبه	
	تیپ گیاهی	عامل											
Agropyron trichophoum	۶	۶	۴/۲۷	۵/۶	۱۵/۷	۱۵/۷	۱۵	۸/۴۶	۱۲/۸۱	۵/۹۹	۰/۸۹	۷۳/۳۷	S <sub>۲</sub>
Agropyron trichophoum-Astragalus sp	۷	۷	۴/۱۵	۵/۶	۱۳/۹۴	۱۳/۹۴	۱۳	۹/۵۴	۱۴/۱۰	۷/۱۱	۰/۳۸	۷۵/۸۹	S <sub>۲</sub>
Agropyron trichophoum-Astragalus sp-Daphne macronata	۶	۶	۴/۲۲	۵/۶	۱۵/۰۷	۱۵/۰۷	۱۴	۹/۸۷	۱۳/۱۳	۷/۴۳	۰/۳۸	۷۵/۴۶	S <sub>۲</sub>
Astragalus adseniense-Astragalus sp-Daphne macronata	۶	۶	۴/۱۳	۵/۶	۱۳/۳۲	۱۳/۳۲	۹	۸/۷۶	۱۴/۱۱	۷/۴۹	۰/۱۷	۶۶/۲۷	S <sub>۲</sub>
Astragalus sp-Agropyron trichophoum	۶	۶	۴/۳۲	۵/۶	۱۷/۰۲	۱۷/۰۲	۱۷	۸/۳۱	۱۲/۵۱	۷/۰	۰/۱۰	۷۶/۷۴	S <sub>۲</sub>
Astragalus sp-Agropyron trichophoum-Daphne macronata	۷	۷	۴	۵/۶	۱۹/۴۷	۱۹/۴۷	۱۹	۶/۷۹	۱۲/۱۱	۶/۰۶	۰/۱۷	۸۰/۳۶	S <sub>۲</sub>
Astragalus sp-Bromus tomentellus - Cousinia cylanderica	۵	۵	۴/۳۳	۵/۶	۷/۵۹	۷/۵۹	۳	۱۰/۸۲	۱۳/۲	۸/۶۱	۲/۲۱	۶۰/۳۴	S <sub>۲</sub>
Astragalus sp-Bromus tomentellus - Daphne macronata	۵	۵	۴/۳۶	۵/۶	۸/۳۹	۸/۳۹	۳	۱۰/۸۱	۱۲/۳۹	۸/۴۲	۱/۹۴	۵۹/۳۱	S <sub>۲</sub>
Astragalus sp - Cousinia cylanderica	۵	۵	۴/۴۳	۵/۶	۷/۵۳	۷/۵۳	۴	۱۰	۱۲/۸۱	۸	۲/۰۶	۵۹/۸۵	S <sub>۲</sub>
Astragalus sp - Cousinia cylanderica - Daphne macronata	۷	۷	۴/۱۰	۵/۶	۱۷/۲۵	۱۷/۲۵	۱۷	۸/۹۹	۱۳/۹۸	۷/۳۲	۰/۱۷	۸۱/۴۱	S <sub>۲</sub>
Astragalus sp-Ferula ovina	۶	۶	۴/۳۴	۵/۶	۹/۷۹	۹/۷۹	۳	۱۰/۴۶	۱۲/۷۴	۹/۴۸	۱/۴۵	۶۳/۰۶	S <sub>۲</sub>
Bromus tomentellus - Astragalus sp	۵	۵	۴/۳۴	۵/۶	۷/۷۶	۷/۷۶	۲	۱۱/۱۱	۱۳/۴	۹/۴۶	۲/۲۷	۶۰/۱۷	S <sub>۲</sub>
Cousinia bachtiarica-Astragalus sp	۴	۴	۴/۳۳	۵/۶	۵/۵۵	۵/۵۵	۲	۱۲/۱۱	۱۴/۴	۱۰/۰	۲/۷۲	۶۰/۸۷	S <sub>۲</sub>
Cousinia bachtiarica-Scariola orientalis	۵	۵	۴/۱۳	۵/۶	۶/۹	۶/۹	۲	۱۱/۴۲	۱۳/۵۳	۹/۴۴	۲/۳۴	۶۰/۸۳	S <sub>۲</sub>
Ferula ovina -Bromus tomentellus - Astragalus sp	۵	۵	۴/۳۱	۵/۶	۷/۴۵	۷/۴۵	۴	۱۰/۲	۱۲/۹۱	۹/۱۱	۱/۴۱	۵۹/۹۹	S <sub>۱</sub>
Hordeum violaceum-Poa bulbosa	۵	۵	۴/۳۷	۵/۶	۹/۷۶	۹/۷۶	۶	۱۰/۳۹	۱۲/۱۱	۸/۳۷	۱/۸۷	۶۴/۰۷	S <sub>۲</sub>
Bromus tomentellus-Scariola orientalis	۷	۷	۴/۰۱	۵/۶	۷/۰۷	۷/۰۷	۳	۱۰/۶۶	۱۳/۹۶	۹/۵۴	۱/۷۲	۶۲/۶۶	S <sub>۲</sub>



شکل ۶: نقشه شدت فرسایش حوزه قره آقاچ در مدل چخپ (نقشه شد)



شکل ۷: نقشه شایستگی فرسایش حوزه قره آقاچ در مدل چخپ

جدول ۶: ارزیابی عوامل مؤثر در فرسایش با مدل چخپ در تپ‌های گیاهی حوزه مورد مطالعه

عامل	عوامل مؤثر در فرسایش بر اساس مدل (چخپ)				
	ضربانگ	سنگ و خاک	حساسیت	از زمین	ضربانگ استفاده
طیقه شایستگی	ش	س	ع	ش	ض
حساسیت خاک به فرسایش	۸۱۵	۵۳	۱/۳۶	۱/۵۵	۱/۳۱
ضربانگ شدت	۸۵۹	۵۵	۱/۳۹	۱/۵۱	۱/۳۵
فرسایش	۸۶۹	۱۹	۱/۳۹	۱/۵۹	۱/۳۵
ضربانگ شیب	۱/۸۷	۵۱	۱/۳۶	۱/۵۸	۱/۳۵
متوسط حوزه	۸۵۱	۵۵	۱/۳۶	۱/۵۱	۱/۳۵
ضربانگ استفاده	۸۸۷	۵۷	۱/۳۷	۱/۶۳	۱/۱۹
از زمین	۱/۵۹	۸۱	۱/۳۶	۱/۱۷	۱/۳۳
حساسیت	۱/۵۸	۷	۱/۳۶	۱/۱۸	۱/۳۵
سنگ و خاک	۱/۵۳	۵	۱/۳۹	۱/۵۳	۱/۳۵
ضربانگ	۱/۶۱	۸۵	۱/۳۳	۱/۱۹	۱/۳۱
حوزه	۸۹۹	۵۸	۱/۳۹	۱/۱۶۱	۱/۳۸
ضربانگ	۱/۱۹	۶	۱/۳۷	۱/۱۸	۱/۳۳
ضربانگ	۱/۶۱	۸۱	۱/۳۷	۱/۱۱	۱/۳۱
ضربانگ	۱/۱۷	۵	۱/۳۸	۱/۱۸	۱/۳۵
ضربانگ	۱/۱۸	۶	۱/۳۷	۱/۱۶	۱/۳۱
ضربانگ	۱/۵۱	۸۱	۱/۳۱	۱/۱۵	۱/۳۵
ضربانگ	۱/۷۱	۸۳	۱/۳۵	۱/۵۸	۱/۳۵

نتایج مقدار فرسایش مدل اصلاح شده EPM و PSIAC  
 حوزه جهت مقایسه آماری با نتایج فرسایش واقعی (۵۸) در جدول ۷ آورده شده است.

جدول ۷: مقدار فرسایش واقعی و محاسبه شده در مدل اصلاح شده بانذخ و چخپ برای هر زیر حوزه

زیر حوزه	۱	۲	۳	۴	۵
ضربانگ شدت فرسایش (۵)	۵۸۸۷	۶۱۹۵	۵۸۸	۸۱۷۱	۸۸۶۶
شدت فرسایش در مدل اصلاح شده بانذخ	متوسط	متوسط	متوسط	زیاد	زیاد
مساحت زیرحوزه هکتار	۸۸۷۹	۸۳۵۷	۵۹۱۸	۸۶۷۸	۸۸۳۹
فرسایش ویژه در مدل اصلاح شده بانذخ (له/مق گکم)	۱۸۱/۷۱	۵۵۸۱۵	۵۳۸۹۵	۸۵۸۱۳۵	۸۸۶۱۶۱
فرسایش سالانه در مدل اصلاح شده بانذخ (گکم)	۵۶۶۷۸۷	۷۸۷۱۶۳	۸۵۱۶۹۱۵	۵۸۱۱۱۵۶	۵۸۱۸۷۶۸
فرسایش مشاهده شده در مدل اصلاح شده بانذخ (گکم)	۸۵۹۱۸۹۸	۸۹۵۸۱۷	۸۵۱۱۹۷	۸۷۱۸۶۹	۳۸۹۹۵۵
ضربانگ شدت فرسایش (ش)	۸۶۵	۸۸۵	۸۵۵	۵۷۱	۵۹
شدت فرسایش در مدل چخپ	خیلی شدید	خیلی شدید	خیلی شدید	خیلی شدید	خیلی شدید
فرسایش ویژه در مدل چخپ (له/مق گکم)	۳۸۷۵۵۶	۳۷۷۱۱۵	۵۶۱۵۵۹	۶۷۹۵۱۶	۷۳۹۹۵۸
فرسایش سالانه در مدل چخپ (گکم)	۳۷۱۳۹/۸۵	۵۸۸۵۹/۵۷	۸۱	۱۵	۱۷
			۸۶۱۱۷۷	۸۸۳۵۱۵	۸۳۶۱۷۸

مقایسه کارآیی مدل اصلاح شده PSIAC و EPM در برآورد فرسایش حوزه قره آقاج  
 به منظور مقایسه کارآیی دو مدل، مطالعه در واحدهای هیدرولوژیک صورت پذیرفت. جهت مقایسه نتایج میزان فرسایش برآورد شده از مدل اصلاح شده بانذخ و چخپ با

به وسیله هر مدل را با شدت واقعی فرسایش در محل، مقایسه گردید نتیجه مقایسه میدانی و آماری نشان داد که میزان فرسایش برآورد شده توسط روش **چخ** خیلی بیشتر از مقادیر مشاهده شده است.

معنی دار نمی باشد (جدول ۸). مقایسه آماری فرسایش برآورد شده توسط مدل **چخ** با مقادیر مشاهده شده نشان داد که اختلاف بین میانگین ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی دار می باشد (جدول ۹). همچنین با انجام بازبینی های میدانی، شدت فرسایش برآورد شده

جدول ۸: تحلیل آماری مربوط به آزمون میانگین ها در روش اصلاح شده **بائذخ**

میانگین	انحراف معیار	انحراف از میانگین	سطح اطمینان ۹۹٪		م	درجه آزادی	۲-تغذ عغفف-ع م
			پائین	بالا			
۵۷۱۸۱۷	۱۵۸۶۸۹	۵۱۵۸۱/۸	۶۶۹۱۵۵-	۸۵۸۹۸۵	۸۳۱*	۱	۱/۵۵۸

فرسایش برآوردی از مدل اصلاح شده **بائذخ** مشاهده شده

جدول ۹: تحلیل آماری مربوط به آزمون میانگین ها در روش **چخ**

میانگین	انحراف معیار	انحراف از میانگین	سطح اطمینان ۹۵٪		م	درجه آزادی	۲-تغذ عغفف-ع م
			پائین	بالا			
-۵۸۷۱۱۵	۳۸۵۹۵۵	۸۷۵۵۵۸	-۸۱۶۶۵۸۸	-۸۱۸۸۸۴	-۳۱**	۱	۱/۱۵۷

فرسایش برآوردی از مدل اصلاح شده **چخ** مشاهده شده

۴ = اختلاف بین مقادیر فرسایش اندازه گیری شده و برآورد شده بر حسب تن در هکتار در سال.

\* اختلاف محاسباتی بام جدول در سطح ۸ درصد، معنی دار نیست.

\*\* اختلاف محاسباتی بام جدول در سطح ۵ درصد، معنی دار است.

## بحث و نتیجه گیری

با توان رسوب دهی بالا مطابقت دارد و این مدل جهت برآورد میزان رسوب تولید شده کارآیی دارد. همچنین نتیجه این تحقیق نشان می دهد که در مدل اصلاح شده **بائذخ** نه عامل مؤثر در تعیین حساسیت خاک به فرسایش از عوامل مؤثر در تعیین شایستگی مرتع می باشد و با توجه به اینکه در این مدل شدت فرسایش خاک با امتیازدهی عوامل با استفاده از روش دفتر مدیریت اراضی آمریکا (**چج**) صورت می گیرد و چون در روش **چج** همه عوامل مؤثر بر شایستگی مرتع در نظر گرفته شده (۸)، بنابراین فرسایش برآوردی توسط مدل اصلاح شده **بائذخ** واقعی تر است. همچنین به منظور مقایسه کارآیی دو مدل، شدت فرسایش برآوردی از

به منظور مقایسه کارآیی دو مدل، مطالعه در واحدهای هیدرولوژیک صورت پذیرفت و پس از تعیین کلاس شایستگی فرسایش و برآورد فرسایش تولید شده در واحدهای هیدرولوژیک با انجام بازبینی های میدانی و مقایسه آماری نتایج در محیط نرم افزار **ذ داذ**، شدت فرسایش برآورد شده به وسیله هر مدل با شدت واقعی فرسایش در محل، مقایسه گردید. نتیجه مطالعات ما نشان داد که در مدل **چخ** به دلیل محدود بودن فاکتورهای تعیین کننده فرسایش برآورد شدت فرسایش، خیلی بیشتر از آنچه که در مشاهدات صحرائی مشاهده شد، می باشد و این مدل فقط برای سازندهای حساس به فرسایش

طریق هر مدل با شدت فرسایش مشاهده شده (۵۸) مقایسه گردید که نتایج مقایسه کارآیی مدل اصلاح شده **باندخ** در همه زیر حوزه های هیدرولوژیک با مقادیر مشاهده شده تفاوت معنی دار نداشت و این بیانگر کارآیی بهتر مدل اصلاح شده **باندخ** در مقایسه با مدل **چخ** در حوزه مورد مطالعه است. جهت صحت گذاشتن بر نتایج حاصله از این تحقیق، نتایج این پژوهش با تحقیقات مشابه مقایسه گردید که پاره ای از آنها عبارتند از: سکوتی و همکاران (۸۳۸) جهت ارزیابی کارآیی مدل اصلاح شده **باندخ** در ۵ حوزه آبخیز استان آذربایجان غربی در ۵۱ نقطه مقدار فرسایش و رسوب رارزیابی و در همین نقاط مقدار فرسایش و رسوب واقعی را اندازه گیری نمودند و جهت مقایسه این دو از آزمون معنی دار بودن اختلاف میانگینها (آزمون **م** استیودنت) استفاده نمودند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که به جز در یک آبخیز، اختلاف بین میانگین در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی دار نمی باشد، و استفاده از این مدل در برآورد رسوب در مناطق مشابه فاقد ایستگاههای رسوب سنجی را توصیه نمودند، در این مطالعه نیز جهت مقایسه کارآیی مدلها از آزمون معنی دار بودن اختلاف میانگینها (آزمون **م** استیودنت) استفاده شد و نتیجه بدست آمده از این مطالعه با تحقیق حاضر مطابقت دارد. جلیلی و حدیدی (۸۳۸) میزان فرسایش و رسوب برآوردی در واحدهای همگن را با واحدهای هیدرولوژیک (به عنوان واحد همگن) مقایسه کردند و نتیجه مطالعه آنها نشان داد که اجرای مدل اصلاح شده **باندخ** در واحدهای همگن

برآورد مناسبی را ارائه می دهد، در این مطالعه هم واحدهای هیدرولوژیک به عنوان واحدهای کاری در نظر گرفته شد. نیک کامی (۸۳۸۵) استفاده از مدل **باندخ** در محیط **ذقت** را در کارهای تحقیقاتی و مطالعاتی پیشنهاد می نماید. روشنی (۸۳۷۳)، پاک پرور (۸۳۷۱)، خالدیان (۸۳۷۱)، راسنگو (۸۳۸۵)، شاکری (۸۳۷۱)، شهبازی کیا (۸۳۸۱) از جمله دلایل عدم توفیق کامل مدل **چخ** را مطابق نبودن جدول راهنمای آن برای شرایط ایران، اعمال نظر کارشناس و نیاز به تجربه کافی در امتیازدهی عوامل تشکیل دهنده مدل، و بالاخره استفاده نکردن مدل **چخ** از سایر عوامل مهم و مؤثر در فرسایش مثل روان آب، خاک پوشش گیاهی دانست، که نتیجه این تحقیق در حوزه آبخیز قره آقاج نشان داد که به دلیل محدود بودن عوامل در مدل **چخ** فرسایش و رسوب برآوردی توسط این مدل با مقدار واقعی تفاوت معنی داری داشت و نتیجه این تحقیق نشان داد که در برآورد شدت فرسایش مدل اصلاح شده **باندخ** نسبت به **چخ** کارا تر می باشد. ارزیابی عوامل مؤثر بر فرسایش در واحدهای همگن کاری در مدل اصلاح شده **باندخ** نشان داد که عامل کاربری اراضی و فرسایش سطحی، بیشترین سهم را در تولید فرسایش حوزه قره آقاج دارد. بنابراین اگر اولویت کنترل فرسایش در سطح حوزه مطرح باشد بایستی کنترل این دو عامل را در دستور کار قرار داد. بنابراین هر گونه تغییر کاربری بایستی با در نظر گرفتن پتانسیل اراضی صورت گیرد، همچنین ارزیابی وضعیت و گرایش مراتع منطقه نشان داد که به







عذچ. ذتتکف لمه عم کتک لاغلا ف قفم رف ماع کع قع عر د . ۲۰۰۴. عذ، عع عع کع عع عع کع ش ۳۱. ۹۶. کع لاغ عع هم ف لان ف ک ز عع کع د قع لام عع عع عع عع ف ک ب ف ل عر

Archive of SID