

برآورد فرسایش و رسوب سالانه با استفاده از مدل EPM و GIS (مطالعه موردی: حوزه زیدشت، طالقان)

علی دسترنج^{۱*}

امید اسدی نلیوان^۲

ساناز فلاح^۳

ابوطالب صالح نسب^۴

شیرکو جعفری^۵

چکیده

یکی از مشکلات مدیریت و کنترل فرسایش و رسوب حوضه‌های آبخیز کشور، فقدان داده‌های آماری جهت برآورد دقیق میزان فرسایش و رسوب است. بدین منظور استفاده از روش‌های تجربی کارآمد الزامی است. هدف از تحقیق حاضر، برآورد شدت فرسایش و میزان رسوب حوضه‌ی زیدشت با استفاده از مدل تجربی EPM و نرم‌افزار GIS و کارایی این سیستم در مطالعات فرسایش و رسوب حوضه‌های آبخیز و در نهایت کاهش حجم رسوبات در سطح حوضه و پشت سدها می‌باشد. فرسایش سازندهای سنگی و ورود حجم عظیمی از رسوبات به دریاچه سد طالقان، بر اهمیت و لزوم مطالعه‌ی چگونگی تولید و حمل رسوبات در حوضه آبخیز زیدشت می‌افزاید. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که حوضه‌ی آبخیز زیدشت از نظر فرسایش و تولید رسوب در وضعیت متوسط قرار داشته و میزان ضریب شدت فرسایش آن $Z=0/69$ است. همچنین با طبقه‌بندی کلاس شدت فرسایش معلوم شد که حوضه‌ی مورد نظر در ۲ کلاس شدید و متوسط قرار دارد و میزان فرسایش و رسوب در آن به حدی است که اجرای برنامه‌های حفاظت آب و خاک ضرورت و اولویت دارد. بیشترین و کمترین میزان ضریب شدت فرسایش به ترتیب در زیرحوضه‌های D_{int2} و D_1 بوده است که دلیل آن، وجود سازند (گل سنگ و مارن و نهشته‌های گراولی) Ngm و $Q1g$ و کاربری کشاورزی و باغات در شیب‌های تند و بدون پوشش گیاهی زیر درختان در زیرحوضه D_{int2} و وجود سازند مقاوم (توف اسیدی و گدازه بازی) Ekv، و کاربری مرتع خوب در D_1 می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: فرسایش؛ رسوب؛ EPM؛ حوضه آبریز زیدشت؛ طالقان

۱- دانشجوی دکتری آبخیزداری دانشگاه هرمزگان (نویسنده مسئول).
Email: dastranj66@gmail.com
۲- دانشجوی دکتری آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد بیابان زدایی آموزشگاه عالی سراوان.
۴- دانشجوی دکتری جنگلداری دانشگاه تهران.
۵- دانشجوی دکتری محیط زیست دانشگاه تهران.

مقدمه

یکی از مشکلات مهم در مدیریت حوضه‌های آبخیز کشور، فرسایش و رسوب‌زایی است، که پیامدهای ناشی از آن با تشدید بهره‌برداری انسان از طبیعت از اوایل قرن بیستم اثرات منفی خود را بر اکوسیستم‌های حیاتی وارد ساخته است. عامل اصلی فرسایش افزایش جمعیت و استفاده بیش از حد از زمین است (شیرزادی، ۱۳۸۸). برای حفاظت خاک و تعیین روش مناسب مبارزه با فرسایش و کاهش رسوب‌زایی، باید حجم کل رسوب تولیدی سالانه در حوضه‌ی آبخیز ارزیابی و برآورد گردد. چنانچه در یک حوضه‌ی آبخیز داده‌های مربوط به دبی آب و رسوب به اندازه‌ی کافی موجود باشد، محاسبه حجم کل رسوب‌دهی سالانه‌ی آن با به کارگیری روش‌های آماری متداول امکان‌پذیر می‌باشد؛ ولی عدم وجود یا کمبود داده‌ها در بسیاری از حوضه‌های آبخیز کشور، کاربرد روش‌های تجربی مناسب برای برآورد فرسایش خاک و رسوب‌زایی را الزامی می‌نماید (راستگو، ۱۳۸۳). سالیانه مقدار زیادی خاک از سطح حوضه‌های آبخیز به وسیله‌ی آب شسته شده و از محل اصلی خود جابجا شده و حجم زیادی از آن در پشت سدها، آب‌های ساکن، چاله‌های داخلی و یا دریاها و اقیانوس‌ها ته‌نشین می‌گردد. بخش زیادی از این رسوبات، در اثر فرسایش خاک حاصلخیز سطحی ایجاد می‌شود که با بررسی و توجه بیشتر به چگونگی پیدایش خاک، اهمیت این عنصر طبیعی مشخص خواهد شد (رفاهی، ۱۳۸۵). با توجه به این که آب و خاک مهم‌ترین عوامل در تأمین مایحتاج بشری می‌باشند (فیض‌نیا، ۱۳۸۷)، کوچک‌ترین کم‌توجهی در حفظ و نگهداری این دو عامل، خسارت جبران‌ناپذیری را وارد خواهد کرد. تخریب منابع آب و خاک باعث بر هم خوردن تعادل طبیعی در یک منطقه است که علت اصلی آن، دخالت انسان در آن است (احمدی، ۱۳۸۶). برآورد میزان فرسایش و رسوب و اعمال مدیریت مناسب در یک منطقه، همانند هر پدیده‌ی طبیعی دیگر نیازمند شناخت کامل عوامل تأثیرگذار بر آن است. از آنجایی که پدیده‌ی فرسایش و رسوب یکی از پیچیده‌ترین فرآیندهای طبیعی بوده و عوامل زیادی در آن دخیل می‌باشد، شناخت کامل عوامل مؤثر در این پدیده، کاری بسیار مشکل می‌باشد.

فرسایش آبی از جمله فرآیندهایی است که بر منابع آب و خاک کشور تأثیر نامطلوبی دارد؛ به طوری که ۷۵ میلیون هکتار از حدود ۱۰۰ میلیون هکتار اراضی کشور، در معرض فرسایش آبی و به تبع آن پدیده بیابان‌زایی است (رفاهی، ۱۳۸۵). جهت جلوگیری از فرسایش و هدررفت منبع با ارزش خاک، اقدامات متعددی همچون قرق مراتع جهت تقویت و بهبود پوشش گیاهی، مرتع‌کاری و اصلاح مراتع و احداث سازه‌های مختلف همچون آب‌بندها، سدهای کوچک و متوسط در سطح حوضه‌های آبخیز در دستور کار قرار گرفته‌اند؛ اما با توجه به محدودیت منابع مالی و لزوم اقتصادی و پرثمر بودن اقدامات انجام شده، اجرای عملیات اصلاحی و حفاظتی باید

از مناطقی با بیشترین میزان هدررفت و فرسایش آغاز شود و برای دستیابی به این مهم، برآورد میزان فرسایش حوضه‌های آبخیز و قسمت‌های مختلف آن، الزامی و تعیین‌کننده‌ی نوع، حجم و مکان انجام اقدامات مختلف جهت حفظ خاک است (نورانی، ۱۳۸۴). بنابراین بررسی فرسایش و تولید رسوب در زنجیره‌ی مطالعات منابع طبیعی، به‌عنوان یکی از حلقه‌های مهم در تصمیم‌گیری‌ها و موفقیت و کارآمدی طرح‌های آبخیزداری، دارای اهمیت زیادی است. جهت برنامه‌ریزی و آگاهی از وضعیت تخریبی حوضه‌ی آبخیز، برآورد میزان فرسایش و رسوب تولیدی هر حوضه لازم و ضروری است.

فناوری سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی GIS با توانایی‌های بالا برای کار با داده‌های جغرافیایی، امکان انجام چنین مطالعاتی را با هزینه‌ی کمتر و دقت و سرعت بیشتر فراهم می‌کند. بنابراین، استفاده از نرم‌افزار GIS ضروری است. در این مطالعه از توانایی سامانه GIS و مدل EPM^۱ برای برآورد فرسایش و رسوب حوضه‌ی زیدشت استفاده شده است. از مطالعاتی که تاکنون در این زمینه انجام گرفته است؛ می‌توان به فعالیت‌های پژوهشی محققانی مانند (رفاهی و نعمتی، ۱۳۷۲)، (بیات و همکاران، ۱۳۸۰)، (راستگو، ۱۳۸۳)، (ضیایی، ۱۳۸۳)، (رنگزن و همکاران، ۱۳۸۷)، (اسکندری و محمدی، ۱۳۸۱)، (برزو و همکاران، ۱۳۸۷)، (خداحیمی، ۱۳۸۴)، (بیات، ۱۳۸۷)، (شوئیلی و سرور، ۱۳۸۶)، (خدابخشی و همکاران، ۱۳۸۹)، (هیل^۲، ۱۹۹۳)، (تنگستانی^۳، ۲۰۰۱، ۲۰۰۵)، (گوبین^۴، ۳۰۰۳)، (زو^۵، ۲۰۰۸)، (امینی و همکاران^۶، ۲۰۱۰)، (امیری^۷، ۲۰۱۰)، (فانتی و وزولی^۸، ۲۰۰۷)، (سلیمانی و همکاران^۹، ۲۰۰۹) اشاره کرد. بسیاری از این مطالعات کارایی مدل EPM را با توجه به مطالعات میدانی و آمار ایستگاه رسوب‌سنجی زیرحوضه‌ها تأیید کرده‌اند (رفاهی و نعمتی، ۱۳۷۲؛ بیات و همکاران، ۱۳۸۰؛ راستگو، ۱۳۸۳؛ شوئیلی و سرور، ۱۳۸۶). صادقی (۱۳۷۲)، رسوب حوضه‌ی اوزون‌دره را با استفاده از این مدل برآورد کرده و نتیجه گرفت برای کسب نتیجه مطلوب، باید این مدل را با بازدیدهای صحرائی کنترل کرد. با توجه به این که طبق آمار ایستگاه هیدرومتری، روش قابل قبولی برای محاسبه و تعیین میزان فرسایش خاک حوضه و زیرحوضه‌های آن وجود ندارد؛ لذا با استفاده از روش تجربی EPM میزان فرسایش خاک و همچنین تولید رسوب در حوضه‌ی آبخیز زیدشت تعیین و نتیجه با

1- Erosion Potential Method

2- Hill

3- Tangestani

4- Gobin

5- Zwu

6- Amini et al.,

7- Amiri

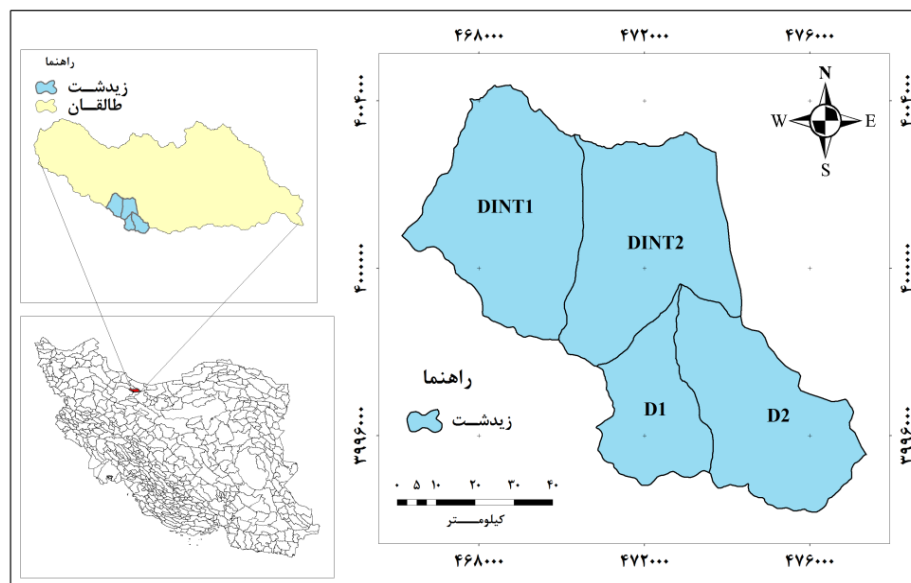
8- Fanetti & Vazzoli

9- Solaimani et al.,

میزان رسوب محاسباتی ایستگاه هیدرومتری با استفاده از سامانه GIS مقایسه گردید. در این مطالعه همچنین کارایی سیستم اطلاعات جغرافیایی در مطالعات فرسایش و رسوب مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه در استان البرز و شهرستان طالقان در عرض‌های جغرافیایی $35^{\circ} 5' 36''$ الی $36^{\circ} 46' 11''$ و در طول‌های جغرافیایی $46^{\circ} 37' 50''$ الی $44^{\circ} 56' 50''$ قرار گرفته است (شکل ۱). این منطقه از سمت شمال به رودخانه‌ی طالقان، از سمت جنوب به رشته‌کوه‌های طالقان، از سمت شرق نیز به زیرحوضه‌ی باریکان (زیدشت دو) و از غرب به زیرحوضه‌ی نسا سفلی منتهی شده (اسدی نلیوان، ۱۳۹۱) و در منطقه‌ی البرز واقع است. متوسط بارندگی سالانه‌ی آن، 530 میلی‌متر گزارش شده است. حداکثر ارتفاع و اختلاف ارتفاع حوضه به ترتیب معادل 3019 متر و 1278 متر است. اقلیم حوضه بر اساس سیستم دوماتن، سیستم آمبرژه و سیستم گوسن به ترتیب در اقلیم نیمه‌مرطوب فراسرد و اقلیم ارتفاعات فوقانی و اقلیم استپی سرد واقع گردیده است. این حوضه به چهار زیرحوضه تقسیم شده و مساحت آن $53/65$ کیلومتر مربع است.



شکل (۱) موقعیت حوزه آبخیز زیدشت در کشور، استان و منطقه

مدل EPM با استفاده از اطلاعات حاصل از قطعه زمین‌های فرسایشی و اندازه‌گیری رسوب پس از ۴۰ سال تحقیقات در کشور یوگسلاوی سابق به‌دست آمده و برای اولین بار در سال ۱۹۸۸ در کنفرانس بین‌المللی رژیم رودخانه توسط (گاوریلویک^۱، ۱۹۸۸) ارائه گردیده است (رفاهی، ۱۳۸۵). مدل EPM قادر است به عنوان

عنوان ابزاری جهت برآورد اولیه از میزان بار رسوب آبراهه‌ها در طرح‌های مربوط به سدهای در حال احداث و یا سایر سازه‌هایی که به نحوی به این‌گونه داده‌ها نیازمندند، به کار گرفته شود (رنگزن و همکاران، ۱۳۸۷). این مدل، روش پیشرفته طبقه‌بندی کمی فرسایش به روش M.Q.C.E۱ می‌باشد. با استفاده از این روش می‌توان نقشه‌ی فرسایش خاک را تهیه نمود (احمدی، ۱۳۸۶). در این تحقیق برای تعیین شدت فرسایش از مدل EPM استفاده شده است (فیض‌نیا، ۱۳۸۷). برخی از روابط مدل به شرح زیر می‌باشد:

$$Z = X_a \times Y(\phi + I^{\frac{1}{2}}) \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن، Z = ضریب شدت فرسایش، X_a = ضریب کاربری اراضی، Y = ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش، ϕ = ضریب فرسایش و I = شیب متوسط حوضه بر حسب درصد است. از فرمول زیر فرسایش ویژه به دست می‌آید:

$$V_{sp} = T.H.\pi.Z^{\frac{3}{2}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن، V_{sp} = میانگین سالانه‌ی فرسایش ویژه‌ی حوضه بر حسب $m^3/Km^2/y$ ، H = متوسط مقدار بارندگی سالانه بر حسب mm ، π = عدد پی $3/14$ ، T = ضریب دما، t = میانگین دمای سالانه بر حسب درجه سانتی‌گراد.

$$T = \left(\frac{t}{10} + 0.1\right)^{\frac{1}{2}} \quad \text{رابطه (۳)}$$

سپس برای تعیین میزان رسوب‌دهی کل حوضه و هر یک از زیرحوضه‌های آن، روابط زیر به کار گرفته شده است:

$$SDR = \frac{4 \times (0 \times D)^{0.5}}{L + 10} \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن، SDR = ضریب رسوب‌دهی حوضه آبخیز، L = طول حوضه آبخیز بر حسب (km)، O = محیط حوضه آبخیز بر حسب (km)، D = اختلاف ارتفاع یا تفاضل ارتفاع متوسط حوضه به ارتفاع نقطه‌ی خروجی بر حسب (km). دبی رسوب ویژه نیز از فرمول ۵ به دست می‌آید:

$$GSP = V_{sp} \times SDR \quad \text{رابطه (۵)}$$

که در آن، GSP = میانگین سالانه رسوب ویژه حوضه بر حسب $(m^3/Km^2/y)$ ، V_{sp} = فرسایش ویژه حوضه بر حسب $(/y m^3/Km^2)$ ، SDR = ضریب رسوب‌دهی حوضه‌ی آبخیز می‌باشند. سپس رسوب و فرسایش کل سالانه از طریق روابط زیر به دست می‌آید:

$$V_g = V_{sp} \times F \quad \text{ذرات (۶)}$$

که در آن، $Vg =$ میانگین سالانه فرسایش کل حوزه آبخیز (m^3/y) ، $F =$ مساحت حوزه آبخیز (Km^2) می‌باشند.

$$Gg = Vg \times SDR \quad (\text{رابطه } (Y))$$

که در آن، $Gg =$ میانگین سالانه دبی رسوب کل حوضه آبخیز (m^3/y) است.

سپس از طریق جدول (۱) که براساس شدت فرسایش و Z تنظیم شده است، کلاس فرسایش برای هر واحد اراضی یا شبکه یا زیرحوضه تعیین می‌گردد.

جدول (۱) طبقه‌بندی شدت فرسایش در مدل EPM

ارزش متوسط Z	ارزش حد Z	شدت فرسایش	طبقه‌بندی فرسایش
۱/۲۵	$1 < Z$	خیلی شدید	۱
۰/۸۵	$0.71 < Z < 1$	شدید	۲
۰/۵۵	$0.41 < Z < 0.7$	متوسط	۳
۰/۲	$0.2 < Z < 0.4$	کم	۴
۰/۱	$0.19 > Z$	خیلی کم	۵

بعد از تعیین شدت فرسایش با استفاده از مدل EPM، نقشه‌های مربوطه با استفاده از GIS تهیه گردید. لایه حساسیت سنگ و خاک به فرسایش (Y) با استفاده از نقشه‌های خاکشناسی، سنگ‌شناسی و زمین‌شناسی (مقیاس کل نقشه‌ها ۱:۲۵۰۰۰) و بازدیدهای میدانی جهت تطبیق داده‌ها به دست آمد. لایه‌ی ضریب فرسایش حوضه‌ی (ϕ) از ترکیب نقشه‌های زمین‌شناسی، خاکشناسی، وضعیت فعلی فرسایش و بازدیدهای میدانی به دست آمد. لایه‌ی کاربری اراضی (Xa) نیز از تولید نقشه‌ی پوشش گیاهی و کاربری اراضی (در برنامه گوگل ارث) تهیه گردید. به منظور استخراج شیب منطقه (I) از مدل رقوم ارتفاعی (DEM) استفاده شد. در نهایت برای تهیه نقشه فرسایش، در ابتدا ضرایب فرسایش‌پذیری منطقه با توجه به عوامل کاربری اراضی، حساسیت سنگ و خاک به فرسایش، ضریب فرسایش و شیب متوسط حوضه به دست آمد و سپس به منظور تعیین ضریب شدت فرسایش از رابطه (۱) استفاده شد. در نهایت برای تعیین ارزش Z در زیرحوضه‌ها از دستور Overlay استفاده شد.

بحث و نتایج

در حوضه‌ی مورد نظر، برای تعیین میزان فرسایش خاک و همچنین تولید رسوب از مدل EPM استفاده گردید. با توجه به نتایج به دست آمده از مطالعات پایه و بازدیدهای میدانی انجام شده، ضرایب تعدادی از پارامترهای مدل برای منطقه مورد مطالعه به شرح جدول‌های (۲، ۳ و ۴) می‌باشد.

جدول (۲) مقادیر ضریب استفاده از زمین در منطقه مورد مطالعه

کشاورزی	باغ	مراتع	کاربری
۰/۴	۰/۷	۰/۵	Xa

(منبع ضرایب رفاهی ۱۳۸۵ و احمدی ۱۳۸۶)

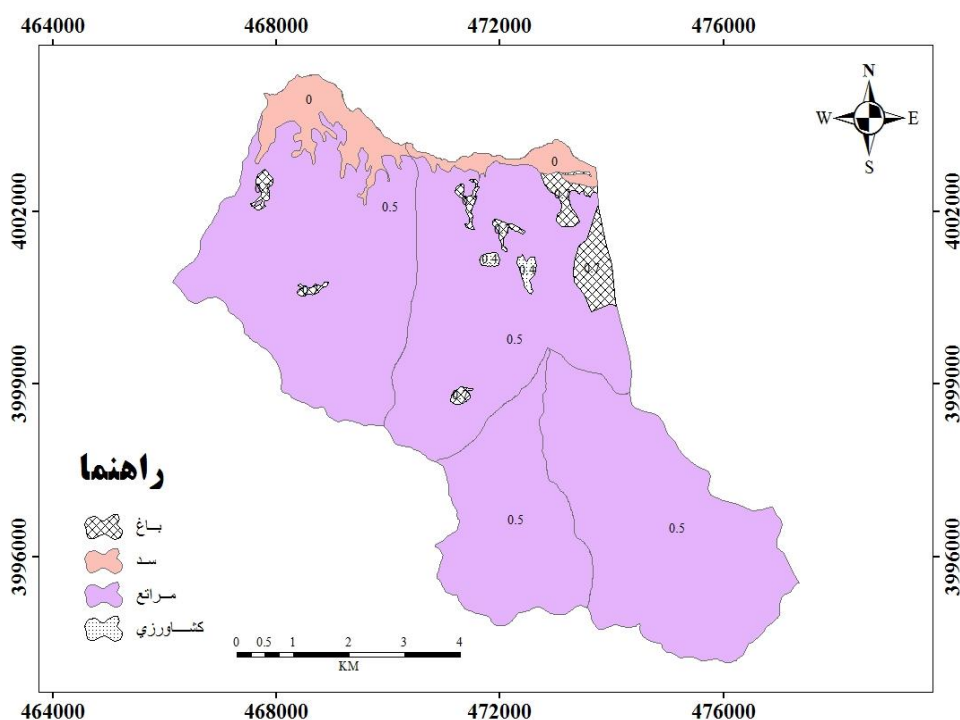
جدول (۳) مقادیر ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش در منطقه مورد مطالعه

سازند	Im	Ekta	L	Ngc	Ngm	Q1g	Q2s(Com)	Pr	PCz	Dv	CL	Com	Ekv
Y	۰/۲۵	۰/۴	۱	۱/۲	۲	۱/۶	۲	۱	۱/۶	۰/۳	۰/۹	۱	۰/۳

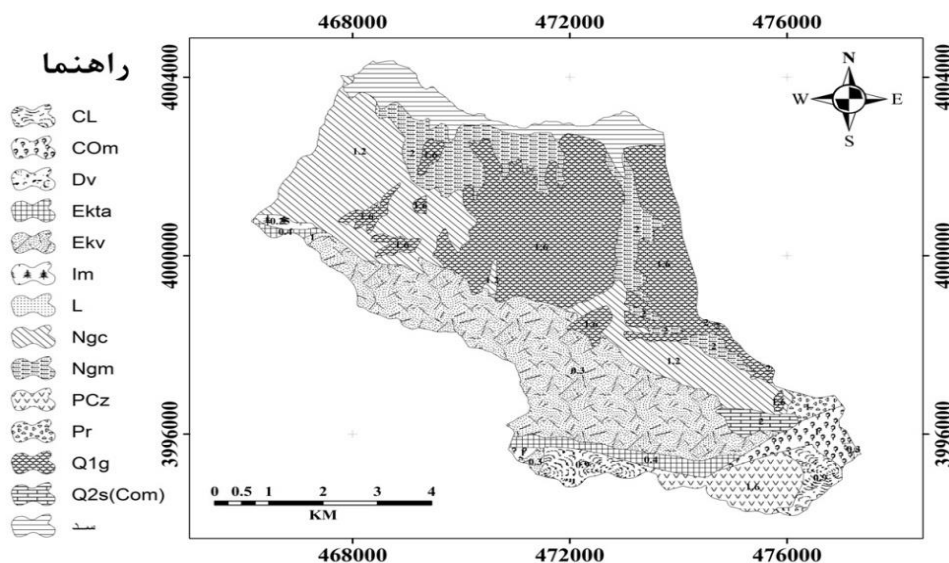
جدول (۴) مقادیر ضریب فرسایش در منطقه مورد مطالعه

آبراهه‌ای	هزاردره	برونزد سنگی	شیاری	سطحی	دامنه منظم	نوع فرسایش
۰/۸۵	۰/۹	۰/۱۵	۰/۷	۰/۶	۰/۱۵	φ

همچنین برای منطقه‌ی مورد مطالعه، نقشه‌ی کاربری اراضی و زمین‌شناسی و فرسایش و ضرایب آنها در شکل‌های (۲ و ۳ و ۴) نشان داده شده است.



شکل (۲) نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز زیدشت و ضریب Xa



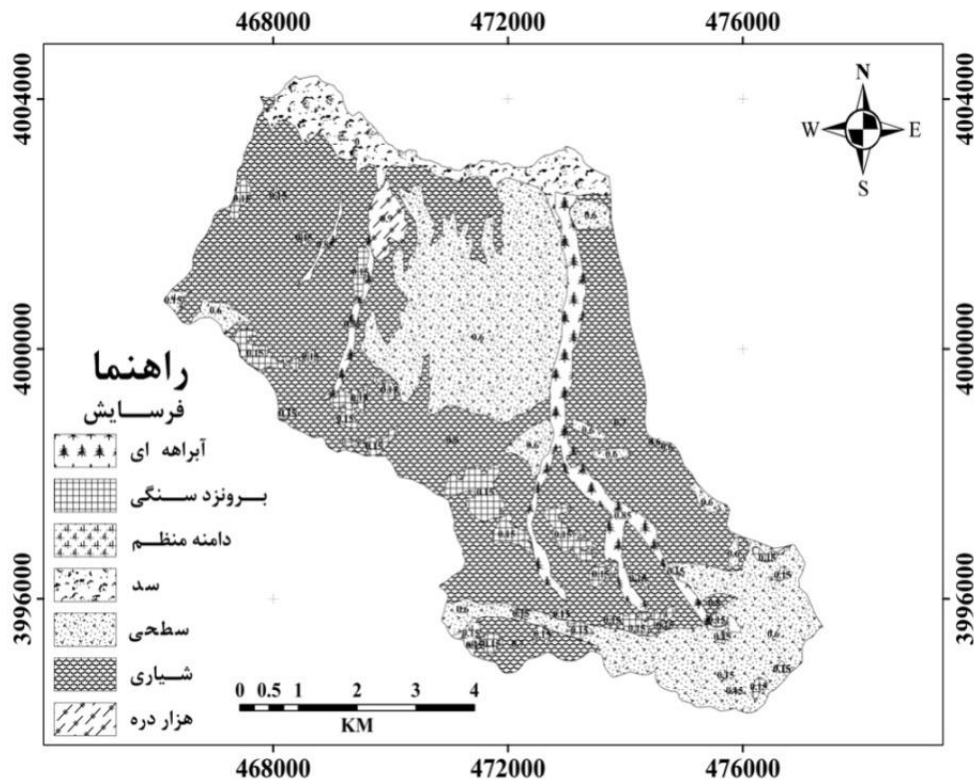
شکل (۳) نقشه سازندهای زمین‌شناسی حوزه آبخیز زیدشت و ضریب Y

جدول (۵) نیز خصوصیات سنگ‌شناسی و سازندهای منطقه و همچنین درصد هر یک از سازندها را نشان

می‌دهد.

جدول (۵) خصوصیات سنگ‌شناسی و سازندهای منطقه

سن	دوره	دوران	علامت و ضریب Y	خصوصیات سنگ‌شناسی	اسم سازند	مساحت	
						هکتار	درصد
پلئیتوسن	کواترنر	سنوزوئیک	Q2a1 2	نهشته های آبرفت امروزه	-	۲۲۶/۱۷	۴/۲۲
پلئیتوسن	کواترنر	سنوزوئیک	Q2s(Com)2	نهشته های لغزشی و سولیفلوکسیون (جهت حرکت نشان داده شده است)	-	۶۱/۶۹	۱/۱۵
پلئیتوسن	کواترنر	سنوزوئیک	Q1g 1.6	نهشته های گراولی پلئیتوسن قدیمی (پادگانه ریس)	-	۱۴۶۷/۸۳	۲۷/۴۱
-	ترسیر	سنوزوئیک	Im 0.25	مونزونیت	-	۲۱/۹۴	۰/۴۱
میوسن - پلیوسن	ترسیر	سنوزوئیک	Ngm2/Ngc1.2	- گلسنگ و مارن Ngm	قرمز	۵۰۵/۳۷	۹/۴۴
پلیوسن	ترسیر	سنوزوئیک	Ekv 0.3	کنگلومرا Ngc -	بالایی؟	۱۰۴۹/۳۴	۱۹/۶
ائوسن	ترسیر	سنوزوئیک	Ekta 0.4	گدازه بازی	کرج	۱۳۱۲/۸۴	۲۴/۵۲
ائوسن	ترسیر	سنوزوئیک	L 1	توف اسیدی Ekta	کرج	۱۳۲/۱۸	۲/۴۷
-	ترسیر	سنوزوئیک	L 1	سنگ آهک L -	کرج	۵/۶۶	۰/۱۱
-	پریمین	پالئوزوئیک	Pr 1	آهک خاکستری به همراه اندکی دولومیت، مارن و لایه های سیلتی در بالا	روته و نسن	۳۸/۸۶	۰/۷۳
-	دونین؟	پالئوزوئیک	Dv 0.3	گدازه بازالتی	-	۱۴/۶۵	۰/۱۸
-	اوردویسین	پالئوزوئیک	CL 0.9	ماسه سنگ قرمز به همراه سیلت سنگ و کوارتزیت های خاکستری کمرنگ در بالا	لالون	۱۹۲/۷۲	۳/۶
-	اوردویسین	پالئوزوئیک	COm 1	سنگ آهک، دولومیت، ماسه سنگ و شیل	میلا	۱۳۴/۵۵	۲/۵۱
-	پرکامبرین بالا	پرکامبرین	PCz 1.6	شیل قرمز، ماسه سنگ قرمز، سیلت سنگ و گلسنگ همراه با لایه هایی از آهک استراتوماتولیت دار در زیر	زاگون و باروت	۲۰۱/۶۹	۳/۷۷



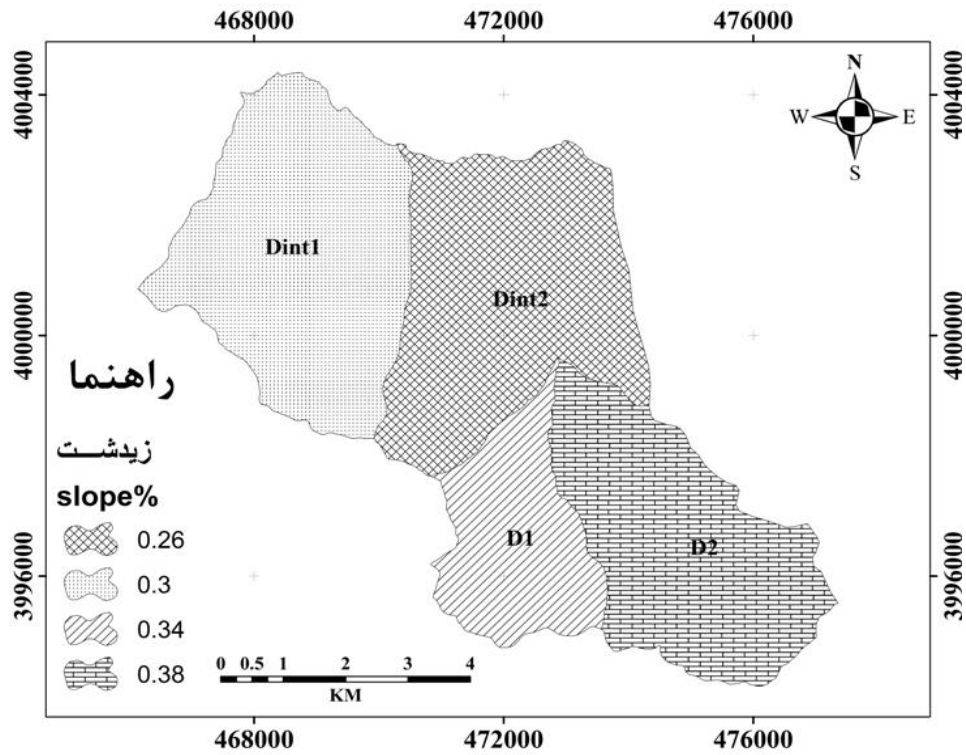
شکل (۴) نقشه رخساره‌های فرسایشی حوزه آبخیز زیدشت و ضریب ϕ

برخی از پارامترهای مورد نیاز جهت انجام محاسبات مربوط به فرسایش و رسوب به شرح جدول (۶) می‌باشد.

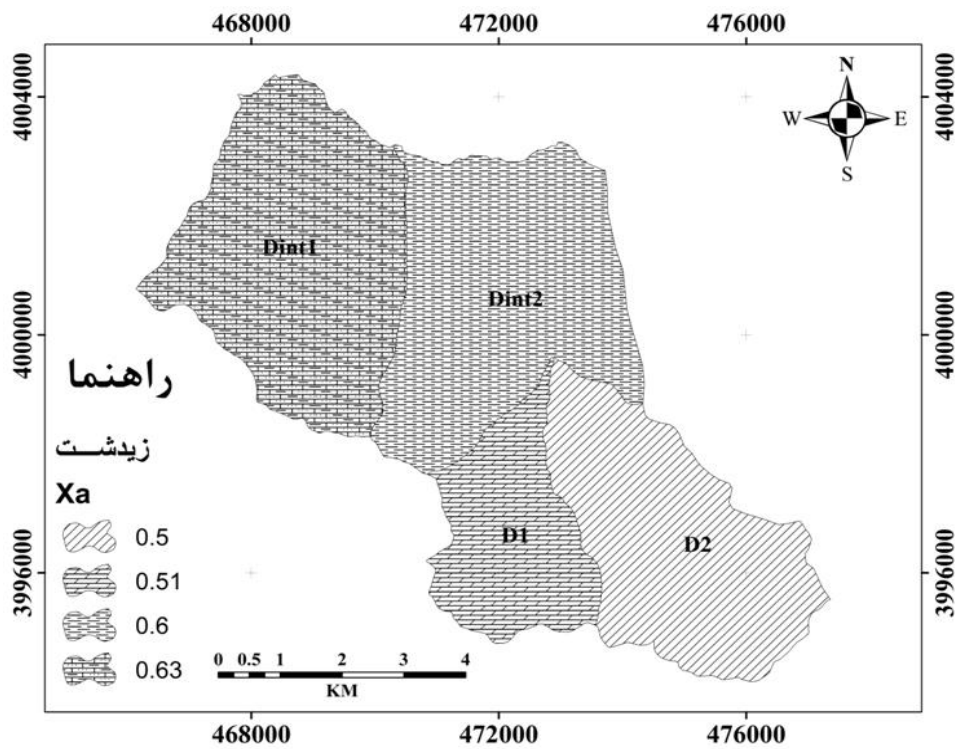
جدول (۶) پارامترهای مورد نیاز برای محاسبه میزان فرسایش و رسوب

زیرحوزه	F(Km ²)	O(Km)	T	H(mm)	SDR	t(c ^o)	D(Km)	L(Km)
D ₁	۷/۴۷	۱۳/۵۸	۰/۹۷	۵۱۰/۳	۰/۲۹	۸/۵	۳۰۰/۹۴	۲۵/۱۱
D ₂	۱۳/۵۲	۱۷/۰۲	۱/۰۷	۴۳۰/۳	۰/۶۷	۱۰/۵	۳۸۶/۴۶	۳۱/۳۱
Dint ₁	۱۶/۵۷	۱۷/۵۲	۰/۸۸	۵۶۰/۳	۰/۶	۶/۸	۵۱/۵۳	۳۷/۵۶
Dint ₂	۱۶/۰۷	۱۸/۹۵	۰/۹	۵۵۳/۲	۰/۸۵	۷/۱	۲۷۶/۳۱	۴۳/۴۹

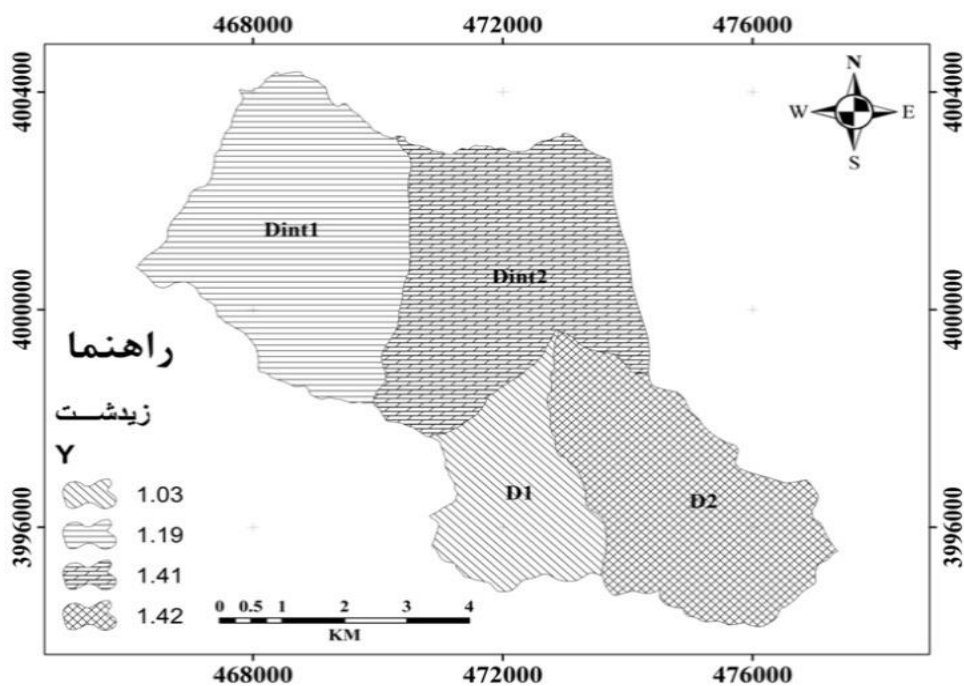
سپس از طریق سامانه GIS، نقشه‌های مربوط به تعیین ضریب شدت فرسایش به دست آمد که در شکل‌های ۵ تا ۱۰ آورده شده است.



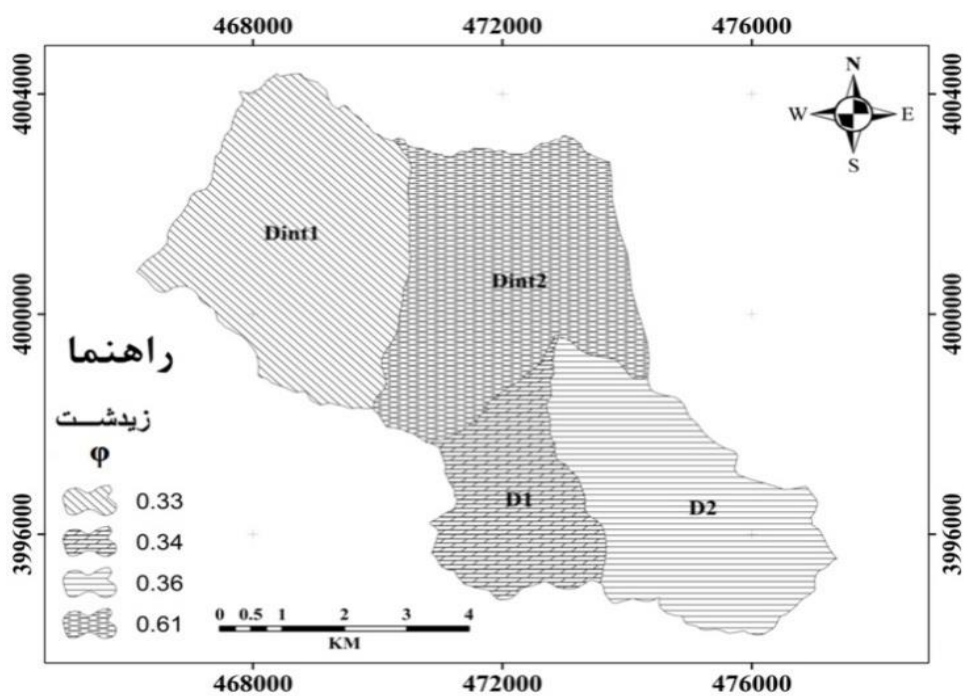
شکل (۵) نقشه ضریب شیب منطقه مورد مطالعه



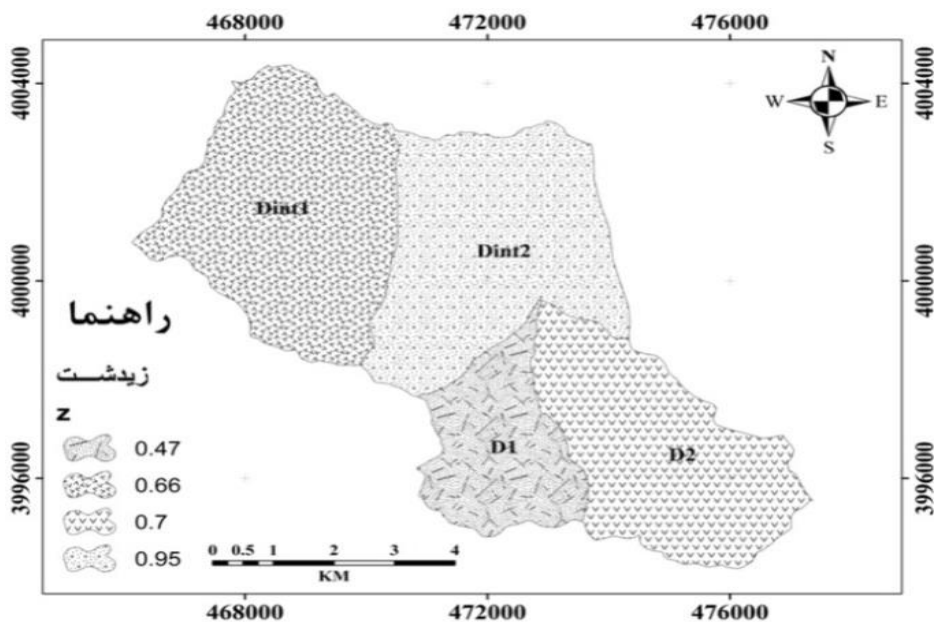
شکل (۶) نقشه ضریب استفاده از زمین منطقه مورد مطالعه



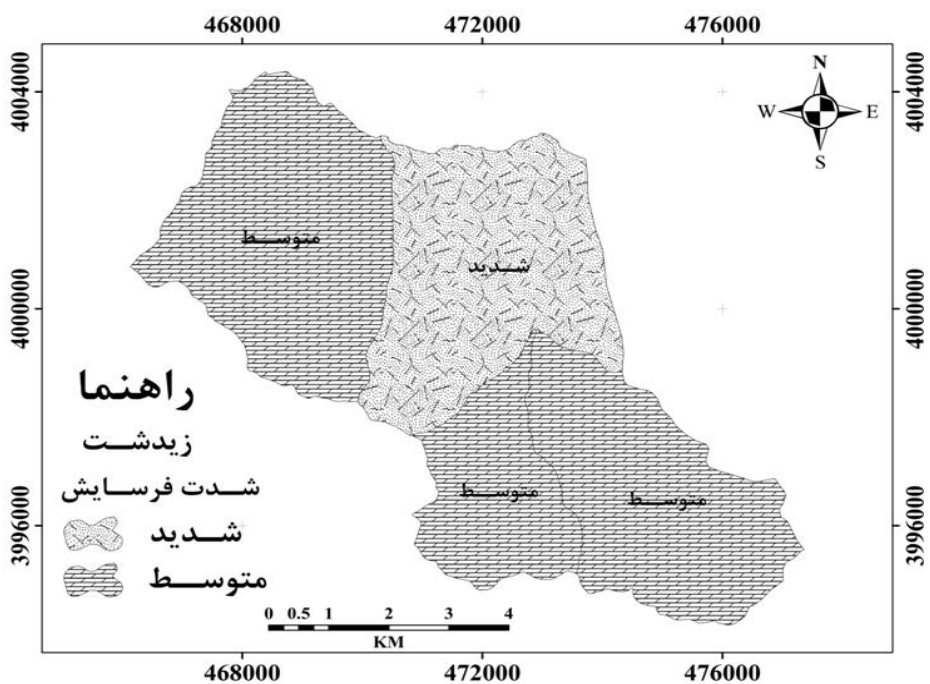
شکل (۷) نقشه ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش منطقه مورد مطالعه



شکل (۸) نقش ضریب فرسایش منطقه مورد مطالعه



شکل (۹) نقشه ضریب شدت فرسایش منطقه مورد مطالعه از تلفیق نقشه‌های قبلی



شکل (۱۰) نقشه شدت فرسایش منطقه مورد مطالعه

در نهایت از تلفیق نتایج به دست آمده، فرسایش و رسوب ویژه‌ی زیرحوضه‌ها و کل حوزه و همچنین رسوب و فرسایش کل سالانه به دست آمد (جدول ۷).

جدول (۷) فرسایش و رسوب ویژه زیرحوضه‌ها و کل حوزه و همچنین رسوب و فرسایش کل سالانه

زیرحوزه	$V_{sp}(m^3/Km^2/y)$	$G_{sp}(m^3/Km^2/y)$	$V_g(m^3/y)$	$G_g(m^3/y)$
D ₁	۵۱۵/۳۸	۱۴۹/۴۶	۳۸۵۵/۰۷	۱۱۱۷/۹۷
D ₂	۸۴۰/۳۸	۵۶۳/۰۶	۱۱۳۶۲/۱	۷۶۱۲/۵۴
Dint ₁	۸۳۹/۰۶	۵۰۳/۴۳	۱۳۹۰۳/۱۷	۸۳۴۱/۹
Dint ₂	۱۴۳۸/۲۸	۱۲۲۲/۵۳	۲۳۱۲۷/۴۷	۱۹۶۵۸/۳۵
کل حوزه	۳۶۳۳/۱	۲۴۳۸/۴۹	۵۲۲۴۷/۷۱	۳۶۷۳۰/۷۶

با توجه به جدول (۷)، میزان فرسایش ویژه بسته به میزان ضریب شدت فرسایش در زیرحوضه‌ها تغییر می‌کند که این تغییرپذیری، نتیجه کاربری‌های مختلف حوضه و همچنین سازندهای متفاوت و شیب متغیر منطقه می‌باشد.

نتیجه‌گیری

از آنجایی که روش‌ها و فنون جمع‌آوری آمار و اطلاعات مورد نیاز و تجزیه و تحلیل آنها، نقش به‌سزایی در انجام پروژه‌های تحقیقاتی و حتی مطالعاتی، به ویژه پروژه‌هایی که در راستای فعالیت‌های اجرایی هستند و نیل به اهداف تعیین شده دارند؛ در این تحقیق هم جهت افزایش دقت در برآورد میزان رسوب و فرسایش حوضه‌ی آبخیز زیدشت از GIS استفاده شد. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به لحاظ قدرت بالای تجزیه و تحلیل اطلاعات پایه (به‌ویژه در بحث فرسایش و رسوب و تعداد زیاد لایه‌ها)، پس از تفکیک مناطق با رسوب‌دهی مختلف از یکدیگر و مشخص نمودن نقش واحدهای کوچک، با تولید نقشه حساسیت به فرسایش، مناطق مختلف فرسایشی را از نظر کیفی و کمی طبقه‌بندی کرده و امکان تفکیک و اولویت‌بندی مناطق حساس به فرسایش را با توجه به اهداف مختلف فراهم می‌آورند.

اندازه‌گیری مقدار فرسایش و رسوب به دلایل فنی، حفاظتی و اقتصادی در تمامی نقاط امکان‌پذیر نیست. از این‌رو مناسب‌ترین راهکار، پیش‌بینی یا برآورد مقادیر فرسایش و رسوب است که لازمی آن، آگاهی از مکانیزم‌های فرسایش و عوامل مؤثر بر آن است. از طرفی انتخاب مدل مناسب برای هر منطقه مستلزم ارزیابی دقت مدل‌های مختلف از طریق مقایسه نتایج حاصل از به‌کارگیری آنها با ضریب رسوب‌دهی واقعی در یک حوضه‌ی آبخیز می‌باشد (رستمی، ۱۳۸۷). با توجه به این که روش‌های تجربی بسته به منطقه و شرایط آب و هوایی تغییرات قابل ملاحظه‌ای دارند، باید برای کل مناطق مورد استفاده کالیبره شوند. در مطالعه‌ی حاضر جهت برآورد میزان فرسایش و تولید رسوب حوضه‌ی آبخیز زیدشت از مدل EPM استفاده شد. نتایج نشان داد که وضعیت فرسایش حوضه در کلاس متوسط قرار دارد و انجام اقدامات آبخیزداری و حفاظت خاک در این حوضه ضروری است. همچنین بیشترین میزان ضریب شدت فرسایش (Z) در زیرحوضه Dint2 مشاهده

شد که دلیل آن وجود سازند فرسایش‌پذیر Ngm و Q1g و کاربری کشاورزی است. کمترین میزان ضریب شدت فرسایش نیز در زیرحوضه D1 مشاهده شده که دلیل آن وجود سازند مقاوم به فرسایش Ekv, Ekta و کاربری خوب مراتع می‌باشد. در زیرحوضه‌ی D2 که در رتبه‌ی دوم ضریب شدت فرسایش قرار دارد، افزایش میزان ضریب رسوب‌دهی، شیب بالا، وجود سنگ‌های آتشفشانی بازالتی و وجود سازندهای فرسایش‌پذیر Q2s(Com), Ngm, Ngc, PCz باعث افزایش مقدار ضریب شدت فرسایش و به تبع آن رسوب شده است. در زیرحوضه‌ی Dint1 که در رتبه سوم ضریب شدت فرسایش قرار دارد، وجود سازندهای حساس به فرسایش Ngc و Q1g دخالت دارند. از نتایج به دست آمده حتی می‌توان برای اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها جهت انجام اقدامات آبخیزداری و عملیات حفاظت آب و خاک بهره جست. لذا زیرحوضه‌های D1, Dint1, D2, Dint2 و D1 به ترتیب جهت انجام اقدامات آبخیزداری اولویت‌بندی می‌شوند.

با توجه به بازدیدهای صحرائی به عمل آمده از منطقه‌ی مورد مطالعه معلوم شد که میزان فرسایش و رسوب‌خیزی حوضه در حد متوسط است؛ که نشان‌دهنده‌ی کارایی مدل EPM و سامانه GIS در برآورد دقیق میزان فرسایش و رسوب می‌باشد. نتایج این مطالعه با نتایج تحقیقات محققان دیگر در یک راستا است و بر مناسب بودن مدل EPM برای مطالعات فرسایش و رسوب تأکید می‌کنند. نتایج حاصل از این تحقیق مناطق حساس به فرسایش در این حوضه را از نظر کاربری‌های مورد استفاده و سازندهای فرسایش‌پذیر شناسایی کرده است؛ که می‌توان با اندیشیدن راهکارهای صحیح برای کنترل تولید و حمل و نقل رسوبات، عمر مفید سد طالقان را افزایش داد. این حوضه از نظر فرسایش و شدت رسوب‌دهی در کلاس متوسط قرار دارد؛ بنابراین کنترل فرسایش خاک و اقداماتی برای حفاظت خاک و آب در چارچوب طرح‌های حفاظتی اولویت داشته و ضروری است. با توجه به گستردگی عرصه‌های منابع طبیعی استفاده از GIS برای مدیریت صحیح و بهره‌برداری بهینه آنها ضروری است. با توجه به قابلیت سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در تجزیه و تحلیل اطلاعات و اعمال تغییرات مورد نظر در لایه‌های اطلاعاتی اولیه، لازم است بانک‌های اطلاعاتی پایه‌ی حوضه‌های آبخیز کشور تحت استاندارد واحدی برنامه‌ریزی و تهیه گردند. با توجه به این که سد طالقان تحت تأثیر فرسایش و رسوب بیشتر زیرحوضه‌های آبخیز طالقان قرار دارد، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی کل زیرحوضه‌ها مورد بررسی قرار گیرند.

منابع

- احمدی، ح. (۱۳۸۶)، ژئومورفولوژی کاربردی، جلد ۱ (فرسایش آبی)، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۸۸ ص.
- اسدی نلیوان، ا. (۱۳۹۱)، تعیین معیارها و شاخص‌های پایداری حوضه آبخیز با استفاده از روش IUCN، مطالعه موردی: طالقان - زیدشت ۱، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تهران، ۱۰۵ ص.
- اسکندری، ذ. و محمدی، ج. (۱۳۸۱)، برآورد پتانسیل فرسایش و رسوب در حوضه آبخیز چغاخور با استفاده از مدل EPM و GIS، مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، صص ۱۲۳-۱۲۶.
- برزو، آ.، ممیزی، م.ر. و نیک اندیش، ع.ع. (۱۳۸۷)، مقایسه سه روش EPM, MPSIAC و PSIAC در برآورد میزان فرسایش و رسوب در حوزه چهل چشمه استان فارس، فصلنامه دانش کشاورزی ایران، ۵ (۱): صص ۱۹-۲۹.
- بیات، ر. (۱۳۸۷)، بررسی کارایی مدل‌های EPM و MPSIAC در برآورد رسوب حوزه طالقان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۲۸ ص.
- بیات، ر.، سرمیدیان، ف.، درویش صفت، ع.ا. و رفاهی، ح.ق. (۱۳۸۰)، بررسی کارایی مدل EPM و MPSIAC در برآورد رسوب حوزه آبخیز طالقان به کمک GIS، مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۲ (۱): صص ۲۰۳-۲۱۷.
- خدابخشی، ز.، ارزانی، ن.، عبداللهی، خ. و داودیان، ع.ر. (۱۳۸۹)، مطالعه فرسایش‌پذیری واحدهای سنگی و تولید رسوب با استفاده از مدل EPM به کمک GIS در بخشی از حوزه آبریز زاینده‌رود - حوزه حیدری در شمال شهر کرد، پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۲۶ (۲): صص ۳۳-۴۸.
- خداحیمی، ر. (۱۳۸۴)، بررسی کارایی روش‌های تجربی EPM و MPSIAC در برآورد فرسایش و رسوب در حوزه آبخیز خارستان فارس، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران، ۱۳۲ ص.
- راستگو، س. (۱۳۸۳)، مقایسه دو روش EPM و MPSIAC در برآورد رسوب حوضه آبخیز تنگ کشت، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۲۳ ص.
- رستمی، ن. (۱۳۸۷)، انتخاب بهترین روش برآورد SDR در حوزه سد ایلام، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۴۴ ص.
- رفاهی، ح.ق. (۱۳۸۵)، فرسایش آبی و کنترل آن، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۷۱ ص.
- رفاهی، ح.ق.؛ و نعمتی، م.ر. (۱۳۷۲)، به‌کارگیری روش EPM در مطالعه فرسایش و تولید رسوب حوزه آبخیز طالقان، مجله علوم کشاورزی ایران، ۲۶: صص ۳۲-۴۵.

- رنگزن، ک.، زراسوندی، ع.ر. و حیدری، ا. (۱۳۸۷)، مقایسه دو مدل MPSIAC و EPM در برآورد فرسایش و رسوب حوزه پگاه سرخ گتوند خوزستان با استفاده از تکنیک‌های RS و GIS، پژوهش‌های جغرافیایی، ۶۴: صص ۱۲۳-۱۳۶.
- شوئیلی، م.ح. و سرور، ج. (۱۳۸۶)، روش‌های برآورد فرسایش و رسوب بر اساس مدل‌های رایج تجربی (EPM, MPSIAC و PSIAC) در حوضه‌ی آبخیز گوهررود، مجموعه مقالات چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، مدیریت حوضه‌های آبخیز، تهران، دانشگاه تهران، صص ۱۵۷-۱۷۶.
- شیرزادی، ه. (۱۳۸۸)، پتانسیل لغزش در جاده جدید سنندج- مریوان با استفاده از مدل AHP، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۱۷ ص.
- صادقی، س.ح.ر. (۱۳۷۲)، مقایسه چند روش برآورد فرسایش و رسوب در حوضه اوزون دره، مجموعه مقالات سمینار ملی بررسی سیاست‌ها و روش‌های بهره‌برداری بهینه از اراضی، تهران، وزارت جهاد سازندگی، معاونت آبخیزداری، صص ۴۰-۷۵.
- ضیائی، ح. (۱۳۸۳)، کاربرد GIS و RS در مطالعه پهنه‌بندی فرسایش و برآورد رسوب قسمتی از حوضه آبریز سد شهید عباسپور، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۲۵ ص.
- فیض‌نیا، س. (۱۳۸۷)، رسوب‌شناسی کاربردی با تأکید بر فرسایش خاک و تولید رسوب، انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۳۶۳ ص.
- نورانی، س.ن. (۱۳۸۴)، ارزیابی چهار روش برای انتخاب بهترین روش برآورد SDR، (مطالعه موردی: حوضه آبخیز طالقان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۲۹ ص.
- Ahmadi, H., Jaafari, M. Golkaryan, A. Abrisham, A.A. and Laflen, J. (2006), **Estimation of Erosion and Sediment Using WEPP Model (Case Study: Bararyh Watershed, Nishabur)**, Journal of Research and Development, 75: PP 161-172.
- Amini, S., Rafiei, B. Khodabakhsh, S. and Heydari, M. (2010), **Estimation of Erosion and Sediment Yield of Ekbatan Dam Drainage Basin with EPM, using GIS**, Iranian Journal of Earth Sciences, 2: PP 173-180.
- Amiri, K. (2010), **Estimation of Erosion and Sedimentation in Semi-arid Basin Using Empirical Erosion Potential Model with GIS**, Journal Soil and Water Research, 3: PP 43-54.
- Fanetti, D. and Vezzoli, L. (2007), **Sediment Input and Evolution of Lacustrine Deltas: The Breggia and Greggio Rivers Case Study (Lake Como, Italy)**, Quaternary International, 173: PP 113-124.

- Gavrilovic, S. (1988), **The Use of Empirical Method (EPM) for Calculating Sediment Production and Transportation in Unstudied or Torrential Streams**, International Conference on River Regime, W.R. White (Ed.), John Wiley, and 18-20 May, PP 411-423.
- Gobin, A. (2003), **Pan-European Soil Erosion Risk Assessment. Third Annual report. European commission funded fifth framework project—contract QLK5-CT-1999-01323**, Available at: <http://www.pesera.JRC.it>. (25/05/2013)
- Hill, J. (1993), **Land Degradation and Soil Erosion Hazard Mapping in Mediterranean Environment with Operational Earth Observation Satellites**, Proceedings of the International Symposium of Operationalization of RS, 19-23 April, Enscheda, Netherlands.
- Solaimani, K., Modallaldoust, S. and Lotfi, S. (2009), **Investigation of Land Use Changes on Soil Erosion Process Using GIS**, International Journal of Environmental Science and Technology, 6: PP 415-424.
- Tangestani, M.H. (2001), **Integrating GIS in Erosion and Sediment Yield Application Using the EPM Model**, Proceeding of the GIS Research, UK, PP 621-623.
- Tangestani, M.H. (2005), **Comparison of EPM and PSIAC Models in GIS for Erosion and Sediment Yield Assessment in a Semi-arid Environment: Afar Catchment**, Fars Province, Iran, Journal of Asian Earth Sciences, 27(5): PP 585-597.
- Zwu. (2008), **Assessment of Soil Erosion and SDR using RS and GIS: A Case Study of Upstream Chaobaihe River Catchment**, International Journal of Sediment Research, 23(2): PP 167-173.