روش‌های کمی و کیفی برآورد فرسایش و رسوب با استفاده از مدل‌های MPSIAC و EPM در حوضه آبخیز وَرده (شمال باختری کرج)

شیما قلی‌پوری [۱*]، پرویز غضنفری [۲]، محمود الماسیان [۳] و نادر جلالی [۴]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم‌پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران
[۲] استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران
[۳] استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران
[۴] استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۲/۲۴

چکیده

حوضه آبخیز وَرده در شمال‌باختر شهر کرج و در پهنه ساختاری البرز مرکزی قرار دارد و آب و هوایی نیمه مرطوب و مساحتی برابر با ۶۸/۹۷ کیلومتر مربع دارد. سازندهای مختلفی در این حوضه وجود دارند که بیشتر از سنگ‌های شیلی، توف شیلی، توف ماسه‌ای و سنگ‌آهک ساخته شده‌اند. سازند کهر به سن پرکامبرین، کهن‌ترین و رسوبات آبرفتی کواترنر جوان‌ترین نهشته‌های حوضه مورد مطالعه هستند. هدف از این مطالعه بررسی حساسیت سازندها به فرسایش با روش‌های کیفی، تعیین ویژگی‌های فیزیوگرافی و زمین‌ریخت‌شناسی و روش‌های کمی، با مدل‌های تجربی و میزان رسوب‌دهی است. برای انجام این پژوهش مطالعات کتابخانه‌ای، صحرایی و تفسیر عکس‌های هوایی انجام شده است. با استفاده از اطلاعات به دست آمده از ویژگی‌های هندسی، زیرحوضه V1 کمینه شیب و ارتفاع و زیرحوضه V7-2 بیشینه شیب و ارتفاع را دارند. حوضه آبخیز وَرده از واحدهای کوهستان (m، M)واحد تپه‌ماهور (h) و نهشته‌های آبرفتی (Qal, Qt) تشکیل شده است. رخساره (Mio) بیشترین مساحت حوضه را تشکیل می‌دهد. در روش MPSIAC تأثیر و نقش ۹ عامل و در روش EPM، ۴ عامل مهم و مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب در حوضه، ارزیابی و بسته به شدت و ضعف هر عامل، امتیاز یا عددی برای آن در نظر گرفته شد. از مجموع امتیازها یا عددهای به دست آمده برای عوامل مختلف، میزان رسوب‌دهی حوضه از رابطه $Q_S=0/253e^{0/036R}$ محاسبه و در پایان، نقشه هر یک از عوامل ۹ گانه در محیط GIS تهیه شد. با توجه به نتایج حاصل از مدل EPM و MPSIAC، در میان زیرحوضه‌های با میزان رسوب‌دهی بالا، زیرحوضه‌های V2 و V3 در اولویت اول برای برنامه‌های حفاظت خاک قرار می‌گیرند.

کلیدواژه‌ها: حوضه آبخیز وَرده، فرسایش، زمین‌ریخت‌شناسی، فیزیوگرافی، مدل MPSIAC و EPM، رسوب‌دهی

***نویسنده مسئول:** شیما قلی‌پور
E-mail: Shima_gholipouri@yahoo.com

۱– مقدمه

فرسایش پدیده‌ای است که طی آن مواد خاکی توسط عواملی همچون آب، باد و نیروی گرانش انتقال می‌یابند (احمدی، ۱۳۷۸). فرسایش خاک، به دلیل داشتن اثرات چند جانبه، آشکار و پنهان زیست‌محیطی و اجتماعی، به سرطان زمین شهرت یافته و یکی از فرایندهای پیچیده خطرساز محیطی است (Ownegh, 2003). فرسایش خاک پس از رشد جمعیت دومین چالش مهم زیست محیطی در جهان است (Pimental et al., 1995). شور شدن تدریجی خاک‌ها و نابودی پوشش‌های گیاهی و چراگاه‌ها نتیجه عوامل مؤثر فرایندهای فرسایش گوناگون هستند (Lopes et al., 2001). در این نوشتار نقش واحدهای سنگی (زمین‌شناسی سطحی)، خاک، آب و هوا، رواناب، توپوگرافی، پوشش گیاهی، کاربری زمین و وضعیت فرسایش سطحی و رودخانه‌ای بررسی می‌شود. Thommos & Voinovich (1995) ویژگی‌های سنگ را از عوامل مهم در تعیین فرایندهای فرسایش می‌دانند. گاه محدودیت استفاده از مدل‌های برآورد فرسایش و تولید رسوب، سبب شده است تا برخی از پژوهشگران از روش‌های کیفی استفاده کنند (Zurayk et al., 2001; Saahin & Kurum, 2002). در بیشتر کشورهای جهان به دلیل نبود آمار دقیق از میزان فرسایش رسوب، بهره‌گیری از مدل‌های برآورد فرسایش در رسوب را گریزناپذیر است. در حقیقت یکی از مهم‌ترین کاربردهای مدل‌های رسوب‌دهی برآورد کمی و رقومی کردن داده‌های حاصل از رسوب‌دهی است (Lee, 2000).

مدل MPSIAC یکی از مدل‌های تجربی برآورد کمی و کیفی تولید رسوب است. این مدل با در نظر گرفتن بیشترین عوامل رسوب‌زایی به عنوان مدلی مناسب مورد استفاده قرار می‌گیرد (بهرامی و رحیمی، ۱۳۸۷). در زمینه فرسایش، خاک چه به صورت کمی و چه به صورت کیفی مطالعه‌های فراوانی صورت گرفته است. برای نمونه مطالعه Gomez (1991) که به تجزیه و تحلیل فرسایش در حوضه ریو پاتانا در جنوب اسپانیا پرداخت و با در نظر گرفتن عواملی چون سنگ‌شناسی، آب و هوا، شیب و پوشش گیاهی نقشه فرسایش منطقه را تهیه کرد. Amini et al. (2010) به بررسی میزان فرسایش و رسوب‌دهی حوضه آبخیز اکباتان با استفاده از مدل EPM پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بیشتر زیر حوضه‌ها، رسوب‌دهی و فرسایش‌پذیری زیادی دارند. Tangestani (2006) به بررسی میزان فرسایش و رسوب‌دهی با استفاده از مقایسه در مدل EPM, MPSIA پرداخته است. ثابت قدم (۱۳۸۳) به مطالعه رسوب‌شناسی حوضه آبخیز رودخانه کرج با نگرش ویژه بر فرسایش‌پذیری سازندها با داده‌های مدل PSIAC پرداخت.

۲– مواد و روش‌ها

۲–۱. موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های طبیعی حوضه مورد مطالعه

حوضه آبخیز وَرده در شمال باختر شهر کرج و در بالادست رودخانه بَرَغان قرار گرفته و برپایه تقسیم‌بندی‌های ساختاری (نبوی، ۱۳۵۵ و آقانباتی،۱۳۸۳) جزء پهنه البرز مرکزی است. محدوده جغرافیایی آن ″۳۰ ′۵۲ °۵۰ تا ″۰۰ ′۰۰ °۵۱ طول خاوری و ″۰۰ ′۵۲ °۳۵ تا ″۰۰ ′۰۷ °۳۶ عرض شمالی است. این حوضه در چهارچوب نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کرج و شکران و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ کرج و فشند قرار دارد. مساحت حوضه ۶۸/۹۷ کیلومتر مربع می‌باشد و راه‌های دسترسی اصلی به منطقه از مسیر محورهای کرج، کمال‌آباد، سه‌راهی کردان و برغان است (شکل ۱).

پی‌سنگ منطقه از سنگ‌های گوناگونی مربوط به دوران دیرینه زیستی، میانه زیستی و نوزیستی است. با توجه به شکل ۲–a سازندهای وجود در منطقه از قدیم به جدید شامل کهر (PEK)، سلطانیه (CS)، باروت– زاگون (CZ)، لالون(C_1) واحدهای گوناگون سازند کرج (E_a^{t1}،E_a^{t4}..) و نهشته‌های آبرفتی کهن (Q_T) و نهشته‌های

آبرفتی جوان (Qal) است (شکل ۲-a)، (Annell et al., 1987). حوضه آبخیز وَرده از نظر حرکات زمین‌ساختی فعال است که نتیجه آن به وجود آمدن مجموعه‌ای از پدیده‌های ساختاری مانند چین‌خوردگی، گسل‌ها و سامانه درز و شکاف در مقیاس محلی و ناحیه‌ای بوده است. حوضه وَرده با توجه به کوهستانی بودن، از دید آب و هوایی بر پایه اقلیم‌نمایی آمبرژه، جزو مناطق نیمه‌مرطوب دسته‌بندی می‌شود (گزارش هواشناسی تماب، ۱۳۸۶) و دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های معتدل است. میانگین دمای سالانه آن میان ۴/۳ تا ۹/۱۳ درجه سانتی گراد و میانگین بارش آن ۶۰۰ میلی‌متر است (گزارش زمین‌شناسی اَغَشت، ۱۳۸۶). حوضه آبخیز وَرده به ۱۳ واحد آب‌شناختی تقسیم شده‌است (شکل ۲-b). همچنین زیرحوضه‌ها از نظر کاربری زمین‌ها گوناگونی زیادی دارند و شامل جنگل‌های متراکم (بخش‌های جنوبی و میانی)، جنگل‌های غیر متراکم (بخش‌های شمالی)، کشاورزی و دامداری هستند. این ویژگی‌ها بیشترین ریخت‌زایی را در منطقه به هوازدگی فیزیکی و شیمیایی، حرکات دامنه‌ای و فعالیت آب‌های روان مربوط می‌دانند.

۲-۲. روش پژوهش

پس از شناسایی منطقه و گردآوری داده‌ها و نقشه‌های موجود، مشاهدات میدانی و تفسیر عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای، موقعیت منطقه روی نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ کرج و فشند مشخص شد (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۳). برای انجام پژوهش، آمار آب‌دهی (دبی) و رسوب ایستگاه آب‌سنجی (هیدرومتری) و نیز آمار بارش و دمای ایستگاه‌های درون و پیرامون منطقه مورد مطالعه از وزارت نیرو (مرکز تحقیقات منابع آب) دریافت شد. برای تعیین مقدار رسوب مشاهده شده و برای بارش و دمای مورد نیاز در مدل EPM، از آمار یک دوره ۲۵ ساله استفاده شد. در ادامه برآورد میزان فرسایش و رسوب حوضه آبخیز وَرده با روش مطالعه متغیرهای فیزیوگرافی، زمین‌ریخت‌شناسی انجام شد. هدف پایانی این پژوهش مقایسه نتایج به دست آمده با استفاده از مدل‌های تجربی EPM و MPSIAC در محیط GIS و آمار ایستگاه‌های آب‌سنجی و تعیین درصد اختلاف آنهاست تا مدل مناسب مشخص شود و بتوان در برآورد فرسایش و رسوب در مناطق مشابه که ایستگاه‌های آب‌سنجی ندارند از آن استفاده کرد. در پایان با ارائه مدل برآورد فرسایش و رسوب، محاسبه‌های عددی و تهیه نقشه در محیط Arc GIS انجام شده است.

۳- بحث و نتایج

۳-۱. بررسی‌های زمین‌ریخت‌شناسی

برای تهیه نقشه شدت فرسایش به روش کیفی، در آغاز با بهره‌گیری از عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای و مشاهدات میدانی سیمای زمین‌ریخت‌شناسی منطقه بررسی و بر پایه ویژگی‌های ارتفاعی و شیب به سه واحد کوهستان (m و M)، تپه‌ماهور (h) و نهشته‌های آبرفتی (Q_T و Qal) جدا شده است (شکل۳ و جدول۱). واحد کوهستان (m و M) دارای تیپ، دامنه نامنظم (I‹i) است که خود دو رخساره دارد. واحد تپه‌ماهور (h) دارای یک تیپ نامنظم و یک رخساره است. واحد نهشته‌های آبرفتی نیز دو تیپ و رخساره دارد (شکل ۲- c و جدول۱).

۳-۲. بررسی ویژگی‌های فیزیوگرافی

فیزیوگرافی حوضه‌های آبخیز، بخش مهمی از مطالعه‌های زمین‌ریخت‌شناسی را تشکیل داده و در تعیین متغیرهای آب‌شناختی (رواناب، سیلاب و رسوب) اهمیت دارد (علیزاده، ۱۳۸۳). ویژگی‌های هندسی حوضه آبخیز وَرده، شرایط آب و هوایی، وضعیت بوم‌شناسی، پوشش گیاهی و میزان فرسایش و تولید رسوب حوضه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای شناخت هر چه بهتر منطقه و به منظور اجرای طرح‌های آبخیزداری، حوضه آبخیز وَرده به ۱۳ واحد آب‌شناختی تقسیم شد. ویژگی‌های مورد بررسی در این بخش عبارتند از: مساحت، محیط، ارتفاع، میانگین شیب، ضریب شکل هورتون، طول آبراهه اصلی، نسبت انشعاب و تراکم آبراهه (شکل ۲- d). در جدول ۲، برخی از متغیرهای هندسی و فیزیوگرافی حوضه آبخیز وَرده نشان داده شده است.

۳-۳. مدل MPSIAC و EPM

- مدل MPSIAC: نسخه اولیه این مدل توسط Pasific Southwest Inter Agency Committee (1968) در آمریکا برای برآورد فرسایش خاک در حوضه‌های بدون ایستگاه‌های اندازه‌گیری رسوب ارائه شد (PSIAC, 1968). این مدل مبتنی بر ۹ عامل زمین‌شناسی، خاک، آب و هوا، رواناب، پستی و بلندی، پوشش گیاهی، کاربری زمین‌ها، فرسایش فعلی حوضه و فرسایش خندقی است و برای هر عامل امتیازی در نظر می‌گیرد (شکل‌های ۴و۵). Johnson & Gebhardt (1982) اصلاحاتی در این مدل به وجود آوردند و آن را فرمول اصلاح‌شده پسیاک (MPSIAC) نامیدند و مدل را از حالت کیفی به صورت کمی تبدیل کردند. جدول ۳ عوامل پیشنهاد شده در این روش و چگونگی امتیازدهی به آن را مشخص می‌کند. پس از تعیین عوامل ۹ گانه مدل، حاصل جمع امتیاز آنها درجه رسوب‌دهی (R) خوانده می‌شود (نیک‌نامی، ۱۳۸۳). بااستفاده‌ازدرجه‌رسوب‌دهی‌این‌امکان‌ایجادمی‌شود که‌میزان‌تولیدرسوب‌درواحدهای مطالعاتی محاسبه شود. رابطه ۱ برای این منظور پیشنهاد شده است (رفاهی، ۱۳۷۸).

$$\varphi_S = ۰/۲۵۳ \times e^{۰/۰۳۶R} \quad (۱$$

که در آن QS میزان رسوب‌دهی سالانه (برحسب متر مکعب در کیلومتر مربع)، R درجه رسوب‌دهی یعنی مجموع امتیازات عوامل مختلف در نظر گرفته شده در مدل PSIAC و e عدد نپر (۲/۷۱۸) است. نکته‌ای که نباید از نظر دور داشت این است که در روش اولیه PSIAC عوامل پوشش گیاهی و کاربری زمین‌ها امتیازی میان ۱۰- تا ۱۰ را به خود اختصاص می‌دهند و در روش اصلاح‌شده امتیاز این عوامل میان ۰ تا ۲۰ متغیر است، ولی رابطه پایانی محاسبه فرسایش و رسوب برای هر دو روش اولیه و جدید یکسان است و این در حالی است که با توجه به نمایی بودن رابطه نهایی با تغییر درجه رسوب‌دهی (R) به میزان ۱۰ واحد، تغییرات زیادی در میزان رسوب محاسبه شده به وجود می‌آید (راستگو و همکاران، ۱۳۸۵) (جدول ۴). پس از تعیین درجه رسوب‌دهی برای منطقه مورد مطالعه کلاس رسوب‌دهی مطابق جدول ۵ به دست می‌آید. همان گونه که در جدول ۳ دیده می‌شود متغیرهای ۸ و ۹ از روش BLM به دست می‌آیند. مدل BLM بر پایه ارزیابی ۷ عامل حرکت خاک، وجود لاشبرگ در سطح زمین، وضعیت سنگ‌ها، قطعات سنگی تحکیم‌یافته، وجود فرسایش شیاری، شکل آبراهه‌ها و وجود فرسایش خندقی و با دادن امتیاز میان صفر تا پانزده، بر حسب میزان تأثیر آنها در فرسایش استوار است و مجموع امتیازات عوامل مختلف در این بخش به ۱۰۰ می‌رسد (سبحانی، ۱۳۸۰).

- مدل EPM (Erosion Potential Method): روش EPM پس از ۴۰ سال تحقیقات در کشور یوگسلاوی سابق مطرح شد. محاسبه میزان فرسایش بر این اساس به صورت رابطه ۲ ارائه شده است (رفاهی، ۱۳۷۹) :

$$W_{sp} = T.H.Z^{\frac{3}{2}}.\pi \quad (۲$$

که در آن H بارندگی سالانه (mm)، π معادل ۳/۱۴، WSP نیز میزان فرسایش ($m^3/km^2/yr$) و Z که از رابطه ۳ به دست می‌آید ضریب شدت فرسایش است:

$$Z = Y.Xa\,(f + I^{۰/۵}) \quad (۳$$

که در آن Y ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش، Xa ضریب استفاده از زمین، f ضریب فرسایش منطقه و I میانگین شیب حوضه است. T نیز ضریب درجه حرارت است که از رابطه ۴ به دست می‌آید و در آن t میانگین دمای سالانه بر حسب درجه سانتی گراد است:

$$T = (t/۱۰ + ۰/۱)^{۰/۵} \quad (۴$$

پس از تعیین درجه رسوب‌دهی برای منطقه مورد مطالعه کلاس رسوب‌دهی مطابق جدول ۶ برای مدل EPM به‌دست می‌آید (جدول ۷).

۳-۴. بررسی عوامل مؤثر در فرسایش

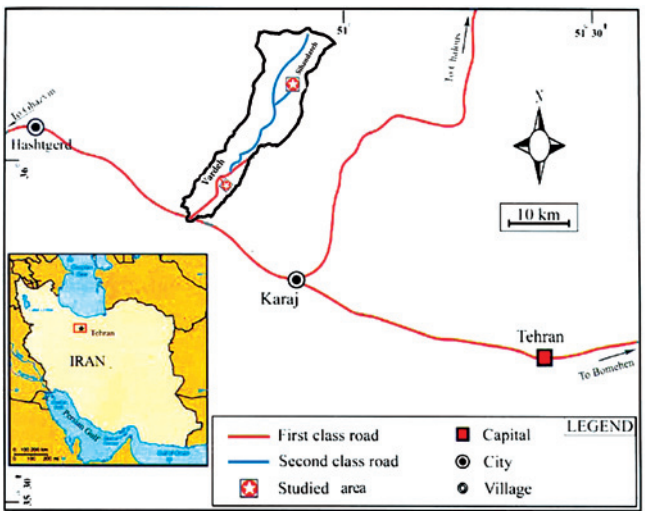
اصولاً عوامل مختلفی روی فرسایش خاک یک منطقه اثر می‌گذارد و مشخص کردن اثرات هر یک برای مبارزه با فرسایش خاک هر منطقه، ضروری است. عوامل طبیعی که بیشتر بر روی فرسایش‌پذیری خاک مؤثر هستند شامل پستی و بلندی حوضه، آب و هوا و شرایط زمین‌شناسی است. در روش MPCIAC عوامل تأثیرگذار در فرسایش خاک و رسوب نسبت به دیگر مدل‌های فرسایش بیشتر است. در جدول ۸ سهم عوامل مؤثر در فرسایش حوضه به تک ضریب نشان داده شده است. حساسیت سازندهای موجود در منطقه به فرسایش، نقش مهمی در تولید رسوب حوضه داشته است. بر پایه بررسی‌های انجام شده و بازدیدهای میدانی، از دید درجه سختی و حساسیت (فیض نیا، ۱۳۷۴) منطقه مورد مطالعه به ۵ رده حساسیت از دیدگاه زمین‌شناسی رده‌بندی و ارزیابی شده است که نهشته‌های آبرفتی جوان جزو گروه‌های فرسایش‌پذیری خیلی زیاد، سازندهای سلطانیه، لالون و توده‌های نفوذی جزو گروه‌های فرسایش‌پذیری خیلی کم با توجه به نوع سنگ‌شناسی‌شان قرار می‌گیرند (جدول ۸).

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

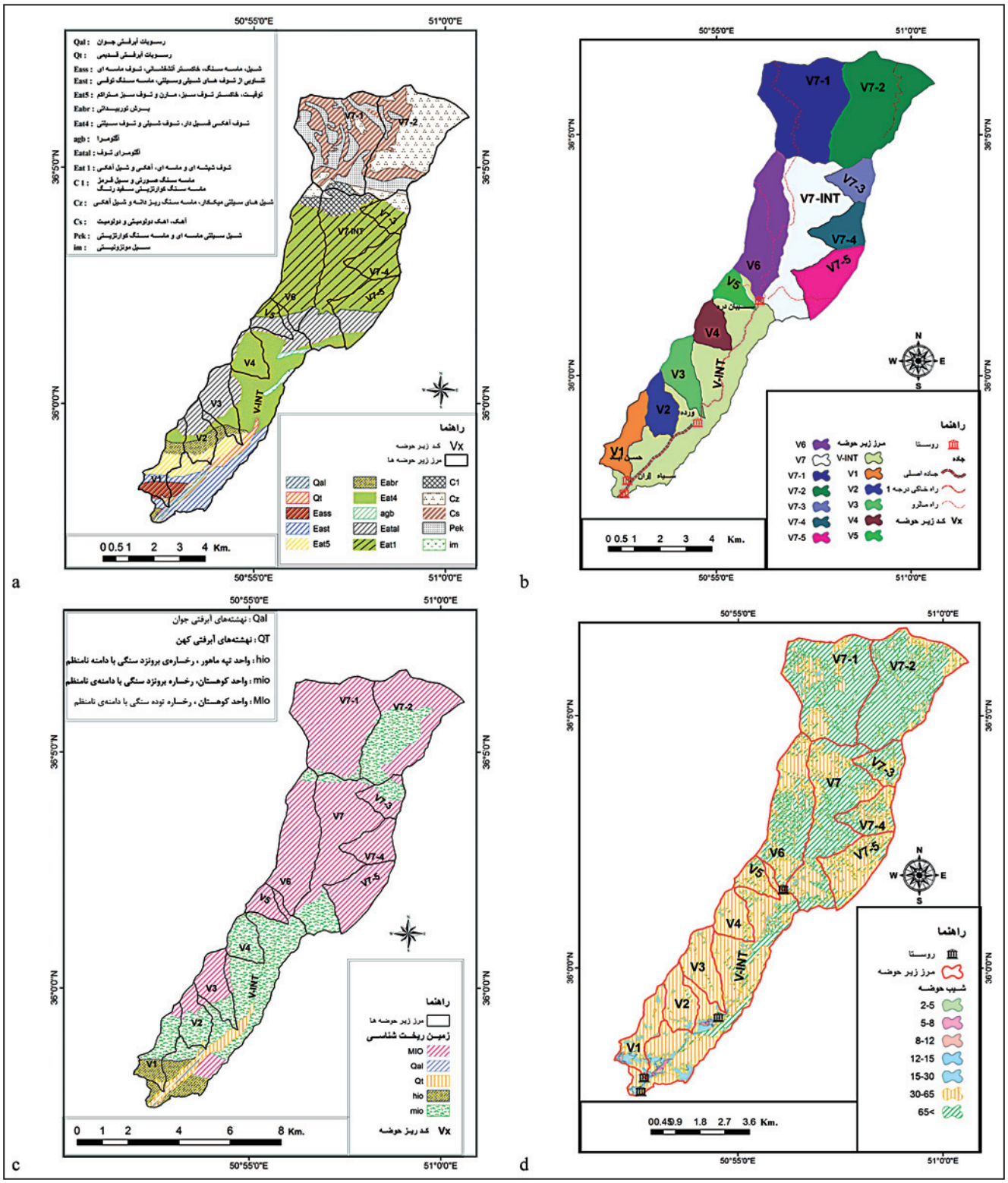
در بررسی‌های فرسایش و رسوب حوضه آبخیز وَرده، ویژگی‌های سنگ‌شناسی، زمین‌ریخت‌شناسی، فیزیوگرافی و ... حوضه مورد مطالعه قرار می‌گیرد. شیب حوضه ۲۲ درصد است. هر چه شیب بیشتر باشد، سرعت و مقدار رواناب حوضه آبخیز و پتانسیل تولید رسوب افزایش می‌یابد. زیرحوضه V7-3 بیشترین شیب و زیرحوضه V1 کمترین شیب را دارند. طول آبراهه اصلی حوضه از دهانه خروجی حوضه تا نزدیک‌ترین محل به مرکز ثقل ۳۹/۱ کیلومتر است. زیرحوضه V7-2 بیشترین ارتفاع را دارد. حوضه آبخیز ورده از ۳ واحد کوهستان، تپه‌ماهور و نهشته‌های آبرفتی و به طور کلی از سنگ‌های رسوبی شیل، گل‌سنگ، ماسه‌سنگ شیلی و توف‌شیلی تشکیل شده‌است. واحدهای MIO، mio حساسیت به فرسایش و رسوب‌دهی کمتر، واحد (hi1) تپه‌ماهور حساسیت به فرسایش و رسوب‌دهی متوسط و نهشته‌های آبرفتی (Qal, Qt) بیشترین حساسیت به فرسایش و رسوب‌دهی را دارند. تأثیر آب و هوا موجب خردشدن سنگ‌ها می‌شود. این نوع تخریب در واحد کوهستانی زمین‌شناسی حوضه فعالیت دارد. روشن است که آب و هوا نقش مؤثری در حجم رواناب، آب‌های جاری و به دنبال آن کیفیت رسوب‌زایی حوضه دارد. پس از تعیین امتیاز ۹ عامل در نظر گرفته شده در مدل MPSIAC، با تلفیق آنها با لایه‌های مربوط و روی هم‌گذاری این لایه‌ها، مقدار رسوب‌دهی حوضه آبخیز وَرده محاسبه شد. بیشینه میزان رسوب‌دهی در زیر حوضه V2، ۵۵۴/۹ تن در هکتار و کمینه رسوب‌دهی در زیرحوضه V1، ۳۳۷/۶ تن در هکتار برآورده شده و در پایان نقشه کلاس‌های شدت رسوب‌دهی در حوضه وَرده تهیه شد. در روش MPSIAC، زمین‌شناسی یک عامل مهم و بنیادین در مدیریت حوضه آبخیز است. برای برآورد درست‌تر از میزان فرسایش و رسوب حوضه و ارائه داده‌های درست، باید ایستگاه‌های هواشناسی و رسوب‌سنجی مجهزتری در منطقه ساخته شود و ثبت داده‌ها با دقت بیشتری انجام شود. مقادیر حاصل از مدل EPM بیشتر از مقدار رسوب واقعی و در مدل MPSIAC کمتر از مقدار رسوب واقعی است. با توجه به میزان واقعی رسوب در ایستگاه آب‌سنجی در خروجی حوضه‌ها مدل MPSIAC مقداری نزدیک‌تر به مقدار واقعی فرسایش و رسوب را برآورد می‌کند و بنابراین در حوضه‌های آبخیز مشابه و بدون ایستگاه آب‌سنجی مدل EPM برای ارزیابی مناسب‌تر است. یکی از دلایل اختلاف میان میزان رسوب ویژه برآوردی دو مدل شاید این باشد که مدل EPM پتانسیل فرسایش و رسوب را نشان می‌دهد؛ در حالی که مدل MPSIAC عوامل بیشتری را بر پایه شرایط موجود برآورد می‌کند. از سوی دیگر اگر به ساختار دو مدل توجه شود مشخص می‌شود که مدل MPSIAC عوامل بیشتری را برای برآورد فرسایش و رسوب درگیر می‌کند. همین موضوع می‌تواند یکی از نقاط قوت این مدل باشد. با توجه به این‌که مدل EPM پتانسیل فرسایش و رسوب را در یک منطقه به‌دست می‌دهد، مقدار برآورد آن بیش از مقدار مشاهده شده خواهد بود. همچنین مدل EPM درصد تله‌اندازی رسوب در حوضه را در نظر نمی‌گیرد که ممکن است مقدار قابل توجهی باشد. همچنین در مدل EPM تغییرات مکانی بارندگی و دما در نظر گرفته نمی‌شود که این امر در حوضه‌های کوهستانی که اختلاف ارتفاع زیاد است و در نتیجه تغییرات مکانی این عوامل که می‌تواند در وضعیت فرسایش تأثیرگذار باشد، مهم خواهد بود و باید به نوعی در نظر گرفته شود. پس از انجام محاسبات مربوط به دو مدل EPM و MPSIAC، میانگین ضرایب مربوطه محاسبه و در جدول‌های ۷،۹ و ۱۰ آورده شده است. بر پایه این جدول‌ها و مقایسه آنها با جدول‌های استاندارد دو مدل ۵ و ۶ (رفاهی، ۱۳۷۸)، میزان فرسایش و کلاس فرسایش‌پذیری برای منطقه زیاد برآورد شده است. با توجه به پوشش چیره منطقه و بر پایه بازدیدهای صحرایی منطقه مورد مطالعه به نظر می‌رسد که میزان فرسایش و رسوب‌خیزی حوضه در حد زیاد است که با نتایج به‌دست آمده در دو مدل یادشده همخوانی دارد. مطالعاتی که در سال‌های گذشته توسط پژوهشگرانی چون رنگزن و همکاران (۱۳۸۶) و راستگو و همکاران (۱۳۸۵) در این زمینه انجام شده است نیز تأییدکننده این موضوع است. در حوضه آبخیز وَرده از دید برنامه‌ریزی برای حفاظت از خاک در راستای پیشگیری از فرسایش، با توجه به نتایج حاصل از مدل MPSIAC و EPM، زیرحوضه‌های V_{7-5} و V_3 در اولویت اول، زیرحوضه‌های V_1، V_2، V_{7-3} و V_{7-4} در اولویت دوم و زیرحوضه‌های V_6 و V_4 در اولویت سوم برنامه‌ریزی قرار می‌گیرند. پیشنهاد می‌شود با توجه به وجود سازندهای سست که در تولید رسوب حوضه دخالت مستقیم دارند، برای زیرحوضه‌هایی که از سازندهای سست تشکیل شده‌اند، کارهای آبخیزداری انجام شود.

سپاسگزاری

از همکاری صمیمانه استادان دکتر نادر کهنسال قدیم‌وند و مهندس خدایی و نیز از همکاری سازمان حفاظت خاک و منابع طبیعی استان تهران که در اجرای این پژوهش تحقیقاتی یاریگر بوده‌اند، سپاسگزاری می‌شود.

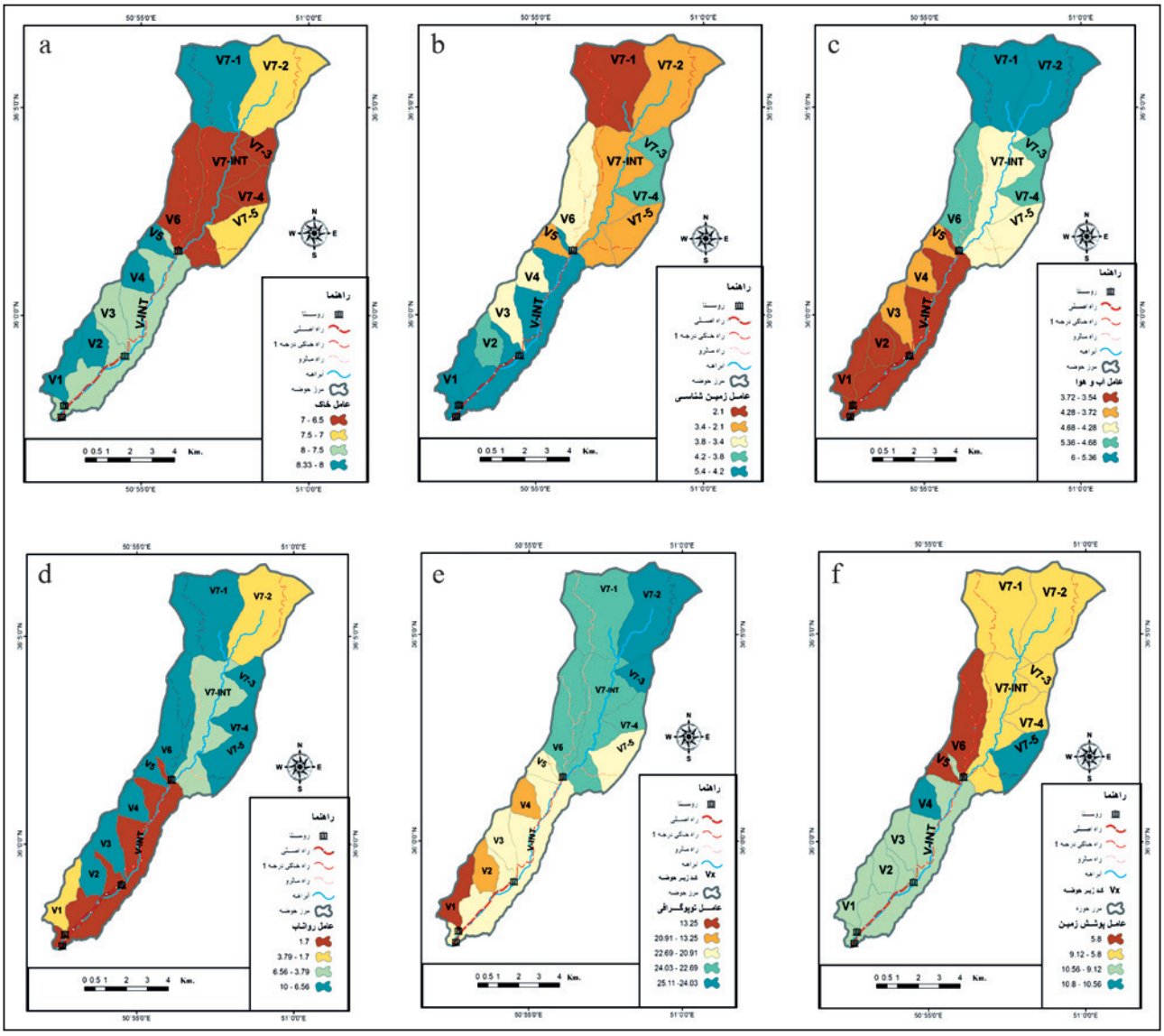


شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به حوضه آبخیز وَرده

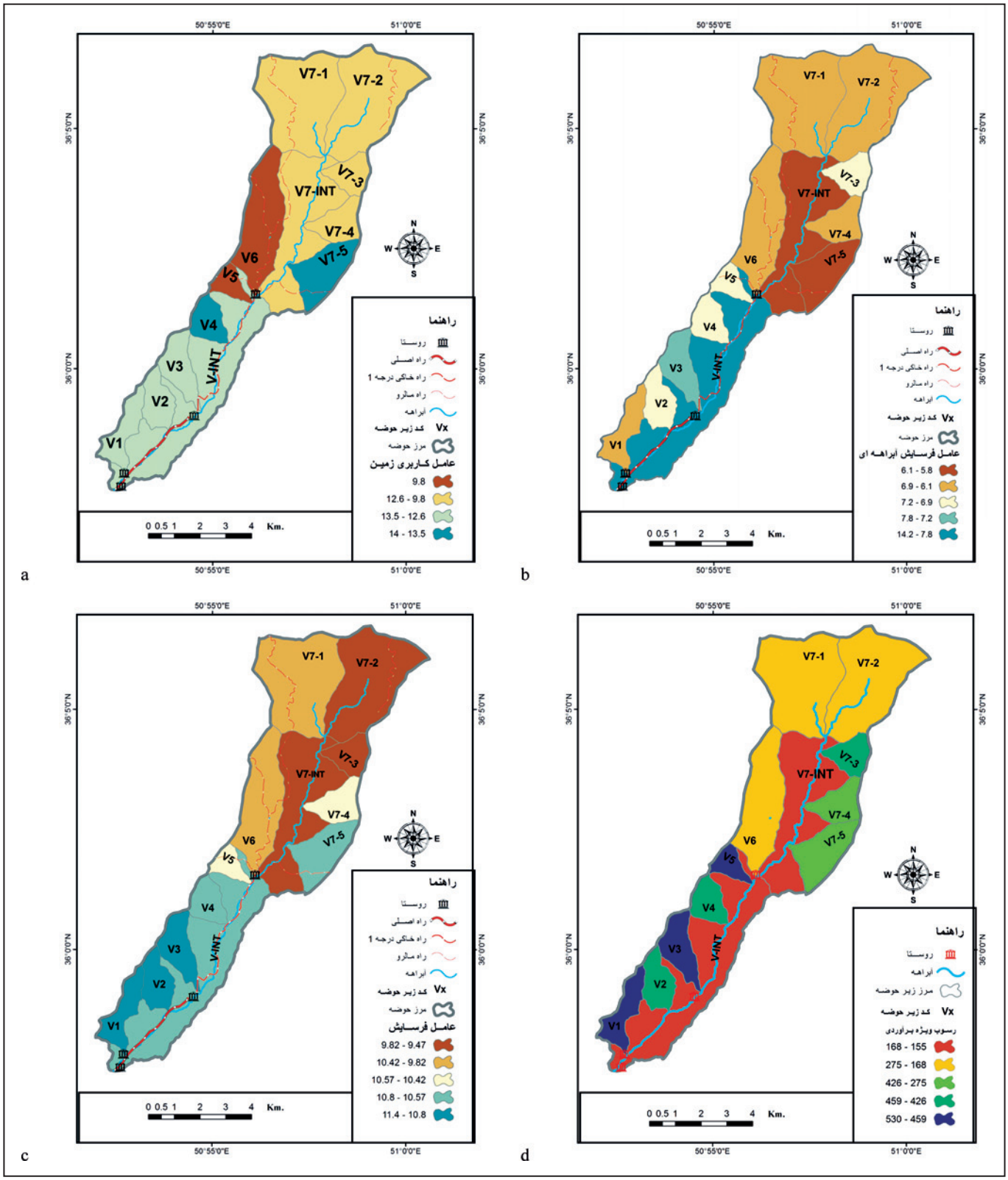


شکل ۲- a) نقشه زمین‌شناسی حوضه آبخیز وَرده، b) نقشه زیرحوضه‌ها، c) نقشه واحدهای زمین‌ریخت‌شناسی و d) نقشه شیب

شکل ۳- a) نمایی از واحد کوهستانی MIo ، دامنه نامنظم، با تغییرات شیب زیاد، برونزدگی سنگی، شمال روستای سیبان‌دره، دید به سمت خاور، b) رخنمون تپه‌ماهوری (hio)، دامنه‌های نامنظم، واحد E_a^{st} سازند کرج، شمال روستای حسن آباد، دید به سمت باختر و c) نمایی ازرسوبات آبرفتی جوان (Qal) رودخانه هزاربند، روستای سیبان‌دره، دید به سمت شمال.



شکل ۴- a) نقشه وزن عامل زمین‌شناسی سطحی در منطقه مورد مطالعه، b) نقشه عامل خاک در منطقه مورد مطالعه، c) نقشه عامل آب‌وهوا در منطقه مورد مطالعه، d) نقشه عامل رواناب، e) نقشه عامل توپوگرافی و f) عامل پوشش زمین



شکل ۵- a) نقشه عامل کاربری زمین در حوضه مورد مطالعه، b) نقشه عامل فرسایش آبراهه‌ای، c) نقشه عامل فرسایش و d) نقشه میزان رسوب ویژه

جدول ۱- واحدها، تیپ‌ها، رخساره‌ها و میزان گسترش رخساره‌های زمین‌ریخت‌شناسی حوضه آبخیز وَرده

واحد	تیپ	رخساره	شرح هر یک از رخساره‌ها	مساحت (به هکتار)	مساحت (به درصد)
کوهستان (M،m)	دامنه‌های منظم و نامنظم(i،I)	MIO	رخساره توده سنگی با دامنه نامنظم، دارای پوشش تقریبی کمتر از ۲۵ درصد	۴۲۶۸/۴	۶۱/۸۷
		mio	رخساره برونزد سنگی با دامنه‌های نامنظم، با پوشش تقریبی ۲۵ تا ۷۵ درصد	۲۱۷۶/۸	۳۱/۵۶
تپه‌ماهور (h)	دامنه نامنظم	hio	رخساره برونزد سنگی با دامنه‌های نامنظم، با پوشش تقریبی ۲۵ تا ۷۵ درصد	۲۵۶/۶	۳/۸۵
نهشته‌های آبرفتی	آبرفتی کهن	Qt	پادگانه‌های آبرفتی جوان حاصل از آبرفت‌های رودخانه‌ای در مناطق کوهستانی و تپه‌ماهوری	۱۵۱/۱۶	۲/۲
	آبرفتی جدید	Qal	رسوبات آبرفتی بستر شبکه‌های آبراهه اصلی و رودخانه‌ها	۳۵/۸۸	۰/۵۲

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیوگرافی زیر حوضه‌های حوضه آبخیز وَرده

واحد آب‌شناسی	نسبت انشعاب	تراکم آبراهه‌ها	مساحت به هکتار	شیب متوسط	طول حوضه (km)	پهنای حوضه (km)	محیط حوضه به (km)	طول کل آبراهه‌ها (km)	ضریب شکل هورتون	ارتفاع
V_1	۵/۰	۱۱/۶	۵/۰	۹/۳۲	۳/۶	۱/۲۶	۹/۶۴	۳۰/۵	۰/۲۰	۱۶۹۳/۱
V_2	۴/۳	۱۰/۳۷	۴/۳	۱۷/۳۳	۲/۵۸	۱/۳۶	۶/۹۱	۲۳/۲۳	۰/۳۴	۱۷۸۵/۸
V_3	۴/۶	۹/۲۰	۴/۶	۱۷/۰۲	۳/۳	۱/۲	۸/۳۵	۲۵/۲۲	۰/۲۵	۱۹۱۳/۴
V_4	۳/۶	۸/۳۶	۳/۶	۲۲/۳	۲/۱	۱/۳۸	۵/۸۶	۱۶/۴۶	۰/۴۵	۲۰۶۷/۹
V_5	۶/۶	۹/۶۵	۶/۶	۲۰/۲۴	۱/۸	۱/۳۲	۵/۴۵	۱۲/۸۴	۰/۴۱	۲۰۳۹/۹
V_6	۵/۴	۷/۶۷	۵/۴	۱۹/۹۳	۵/۷	۳/۶	۱۳/۴۹	۵۳	۰/۲۱	۲۴۱۲/۹
V_{V-1}	۴/۶۸	۹/۴۸	۴/۶۸	۲۴/۲۳	۴/۵	۳	۱۳/۴۸	۲۵۹۶	۰/۵	۲۸۹۰/۱
V_{V-2}	۴/۳۱	۹/۴۲	۴/۳۱	۲۴/۵۷	۴/۸۶	۳	۱۴/۱۲	۲۳/۹۲	۰/۴۳	۲۹۲۴/۹
V_{V-3}	۳/۹۸	۹/۱۹	۳/۹۸	۴۳/۸۲	۱/۹۲	۱/۷۱	۶/۰۲	۱۷/۶۴	۰/۵۲	۲۶۹۲/۹
V_{V-4}	۳/۶۳	۹/۶۹	۳/۶۳	۳۵/۱	۲/۴	۱/۶۸	۶/۸۷	۱۶/۱۵	۰/۴۰	۲۵۱۰/۹
V_{V-5}	۴/۷۳	۸/۰۴	۴/۷۳	۲۴/۹	۳	۱/۹۵	۸/۹۴	۲۹/۱۳	۰/۴۱	۲۲۹۶/۶
V_{V-int}	–	ــــ–	–	–ـ	–ـ	–ـ–ـ	–	۹۲/۷۴	ــــ–	۲۲۱۶/۲
V_V	۴/۸۰	۹/۰۸	۴/۸۰	۱۳/۷۲	۱۰/۶	۵/۷	۳۰/۲	۳۴۴/۶۱	۰/۳۴	–
V_{-int}	–	ــــ–	–	–ـ	–ـ–ـ	–ـ–ـ	–ـ–ـ	–ـ–ـ	–ـ–ـ	۱۷۶۵/۶

جدول ۳- عوامل مؤثر در مدل MPSIAC و چگونگی امتیازدهی به آن

ردیف	عوامل مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب	چگونگی محاسبه امتیاز در روش MPSIAC	شرح پارامترها
۱	زمین‌شناسی	Y1=X1	امتیاز حساسیت سنگ به فرسایش=X1
۲	خاک	Y1=26.67K	عامل فرسایش‌پذیری خاک =K
۳	آب و هوا	Y3=0.2X3	بارندگی ۶ ساعته با دوره بازگشت ۲ سال =X3
۴	روان آب	Y4=0.006R+10QP	ارتفاع رواناب سالانه =P، آب‌دهی اوج سالانه =QP
۵	پستی و بلندی	Y5=0.33S	شیب متوسط حوضه =S
۶	پوشش گیاهی	Y6=0.2X6	سطح زمین‌های لخت =X6
۷	کاربری زمین‌ها	Y7=20-0.2X7	درصد تاج پوشش =X7
۸	وضعیت فعلی فرسایش	Y8=0.25X8	مجموع امتیازات BLM =X8
۹	فرسایش رودخانه‌ای و حمل رسوب	Y9=1.67X9	امتیاز فرسایش خندقی در مدل BLM =X9

جدول ۴- محاسبه هر یک از ۹ عامل MPSIAC در محیط GIS

واحد آب‌شناسی	امتیاز عامل خاک	عامل آب و هوا	عامل رواناب	عامل توپوگرافی	عامل پوشش زمین	عامل کاربری زمین‌ها	عامل فرسایش بالادست	عامل فرسایش کناره‌ای	رسوب ویژه
V_1	۰/۵	۳/۵۴	۳/۷۹	۱۳/۲۵	۵۲/۵	۳۳	۴۴/۲	۶/۵	۳۳۷/۶
V_2	۰/۵	۳/۷۲	۱۰	۲۰	۵۲/۵	۳۳	۴۴/۸	۷	۵۵۴/۹
V_3	۰/۴۸	۳/۹۸	۱۰	۲۰	۵۲	۳۲/۵	۴۵/۶	۷/۸	۵۲۸/۷۷
V_4	۰/۵	۴/۲۸	۱۰	۲۰	۵۴	۳۰	۴۲/۷	۷/۲	۵۴۴/۲۲
V_5	۰/۴۹	۴/۲۲	۱۰	۲۰	۲۹	۵۱	۴۲/۳	۷/۱	۳۶۵/۶۷
V_6	۰/۴۲	۴/۹۶	۱۰	۲۰	۲۹	۵۱	۴۱/۴	۶/۸	۳۶۹/۹۷
V_{7-1}	۰/۵	۵/۹۲	۱۰	۲۰	۴۵/۶	۳۷/۸	۴۱/۷	۶/۸	۳۹۷/۳۱
V_{7-2}	۰/۴۴	۶	۲/۲۲	۲۰	۴۵/۶	۳۷/۸	۳۸/۲	۶/۹	۳۴۹/۰۱
V_{7-3}	۰/۴	۵/۳۶	۱۰	۲۰	۴۵/۶	۳۷/۸	۳۷/۹	۷/۱	۴۵۶/۲۱
V_{7-4}	۰/۳۹	۵/۱۶	۱۰	۲۰	۴۵/۶	۳۷/۷	۴۲	۶/۷	۴۵۶/۲۱
V_{7-5}	۰/۴۵	۴/۶۸	۱۰	۲۰	۵۰/۴	۳۰	۴۲/۸	۵/۸	۴۸۸/۵
V_{7-int}	۰/۴	۴/۵۸	۶/۵۶	–	۴۴	۳۷	۳۹/۳	۶/۱	–
V_{-int}	۰/۴۷	۳/۶۸	۱/۷	–	۵۲/۸	۳۲/۵	۴۳/۲	۱۴/۲	–

جدول ۵- تعین میزان تولید رسوب سالانه و کلاس فرسایش خاک در روش PSIAC

کلاس فرسایش	طبقه‌بندی کیفی فرسایش	تولید رسوب سالانه		نمرات نشان‌دهنده شدت رسوب‌دهی
		M3/km2	Ton/km2	
۵	خیلی زیاد	> ۱۴۲۹	> ۲۱۴۳/۵	> ۱۰۰
۴	زیاد	۴۷۶-۱۴۲۹	۷۱۴-۲۱۴۳/۵	۷۵-۱۰۰
۳	متوسط	۲۳۸-۴۷۶	۳۵۷-۷۱۴	۵۰-۷۵
۲	کم	۹۵-۲۳۸	۱۴۲/۵-۳۵۷	۲۵-۵۰
۱	خیلی کم	< ۹۵	< ۱۴۲/۵	۰-۲۵

جدول ۶- رده‌بندی شدت فرسایش در مدل EPM

رده‌بندی فرسایش	ارزش حد Z	ارزش متوسط Z	شدت فرسایش
۱	Z > ۱	۱/۲۵	خیلی شدید
۲	۱ > Z > ۰/۷۱	۰/۸۵	شدید
۳	۰/۷ >Z > ۰/۴۱	۰/۵۵	متوسط
۴	۰/۴ >Z> ۰/۲	۰/۲	کم
۵	۰/۱۹ >Z	۰/۱	خیلی کم

جدول ۷- محاسبه هر یک از ۴ عامل مدل EPM در حوضه آبخیز وَرده

زیر حوضه	ضریب فرسایش (Ψ)	استفاده از زمین (xa)	ضریب حساسیت خاک به فرسایش(y)	شیب متوسط حوضه (I)	ضریب شدت فرسایش	فرسایش ویژه $M^3/km^2/y$	شدت فرسایش
V_1	۰/۷۲	۰/۸	۰/۹	۴۰/۸۲	۰/۹۷	۱۸۷۵	شدید
V_2	۰/۷۰	۰/۷۵	۰/۷	۶۳/۲۶	۰/۷۹	۱۲۹۵	شدید
V_3	۰/۶۷	۰/۷۸	۰/۹	۶۶/۴۵	۱	۱۹۶۶	خیلی شدید
V_4	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۷	۶۱/۸۶	۰/۶۹	۱۱۹۷	متوسط
V_5	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۷	۷۸/۲۱	۰/۶۵	۱۳۷۹	متوسط
V_6	۰/۶۷	۰/۶۰	۰/۸	۷۷/۵	۰/۷۴	۱۵۲۳	شدید
V_{7-1}	۰/۶۲	۰/۵۰	۰/۸	۷۸/۷۱	۰/۶	۷۹۶	متوسط
V_{7-2}	۰/۶۵	۰/۵	۰/۸	۷۹	۰/۶۲	۷۷۶	متوسط
V_{7-3}	۰/۷	۰/۵۵	۰/۸	۷۹/۳۲	۰/۷	۹۴۹	متوسط
V_{7-4}	۰/۶۸	۰/۵۵	۰/۹	۷۷/۹۹	۰/۷۸	۱۶۴۲	شدید
V_{7-5}	۰/۶۸	۰/۵۲	۰/۹	۷۷/۲۱	۰/۷۳	۱۱۹۲	شدید
V_{7-int}	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۸	۵۶/۳۵	۰/۷۸	۱۵۰۴	شدید
V-int	۰/۷۲	۰/۷۵	۰/۹	۷۸/۴۴	۱/۰۸	۲۳۹۸	خیلی شدید
V	۰/۶۷	۰/۶۵	۰/۹	۴۷/۸۶	۰/۸۷	۱۶۲۳	شدید

جدول ۸ - عوامل مؤثر بر فرسایش در حوضه آبخیز وَرده

نام هیدرولوژیکی	اولویت عوامل نه گانه فرسایش								
	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)	(۹)
V_1	خاک	شیب	پوشش گیاهی	زمین‌شناسی	استفاده از زمین	فرسایش آبراهه	فرسایش سطحی	آب و هوا	رواناب
V_2	شیب	خاک	پوشش گیاهی	استفاده از زمین	فرسایش آبراهه	فرسایش سطحی	زمین‌شناسی	آب و هوا	رواناب
V_3	شیب	خاک	پوشش گیاهی	استفاده از زمین	فرسایش آبراهه	فرسایش سطحی	آب و هوا	زمین‌شناسی	رواناب
V_4	شیب	خاک	پوشش گیاهی	استفاده از زمین	فرسایش آبراهه	فرسایش سطحی	آب و هوا	زمین‌شناسی	رواناب
V_5	شیب	خاک	پوشش گیاهی	فرسایش آبراهه	آب و هوا	فرسایش سطحی	استفاده از زمین	زمین‌شناسی	رواناب
V_6	شیب	خاک	آب و هوا	پوشش گیاهی	فرسایش آبراهه	فرسایش سطحی	زمین‌شناسی	استفاده از زمین	رواناب
V_{V-1}	شیب	خاک	پوشش گیاهی	آب و هوا	فرسایش آبراهه	فرسایش سطحی	استفاده از زمین	رواناب	زمین‌شناسی
V_{V-2}	شیب	خاک	پوشش گیاهی	آب و هوا	فرسایش آبراهه	استفاده از زمین	فرسایش سطحی	رواناب	زمین‌شناسی
V_{V-3}	شیب	خاک	پوشش گیاهی	استفاده از زمین	آب و هوا	فرسایش آبراهه	زمین‌شناسی	فرسایش سطحی	روناب
V_{V-4}	شیب	خاک	پوشش گیاهی	آب و هوا	استفاده از زمین	فرسایش سطحی	زمین‌شناسی	فرسایش آبرهه	رواناب
V_{V-5}	شیب	خاک	پوشش گیاهی	استفاده از زمین	آب و هوا	فرسایش سطحی	فرسایش آبراهه	زمین‌شناسی	رواناب
V_{V-int}	شیب	فرسایش آبراهه	رواناب	پوشش گیاهی	آب و هوا	استفاده از زمین	فرسایش آبراهه	فرسایش سطحی	زمین‌شناسی
V_{-int}	شیب	رواناب	خاک	رواناب	استفاده از زمین	زمین‌شناسی	پوشش گیاهی	فرسایش سطحی	آب و هوا

جدول ۹- برآورد فرسایش و رسوب ویژه در هر یک واحدهای آب‌شناختی (هیدرولوژیک) حوضه آبخیز وَرده

واحد آب‌شناسی	فرسایش ویژه با روش MPSIAC	رسوب ویژه	مساحت واحد هیدرولیکی
Hydro unit	Ton/km^2	Ton/ha	Km^2
V_1	۸۶۰	۱۲/۴۶	۲/۶۳
V_2	۱۳۱۸	۱۴/۹۸	۲/۲۴
V_3	۲۲۰۸	۵/۹۰	۲/۷۴
V_4	۱۳۸۹	۱۴/۶۳	۱/۹۷
V_5	۹۱۶	۹/۰۸	۱/۳۳
V_6	۹۴۴	۱۰/۲۶	۶/۹۱
V_{V-1}	۱۲۱۷	۹/۴۵	۱۰/۱۵
V_{V-2}	۱۰۶۹	۴/۹۴	۱۰/۰۶
V_{V-3}	۱۳۳۷	۵/۰۲	۱/۹۲
V_{V-4}	۱۱۴۳	۷/۱۹	۲/۳۲
V_{V-5}	۱۲۹۵	۱۱/۷۶	۳/۶۶
V_{V-int}	-	۷/۳۹	۹/۸۶
V_{-int}	-	۸/۹۱	۱۳/۵۲

جدول ۱۰- نتایج شدت فرسایش مدل‌های تجربی EPM و MPSIAC در منطقه مورد مطالعه

زیر حوضه	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7-1	V7-2	V7-3	V7-4	V7-5	V7-int	V-int
شدت فرسایش MPSIAC	۸۶۰	۱۳۱۸	۲۲۰۸	۱۳۸۹	۹۱۶	۹۴۴	۱۲۱۷	۱۰۶۹	۱۳۳۷	۱۱۴۳	۱۲۹۵	-	-
شدت فرسایش EPM	۰/۹۷	۰/۷۹	۱	۰/۶۹	۰/۶۵	۰/۷۴	۰/۶	۰/۶۲	۰/۷	۰/۷۸	۰/۷۳	۰/۷۸	۱/۰۸

کتابنگاری

آقانباتی، ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ص.

احمدی، ح.، ۱۳۷۸- ژئومورفولوژی کاربردی، فرسایش آبی، جلد اول، دانشگاه تهران، شماره ۱۹۵۴، ۶۸۸ ص.

بهرامی، م. و رحیمی، ع.، ۱۳۸۷- برآورد حجم رسوب ناشی از فرسایش در حوضه آبریز کرد شیخ به روش تجربی با استفاده از سامانه‌ها اطلاعات جغرافیایی، فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، شماره۲، ص ۸۹-۸۲.

ثابت قدم، م.، ۱۳۸۳- مطالعه رسوب‌شناسی بخشی از حوضه آبخیز رودخانه کرج (کسیل- نسا، ملک فالیز، آزادبر) با نگرشی ویژه بر فرسایش‌پذیری سازندها، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت‌معلم، ۱۵۰ ص.

راستگو، س.، قهرمان، ب.، ثنایی‌نژاد، ح.، داوری، ک. و خداشناس، س.، ۱۳۸۵ - برآورد فرسایش و رسوب حوضه آخیز تنگ کنشت با مدل های تجربی MPSIAC و EMP به کمک GIS. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، صفحات ۱۰-۹۱.

رفاهی، ح.، ۱۳۷۸- فرسایش آبی و کنترل آن، دانشگاه تهران، چاپ چهارم، ۶۷۱ ص.

رنگزن، ک.، زراسوندی، ع. و حیدری، ا.، ۱۳۸۶- مقایسه دو مدل EPM و MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب حوضه پگاه سرخ گتوند خوزستان با استفاده از تکنیک‌های RS و GIS، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴ صفحات ۱۳۶-۱۲۳.

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ۱۳۸۳- نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ کرج و فشند.

سبحانی، ب.، ۱۳۸۰- مقایسه دو روش فائو و پسیاک اصلاح شده برای محاسبه فرسایش و رسوب با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، صفحات ۲۸- ۱۵.

علیزاده، ا.، ۱۳۸۳- اصول هیدرولوژی کاربردی، آستان قدس رضوی، چاپ دوازدهم، صفحات ۳۶۷ -۳۳۱ .

فیض‌نیا، س.، ۱۳۷۴- مقاومت سنگ‌ها در مقابل فرسایش در اقالیم مختلف ایران، استان قدس رضوی، ۲۵۸ ص.

گزارش زمین‌شناسی اَغَشت، ۱۳۸۶- منابع طبیعی، آبخیزداری استان تهران

گزارش فیزیوگرافی حوضه آبخیز اَغَشت، ۱۳۸۶- منابع طبیعی، آبخیزداری استان تهران.

گزارش هواشناسی استان تهران، ۱۳۸۶- تماب.

گزارش هواشناسی تماب، ۱۳۸۶- سازمان تحقیقات و منابع آب، وزارت نیرو

نبوی، ح.، ۱۳۵۵- دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۰۹ ص.

نیک‌کامی، د.، ۱۳۸۳- کاربردهای تحقیقاتی و مطالعاتی مدل PSIAC در محیط GIS، نشریه فنی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۳۳ ص.

References

Amini, S., Rafiri, B., Khodabakhsh, S. & Heydari, M., 2010- Estimation of erosion and sediment yield of Ekbatan dam drainage basin with EPM, Using GIS, Iranian Journal of Earth Science, pp.173-180.

Annell, R. N., Arthurton, R. S. & Bazley, R. A. B., 1987- Geological map of Karaj & shokran. 1:100000, Geology Survey of Iran.

Burrough, P. A., 1988- Principles of geographic system for land recourse, assessment" London, oxford university, Pp 128-132.

Gomez, B., 1991- bed-load transport, Earth Science Reviews , V. 31, no. 2, Aug. 1991, pp 89-132.

Gomez, B., Rossser, B. J., Peacock, D. H. & Hick, D. M., 2001- Downstream fining in a rapidly aggrading gravel bed river. Water Resources Research, 37, 1813-1832.

Johnson, C. W., Gebhardt, K. A., 1982- Predicting sediment yields from saga brush rangeland in, Proceedings of the workshop on estimating erosion and sediment yield on rangeland. Tucson Aritong, March 1982.V.5. Department of agriculture ARM-W-26.P. 145-156.

Lee, R., 2000- Chemical weathering, atmospheric and climate, Annu. Rev. Earth planet Sic, 28, PP. 611-617.

Lopes, V. L., Folliott, P. F. & Barker, M. B., 2001- Impact of vegetative practice on suspended sediment from watershed of Arizona, Journal of water Resources Plan and Management, 121. PP. 41-47.

Ownegh, M., 2003- Land use planning and integrated management of natural hazard in Golestan province, In: seminar on flood hazard prevention and mitigation, 15-16 january, 2003, Gorgan, Iran, Abstract, 9. P.

Pacific Southwest Iinter-Agency Committee, 1968- Report on factors affecting sediment yield in the pacific southwest area and selection and evaluation of measures for the reduction of erosion and sediment yield. Water management subcommittee, sedimentation Task force.

Pimental, D., Harvay, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shipritz, L., Fitton, L., Saffouri, R. & Blair, R., 1995- Environmental and economic costs if soil erosion and conservation benefit. science, 267. PP. 1117-1123

Saahin, S. & Kurum, E., 2002- Erosion risk analysis by GIS in environmental impact assessment: a case study – Seyahan Dam construction, journal of Environment al Management, 66, p239-247.

Tangestanni, H. M., 2006- Comparison of EPM and PSIAC methods in GIS for erosion and sediment yield assessment in semi-arid environment, Afzar catchment, Farce Province, Iran, Journal of Asian Earth sciences, 27, pp. 585-597.

Thommas, M. B. & Voinovich, G. V., 1995- Landslides in Ohio. The division of geological survey geofacts series, 4pp. Smith, D.D., Wischmeirer, W. H., 1962, Rain fall Erosion, Advances in Agronomy New York, Academic press. PP. 108-148.

Zurayk, R., Sayegh, F. A. A., Hamadeh, S. & Chehab, A., 2001- A GIS methodology for soil degradation evaluation, in: Stott D. e., Mohtar G. c. (eds), Sustaining the global farm, p. 1082-1089.

Qualitative and Quantitative Ways of Erosion and Sediment Assessment Using MPSIAC and EPM Models in Vardeh Drainage Basin (North of Karaj)

Sh. Gholipouri [1*], P. Ghazanfari [2], N. Almasian [3] & N. Jalali [4]

[1] M.Sc. Student, Department of Geology, Faculty of Sciences, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran
[2] Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, Imam Khomeini International University of Qazvin, Qazvin, Iran
[3] Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran
[4] Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran

Received: 2011 February 05 Accepted: 2011 May 14

Abstract

Vardeh drainage basin is located at north of Karaj and belongs to Central Alborz structural zone and its climate is semi-humid. The area of Vardeh basin is 68,97km^2. Formations in this basin mainly include shale, tuffaceous shale, tuffaceous sandstone and limestone. The age of Kahar Formation is Precambrian, the oldest formation and quaternary alluvial deposits are the youngest deposits at this basin. The aim of this study is Investigation of susceptibility of formations to erosion with qualitative methods, assessment of physiographic and geomorphology and quantitative ways, MPSIAC model and sedimentary yield. In this research, library studies, field surveys, interpreting Arial photos were carried out. The collected data taken into account from geometry factors, in V_1 sub – basin minimum slope and altitude and in $v_{7\text{-}2}$ maximum slope and altitude. Vardeh basin is divided into mountain (M,m), hills(h), and alluvial deposit (Qal,Qt). Mio fancies forms the most area of the basin. In MPSIAC model the effect of nine and EPM model the effect of 4 important factors on soil erosion and sediment yield were evaluated. Numerical values were assigned to them in terms of intensity and weakness of each factor. Using the sum of those values different factors, the amount of sediment yield in basin was calculated as $Qs= 0.253e^{0.036R}$ and finally the map for each of the 9 factors were prepared in Arc GIS environment. According to identifying sub- basins with high sediment yield, V_2 and V_3 sub- basins deposit and this basin shall be among first priority for soil protection planning.

Keywords: Vardeh Drainage Basin, Erosion, Geomorphology, Physiographic, MPSIAC, EPM Models, Sedimentary Yield

For Persian Version see pages 145 to 154

*Corresponding author: Sh. Gholipouri; E-mail: Shima_gholipouri@yahoo.com