برآورد میزان آورد رسوب به روش EPM با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)
(نمونه موردی: حوضه آبریز کارده، شهرستان مشهد)

عبدالله صالح رنگ آور
عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، ایران
حمید نژاد سلیمانی[۱]
کارشناس ارشد ژئومورفولوژی در برنامه ریزی محیطی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، ایران
محمد موسوی زاده یزدی
کارشناس ارشد ژئومورفولوژی در برنامه ریزی محیطی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، ایران
مجید ابراهیمی
دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی در برنامه ریزی محیطی، دانشگاه تربیت معلم سبزوار، ایران

چکیده:
حوضه آبریز کارده از نظر مختصات جغرافیایی در ´۳۷ ،°۳۶ تا ´۵۸ ،°۳۶ عرض جغرافیایی و ´۲۶ ،°۵۹ تا ´۳۷ ،°۵۹ طول جغرافیایی با مساحتی حدود ۵۴۹ کیلومتر مربع در بخش شرقی زون کپه داغ قرار دارد. در منطقه موجود، خطر رسوب سازی و انتشار فرسودگی در حوزه آبخیز کارده، شمال شرق ایران همراه با داده های سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS داده های ماهواره و مشاهدات میدانی مورد تحقیق قرار گرفت. واطلاعات مورد نیاز از طریق روش های کتابخانه ای و میدانی وتجزیه وتحلیل اطلاعات آماری وگرافها ازطریق نرم افزار GIsوExcElبه دست آمده است .
دراین روش منطقه مورد مطالعه به ۸ زیر حوضه هیدرولوژیکی تقسیم گردید و بر اساس تحقیقاتمان منطقه مورد مطالعه می تواند به مناطق با فرسایش سنگین، ملایم، کم که بوسیله روش EPM برآورده شده تقسیم بندی شود. درنتیجه : حوضه های فرعی واقع در وسط و بخشهای جنوبی سد کارده به خاطر شکل زمین و قابلیت فرسایشی خاک فرسایش زیادی دارند در حالیکه حوضه های فرعی در بخشهای شمالی به خاطر پوشش سخت زمین فرسایش کمتری داشته اند. از نظر میزان دبی رسوب کل (GIS) سیج و آل دارای بیشترین و فیروز آباد کمترین مقدار می باشد که عامل مساحت و ضریب رسوبدهی (RU) در این میزان برای هر دو حوضه عامل مؤثری می باشد.

واژه های کلیدی: فرسایش، EPM، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، دبی کل (GIS) ضریب رسوبدهی (RU)

---

[۱]- نویسنده مسئول **solaymaan2000@yahoo.com**

مقدمه

فرسایش یکی از برجسته ترین اشکال تجزیه زمین (رورفتگی خاک، کاهش حاصلخیزی، ناپایداری شیب) می باشد که بیشتر تحت تاثیر مدیریت و استفاده از زمین است. به خوبی شناخته شده است که فرسایش مکانیکی بیشتر تحت تاثیر فعالیتهای بشر مانند کشاورزی agro pastoral burnIng است.

بعضی از عوامل متغیر (آب، پوشش آبهای سطحی و زندگی گیاهی) و نامتغیر (اندازه آبخیز، عوارض زمین و سنگ شناسی) هم تاثیرتی بر میزان فرسایش و تولید رسوب دارد. تولید رسوب بر اثر فرسایش زیاد بستگی به عناصر پویا مانند شدت شیبها و جریان آب دارد.

تغییر شکل زمین بیشتر در نواحی روستایی که در آن گستردگی فعالیتهای بی ثبات کشاورزی در تجزیه خاک به طور غیر قابل پیش بینی منصوریی دارد روی می دهد (آیدو منصوریان،۱۹۹۵). افزایش خاکبرداری های کشاورزی و تغییرات زمین منجر به تجزیه کیفیت خاک و کاهش خاک بوسیله فرسایش می شود (سیلاسی و منصوریان،۲۰۰۶).

بسیاری از مطالعات نشان داده اند که تقریبا تمام تغییرات استفاده از زمین با فعالیتهای بشر در دوران معاصر روی داده است (دی کونینگ و منصوریان ۱۹۹۸؛ تاورنتون و جونز ۱۹۹۸). با این وجود، شرایط زیستی- فیزیکی زمین مانند ویژگیهای خاک، آب و هوا، توپوگرافی و پوشش گیاهی، الگوی فضایی کاربرد زمین و تغییرات کاربرد زمین را تعین می کنند (ولدکمپ و فرسکو ۱۹۹۶). فرسایش سطحی و تولید رسوب عوامل مهمی هستند که باید در برنامه ریزی پروژه های منابع طبیعی تجدید شدنی در نظر گرفته شوند.

روشها برای برآورد تولید رسوب، ابتدا برای تحلیل تاثیرات فعالیتهای کشاورزی توسعه یافت. اولین مدل استفاده شده معادله هدررفت خاک جهانی یا USLE بود (ویس کمیر و اسمیت ۱۹۷۸).

اکنون رایج ترین مدلهای مورد استفادهUSLE (متی و منصوریان ۲۰۰۰؛ ارسکین و منصوریان۲۰۰۲)MUSLE (معادله اصلاح شده جهانی فرسایش خاک)، WEEP (پروژه پیش بینی تحلیل آب)، RUSLE(معادله معکوس جهانی فرسایش آب)، PSIAC (کمیته میانجی جنوب- غرب اقیانوس آرام) (نلسون و راسل،۱۹۸۹؛ تنگستانی،۲۰۰۶) و EPM و هیدروفیزیکی (روش پتانسیل فرسایش) است. دو مدل EPM و هیدروفیزیکی بر مبنای عامل هستند و به معنای آن است که یک سری از عوامل که هر کدام یک یا چند فرایند و فعل و انفعال انها را تعیین می کنند، برای تولید یک برآورد کلی از هدررفت خاک ترکیب شده اند. اخیرا کاربردهای سیستم های اطلاعاتی جغرافیایی (GIS) و تکنیک های حسگر از راه دور در فرسایش و ارزیابی تولید رسوب توسعه یافته اند.

مدل E.P.M روش پیشرفته طبقه بندی کمی فرسایش به روش ام- کیو – سی – ای (M.Q.C.E) می باشد. در این مدل عوامل موثر در فرسایش خاک عبارتند از : وضعیت توپوگرافی، سنگ شناسی، خاک و نحوه استفاده از اراضی عوامل اقلیمی.

با این روش علاوه بر تعیین شدت فرسایش و میزان حمل رسوب در رودخانه ها همچنین می توان برآورد اولیه از رسوبگذاری در پشت سدهای مخزنی در دست مطالعه را انجام داد. با استفاده از این روش نیز می توان نقشه فرسایش را تهیه نمود. (احمدی، ۱۳۸۸: ۵۴۵)

این تحقیق تحت عنوان برآورد میزان تولید رسوب و فرسایش به روش (EPM) در حوضه آبریز سد کارده واقع در شمال شهر مشهد می باشد ،اهداف مورد نظر دراین تحقیق عبارتنداز

- شناسایی عوامل مختلف و موثر در فرسایش و رسوب منطقه
- استفاده از نتایج حاصل از این مدل (EPM) جهت انجام عملیات آبخیزداری و مدیریت منابع آبی مخصوصا آبهای سطحی .

در بسیاری از حوضه های آبریز فاقد آمار اطلاعات، جهت ارزیابی وتهیه نقشه های شدت فرسایش به صورت کیفی وکمی ، ازمدلهای تجربی استفاده می شود، که ازبین مدلهای تجربی مورد استفاده کاربرد مدل اصلاح شده EPMو PSIAC بیشتر مورد توجه کارشناسان ومحققان داخلی است.(امیری ومنصوریان ،۱۳۸۹:۳۹)

از مطالعات انجام شده درخصوص حساسیت خاک با استفاده ازمدل EPM می توان:

- جنگجو برزل آباد (۱۳۷۵) از مدل فرسایش EPMجهت طبقه بندی حساسیت خاک به فرسایش درحوضه آبریز دماوند استفاده نمود (همان ،۱۳۸۹:۳۹)
- محتشم نیا (۱۳۷۹) برای طبقه بندی حساسیت خاک به فرسایش جهت تعیین شایستگی مراتع دشت بکان استان فارس از مدل فرسایش EPM استفاده نمود.
- آقا محسنی قشمی (۱۳۸۱) از مدل EPMبرای تعیین شایستگی حساسیت خاک به فرسایش درحوضه لار استفاده نمود
- مهندس مجید زنجانی جم، مسعود رسولی ازمدل EPMدر محیط GIS برای پهنه بندی شدت فرسایش حوضه آبریز زنجان رود استفاده شود.

ازجمله تحقیقات و تألیفاتی که در مورد فرسایش و رسوب توسط افراد در این حوضه صورت گرفته می توان از دکتر حسین سعادت تحت عنوان فرسایش ورسوبات حوضه آبریز سدکارده ورابطه آن با سنگ مادر درسال ۱۳۷۲ نام برد. تحقیقاتی که دراین حوضه توسط سازمانهای مسئول انجام شده با اهداف آبخیزداری و جلوگیری از فرایش خاک صورت گرفته است.

مجری این تحقیقات عمدتا جهاد کشاورزی وسازمان آب منطقه ای خراسان وسرجنگلداری کل استان خراسان بوده است. هرچند گزارشاتی نیز درمورد بعضی از زیرحوضه ها توسط دانشگاه فردوسی مشهد درسال ۱۳۶۵ ارائه شده است. بیشتر گزارشات درمورد اقلیم، زمین شناسی، ژئومورفولوژی، خاک، پوشش گیاهی، فرسایش، هیدرولوژی ومطالعات اجتماعی واقتصادی حوضه بوده است.

روش تحقیق ومواد :

جغرافیا علمی با روش های متعدد است. بنابراین جغرافیا به مقتضای ماهیت خود لزوماً روش تحقیق متفاوت دارد. در این پژوهش اطلاعات مورد نیاز از طریق روش های زیر بدست می آید:

الف) روش کتابخانه ای: با توجه به اهمیت کتابخانه و منابع نظری و جایگاه آن در تحقیق نگارنده برای جمع آوری اطلاعات مورد نیاز با مراجعه به ادارات و سازمانهای مربوطه از جمله سازمان آب منطقه ای خراسان رضوی، اداره منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان زمین شناسی از منابع و نشریات و گزارش های مرتبط با موضوع

ب) روش میدانی و تجربی : دراین روش نگارنده با حضور در منطقه و مشاهده مستقیم شامل بررسی های میدانی ژئومورفولوژی و زمین شناختی و انجام کارهای میدانیو عکس برداری از عوارض، اطلاعات مورد نیاز را جمع آوری نموده است.

ج) تجزیه و تحلیل اطلاعات آماری و گراف ها از طریق نرم افزار ExcEl، GIS

با توجه به روش های پژوهش، ابزار مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از:

- تصویر ماهواره ای googlEEarth-
- نقشه های مورد استفاده :

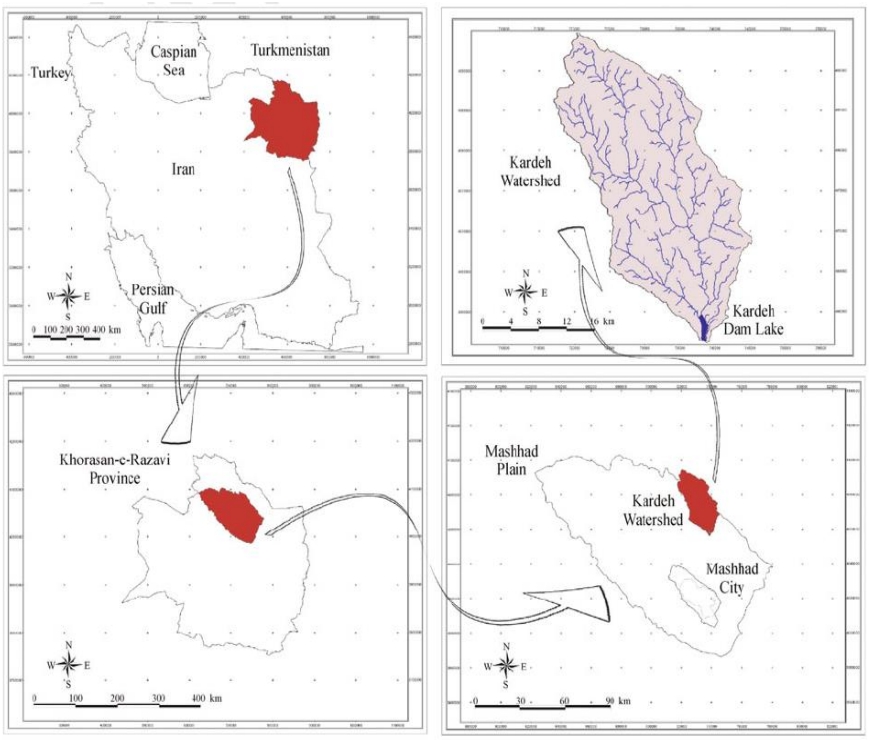
نقشه ارتفاعی، نقشه پوشش گیاهی، کاربری اراضی، نقشه خاک حوضه و نقشه زمین شناسی به مقیاس 1/400000 و نقشه شیب 1/450000

- استفاده از نرم افزار Excel، GIS برای ترسیم نقشه ها.
- استفاده از عکسهایی که از منطقه مورد نظر تحقیق گرفته شده استفاده نموده است.

ویژگی های طبیعی منطقه مورد مطالعه و راههای دسترسی:

حوضه آبریز کارده از نظر مختصات جغرافیایی در ۳۷َ ،°۳۶ تا ۵۸َ ، °۳۶ عرض جغرافیایی و ۲۶َ ، °۵۹ تا ۳۷َ ، °۵۹ طول جغرافیایی به مساحتی حدود ۵۴۹ کیلومتر مربع (البته با در نظر گرفتن طرفین سد در این مقاله ۵۵۵/۹ کیلومتر مربع) که از شمال به حوضه های قرتیکان، کلات نادر، ارچنگال و از جنوب و غرب با حوضه کشف رود و از شرق به حوضه رودخانه چهچه محدود است (شکل ۱)

(ماخذ:باقرزادهومنصوری۱۳۸۹)



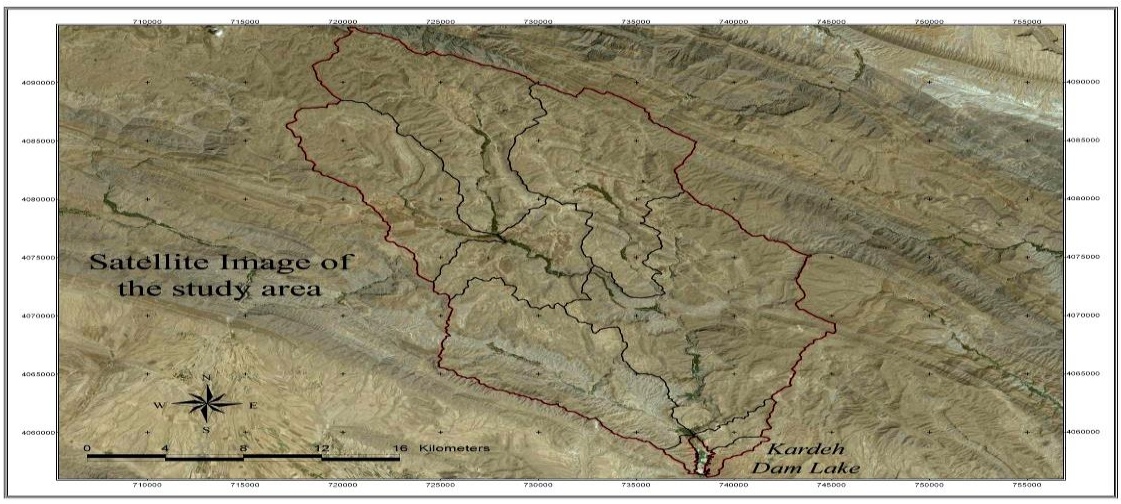
شکل۱: مکان و موقعیت جغرافیایی ناحیه مورد مطالعه

حوضه آبریز کارده به ۸ زیر حوضه (با محاسبه طرفین سد) تفسیر می شود که عبارتند از : آل، بلغور، خرکت، کوشک آباد، فیروز آباد و کریم آباد و مارشک، طرفین سد) (شکل۲) (GooglE) 1390Earth

از نظر توپوپرافی حوضه آبریز کارده متشکل از کوهستانهای مرتفع، دره ها، فلات و نواحی کوهستانی است. (بهنیافر، ۱۳۸۰)

از نظر زمین شناسی شامل: ۱- سازند کشف رود. ۲- مزدوران. ۳- سازند شوریجه. ۴- سازند نئوژن ۵- رسوبات دوران چهارم می باشد.

با توجه به اقلیم نمای آمبرژه در موقعیت اقلیمی نیمه خشک سرد و اقلیم نمای دومارتن مدیترانه ای قرار دارد

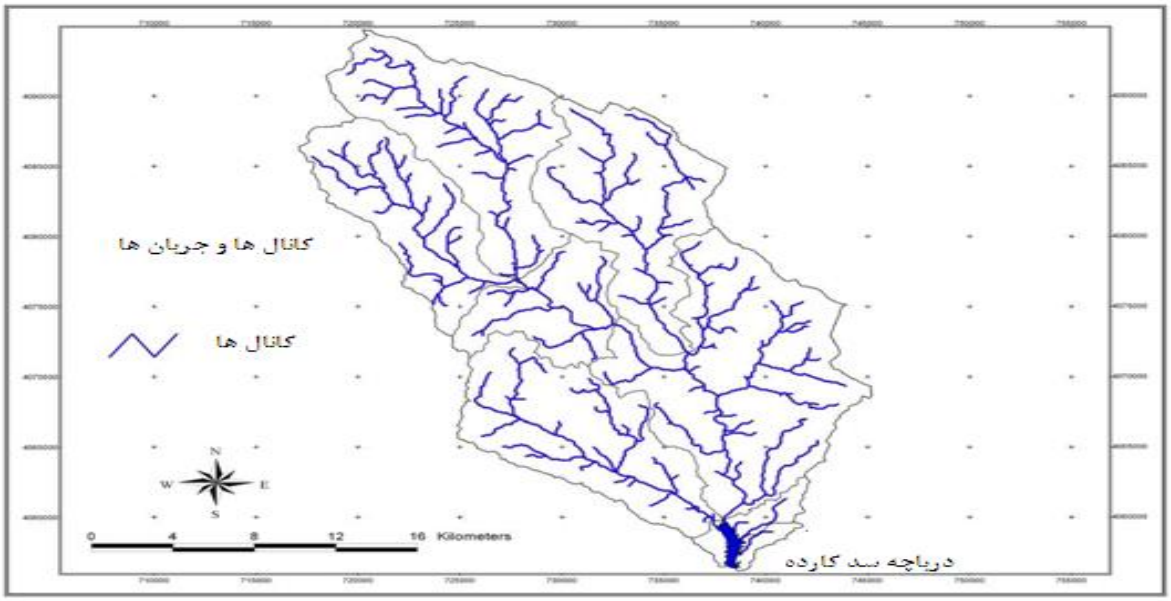


شکل ۲:GooglEEarthحوضه آبریزکارده

تصویر(۱)سازندمزدوران ۱ حوضه سیج وال نگارنده:۱۳۹۰

تصویر(۳) سازند مزدوران۲حوضه سیج وال نگارنده:۱۳۹۰

تصویر(۴)سازند چمن بید حوضه کارده نگارنده: ۱۳۹۰



شکل۳: شبکه هیدروگرافی حوضه کارده(ماخذ: باقرزاده ومنصوری)

شبکه رودخانه ها در این حوزه نسبتاً تکامل یافته است و رودخانه کارده از ۲ شاخه اصلی تشکیل شده است که عبارتند از : ۱- شاخه آل ۲- کوشک آباد (طرح مطالعات آبخیزداری دانشگاه فردوسی، ۱۳۸۳) (شکل۳) (ماخذ:باقرزاده ومنصوری۱۳۸۹)

بطورکلی می توان گفت که خاکهای منطقه در رده EhTIsol بوده و بقیه خاکهای حوزه لیتوسل و ریگوسل می باشد.

پوشش گیاهی در حوضه در کل فقیر و به ۴ دسته تقسیم شده است: ۱- مراتع ضعیف ۲- مراتع متوسط ۳- مجتمع های درختی و تاکستان (طرح مطالعات دانشگاه فردوسی، ۱۳۶۵).

یافته های تحقیق:

به منظور دقت بیشتر در برآورد فرسایش و رسوب حوضه آبریز کارده به ۸ زیر حوضه به نامهای: ۱- فیروز آباد ۲- خرکت ۳- بلغور ۴- مارشک ۵- سیج و آل ۶- کوشک آباد ۷- کریم آباد ۸- طرفین سد تقسیم گردید.

در این روش چهار عامل در برآورد میزان شدت فرسایش و رسوب مؤثر هستند که عبارت است از: ضریب فرسایش حوضه آبریز $(\boldsymbol{\Psi})$ شیب متوسط حوضه (I) ضریب استفاده از زمین $(\mathrm{X}a)$ ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش (y) که این چهار عامل از رابطه زیر بدست می آید. (رفاهی، ۱۳۷۹)

$$\mathrm{Z} = \mathrm{y} \,.\, \mathrm{X}a\, (\boldsymbol{\Psi} + \mathrm{I})^{1/5}$$

لایه حساسیت سنگ و خاک به فرسایش (y) با استفاده از نقشه های خاکشناسی و زمین شناسی و با کمک گرفتن از تصویر ماهواره ای و مدل رقومی ارتفاع منطقه تهیه گردیده است.

ضریب حساسیت خاک به فرسایش در جدول استاندارد آن (احمدی، ۱۳۸۸) مشخص شده است که در آن ضریب بین ۰/۲۵ تا ۱ می باشد و هرچقدر ضریب فرسایش به ۱ نزدیکتر می شود مقدار حساسیت سنگ و خاک به فرسایش نزدیکتر می شود.

جدول (۵) ضریب حساسیت خاک به فرسایش هر یک از زیر حوضه هامشخص شده است. لایه ضریب فرسایشی سطحی حوضه $(\boldsymbol{\Psi})$ در اصل وضعیت فعلی فرسایش در سطح حوضه را نشان می دهد. نحوه امتیاز دهی به عوامل مختلف در جدول (۱)(ماخذ:باقرزاده ومنصوری۱۳۸۹) مشخص شده است. در این جدول ضریب فرسایش بین ۰/۱ تا ۱ مشخص شده است و هرچه فرسایش به ۱ نزدیکتر باشد عمیق تر و به صورت هدکت و خندقی می باشد. در جدول (۲) (ماخذ:باقرزاده ومنصوری۱۳۸۹)ضرایب بدست آمده از ساختار زمین شامل صخره و پایداری خاک برای فرسایش$(\boldsymbol{\gamma})$ فرآیندهای فرسایشی مشخص شده(ضریب $\boldsymbol{\Psi}$) مشخص شده است.

جدول شماره (۱) ضریب فرسایش (Ψ) در رخساره یا واحد کاری

شماره	ویژگی های فرسایش در رخساره یا واحد کاری	ضریب فرسایش
۱	سطح وسیعی از منطقه از هدکت و فرسایش های خندقی پوشیده	۱
۲	حدود ۸۰٪ از منطقه دارای فرسایش خندقی و شیاری است	۰,۹
۳	حدود ۵۰٪ از منطقه شامل فرسایش خندقی و شیاری است	۰,۸
۴	سطح وسیعی از منطقه دارای فرسایش سطحی، حرکتهای توده ای و به مقدار کم فرسایش خندقی و شیاری و پدیده کارستی است	۰,۷
۵	سطح وسیعی از منطقه دارای فرسایش سطحی است بدون آثار فرسایش شدید می باشد.	۰,۶
۶	۵۰٪ منطقه دارای فرسایش سطحی است.	۰,۵
۷	۲۰٪ منطقه دارای فرسایش سطحی است.	۰,۴
۸	منطقه بدون فرسایش قابل ذکر(تخریب مکانیکی فرسایشی، رودخانه ای)	۰,۳
۹	اراضی کشاورزی با فرسایش ناچیز	۰,۲
۱۰	اراضی به صورت جنگل و مرتع با فرسایش ناچیز	۰,۱

جدول (۲) ضرایب بدست آمده از ساختار زمین

ساختار از لحاظ زمین	نشانه	سنگ شناسی اصلی	ضریب y	ضریبΨ
کشف رود	JKs	شیل و ماسه سنگ و آهک	۱/۲۰	/۵۵
مزدوران ۱	JmZ1	سنگ آهک دولومیتی شده	۱/۱۵	/۵۰
مزدوران ۲	JmZ2	تناوب سنگ اهک و شیل	۱	/۴۵
شوریجه	Ksh	ماسه سنگ درشتدانه و شیل و فورش سنگ	۱/۲۵	/۶۰
نئوژن	Njc	سنگ سیلیت، سنگ رس، سنگ آهک ماسه ای کلوخ	۱/۶۰	/۶۵

با توجه به ضرایب بدست آمده از ساختار زمین در حوزه کارده، سازند مزدوران ۱ و ۲ دارای کمترین ضریب حساسیت خاک به فرسایش و همچنین ضریب فرسایش می باشند و سازند شوریجه و نئوژن دارای بیشترین

حساسیت خاک و ضریب فرسایشی می باشد. بنابراین فرسایش های عمیق از نوع خندقی در این نوع سازندها ما بیشتر به چشم می خورد شکل (۴)(ماخذ:باقرزاده ومنصوری۱۳۸۹)در جدول (۵)(ماخذ:باقرزاده ومنصوری۱۳۸۹) ضریب فرسایش (Ψ) هر یک از زیر حوضه ها مشخص شده است.

برای محاسبه شیب متوسط حوضه (I) از مدل رقومی ارتفاع استفاده شد و با استفاده از توابعتحلیلی آنالیز زمین محیط GIS نقشه شیب استخراج و به ۲ واحد بیشتر از ۰,۱۵وکمتر از۰,۱۵ طبقه بندی شد. در جدول (۳)(ماخذ:باقرزاده ومنصوری۱۳۸۹

طبقات شیب و تعیین فاکتور برای هر کلاس نقشه در مدل EPM مشخص شده است

شیب ۰/۱۵ بیانگر مرز شدت فرسایش می باشد (شکل ۴ و ۵)(ماخذ:باقرزاده ومنصوری۱۳۸۹)

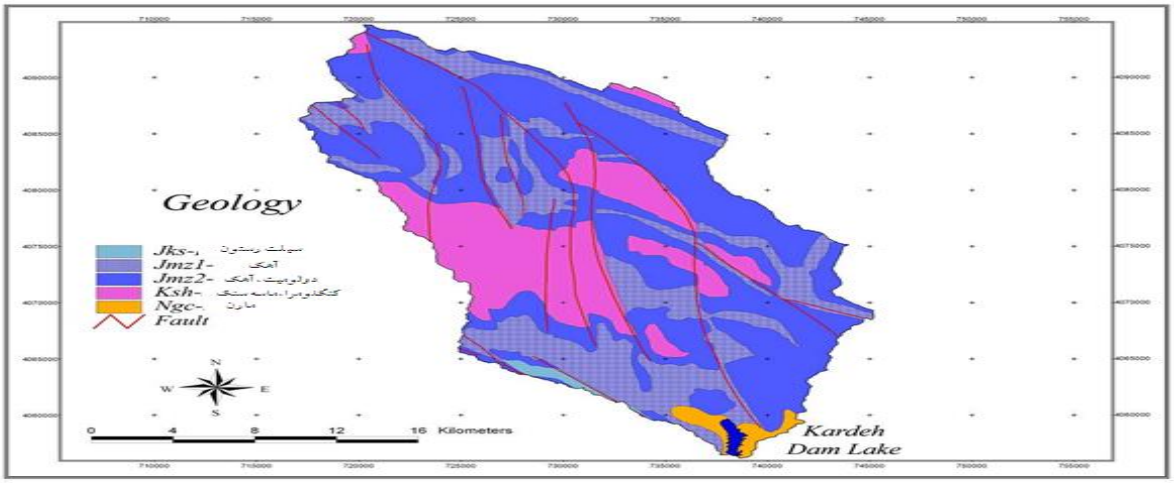
جدول (۳) دامنه طبقات کلاس شیب حوضه

کلاس شیب	دامنه شیب ٪	میانگین	۱
۱	کمتر از ۱۵	۷/۵	۷
۲	بیشتر از ۱۵	۳۵	۰/۳۵

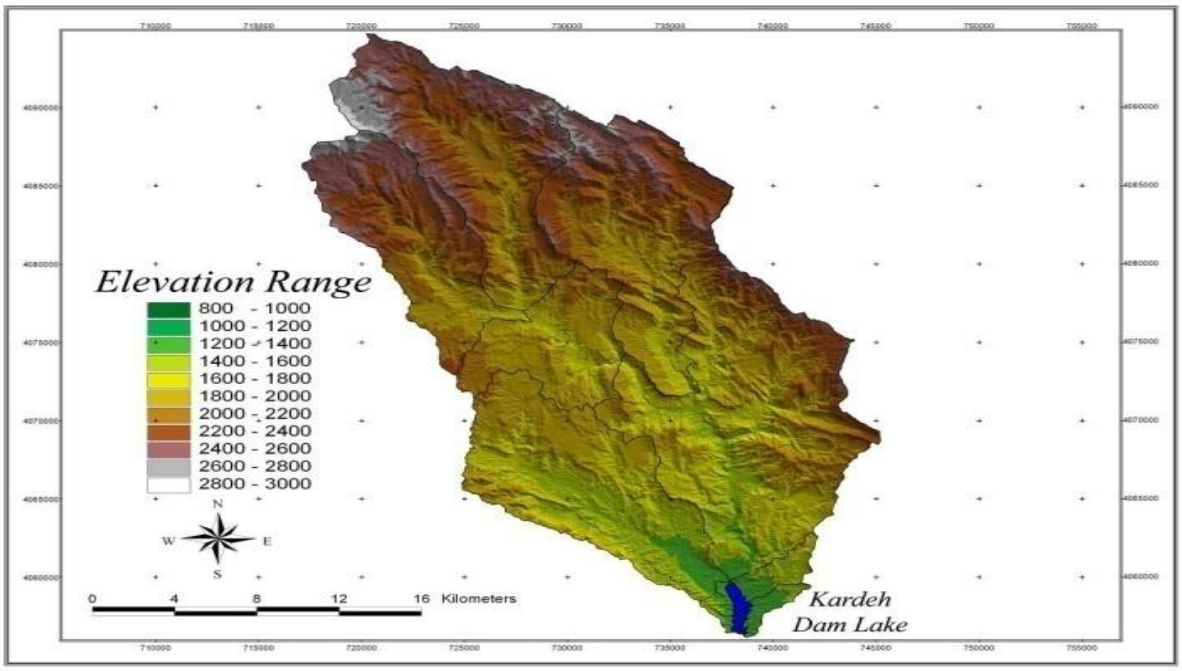
لایه کاربری اراضی (Xa) ، بعد از تولید نقشه پوشش گیاهی منطقه از طریق پردازش تصاویر ماهواره ای بدست آمد، روش کار به این صورت است که نقشه پوشش گیاهی ابتدا با جداول استاندارد مدل EPM (رفاهی، ۱۳۷۹) مقایسه و ضرایب کاربری اراضی در آنها اعمال شد. در ادامه لایه اطلاعاتی بر اساس ضرایب کاربری اراضی در محیط GIS به صورت یک نقشه رستری تولید گردید شکل (۶)(ماخذ:باقرزاده ومنصوری۱۳۸۹)

درجدول (۵)(ماخذ:باقرزاده ومنصوری۱۳۸۹)

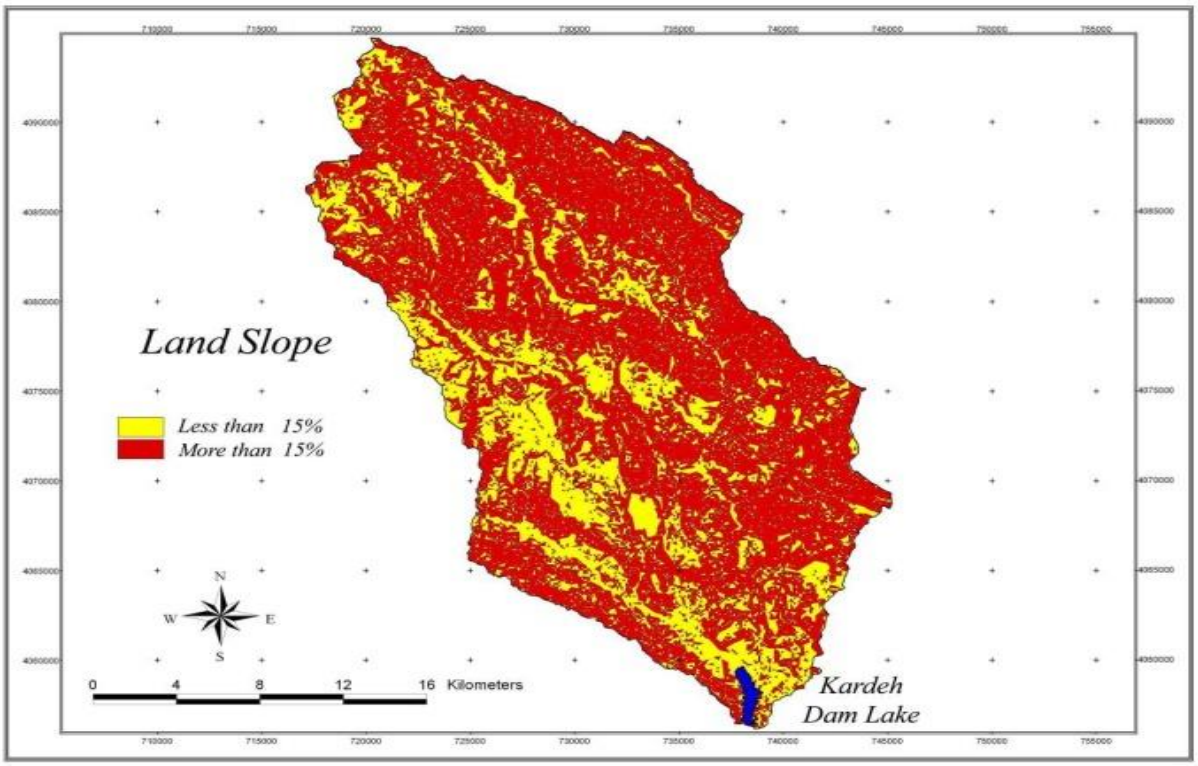
ضریب استفاده از زمین (Xa) هر یک از زیر حوضه ها مشخص شده است.



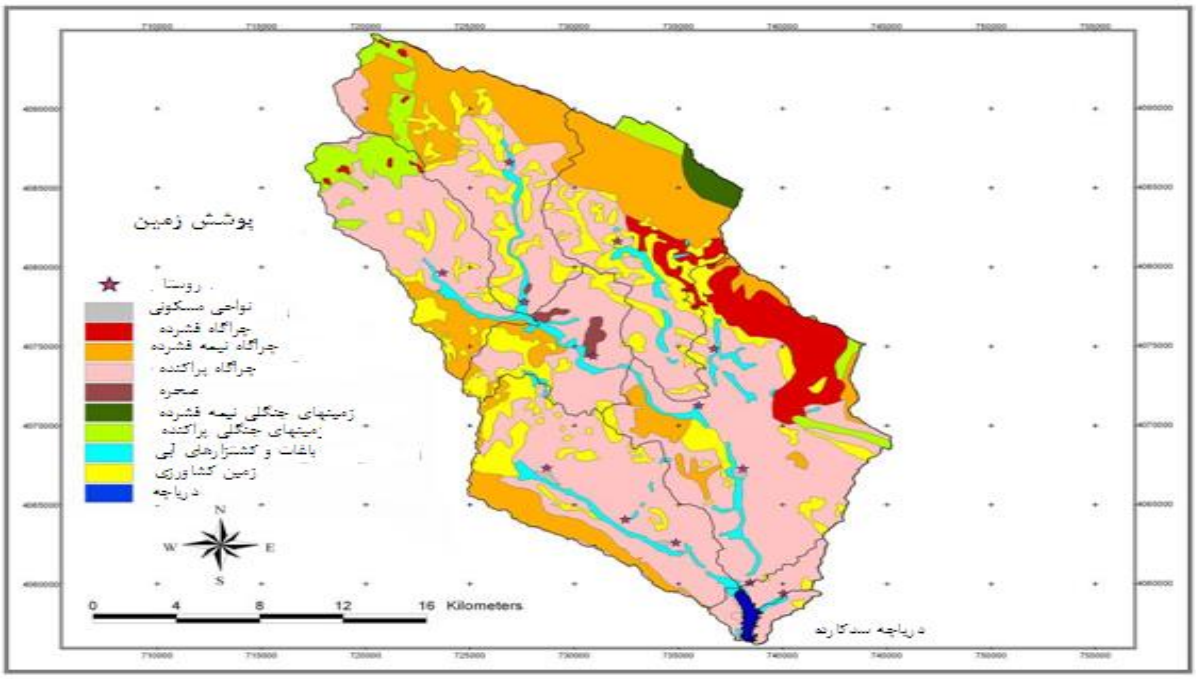
شکل ۴ : نقشه زمین شناسی(ماخذ باقرزاده ومنصوری)



شکل ۵ : نقشه طبقات ارتفاعی (ماخذ باقرزاده ومنصوری)



شکل ۶ : نقشه شیب (ماخذ باقرزاده ومنصوری)



شکل ۷: نقشه پوشش گیاهی و کاربری اراضی(ماخذ باقرزاده ومنصوری)

نتایج ضریب شدت فرسایش هر یک از زیر حوضه ها در جدول (۵) مشخص شده است.زیر حوضه ها به صورت کیفی طبقه بندی و نقشه شدت فرسایش حوضه را تهیه گردید.شکل ۸ (ماخذ:باقرزادهومنصوری۱۳۸۹)پس از تعیین شدت فرسایش می توان با استفاده از جدول (۴)(ماخذ:باقرزاده ومنصوری۱۳۸۹)

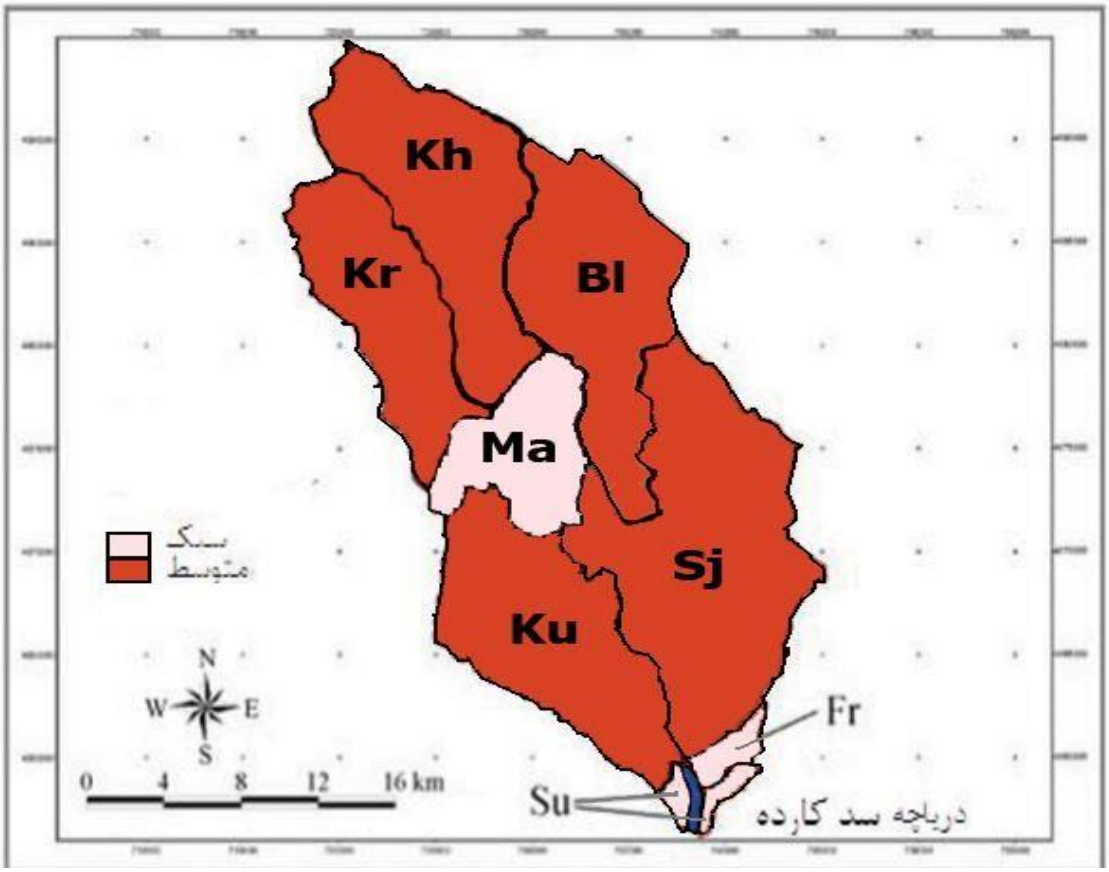
وضعیت فرسایش را در هر یک از با توجه به این جدول منطقه به دو کلاس فرسایش پذیری متوسط و کم تقسیم می گردد.

جدول (۴) طبقه بندی شدت فرسایش

طبقه بندی فرسایش	ارزش حد Z	ارزش متوسط Z	شدت فرسایش
۱	Z>1	۱/۲۵	خیلی شدید
۲	1>Z>0/71	۰/۸۵	شدید
۳	0/7>Z>0/41	۰/۵	متوسط
۴	0/4>Z>0/2	۰/۲	کم
۵	0/19>Z	۰/۱	خیلی کم

جدول شماره (۵) برآورد ضریب شدت فرسایش و تعیین شده فرسایش در هر یک از زیر حوضه های آبخیز کارده

نام زیر حوضه	شیب متوسط	ضریب حساسیت خاک به فرسایش y	ضریب استفاده از زمین Xa	ضریب فرسایش Ψ	ضر یب شدت فرسایش Z	طبقه بندی فرسایش
سیج و آل	۰/۰۵	۱/۱۰	۰/۵۰	۰/۴۵	۰/۴۱	متوسط
طرفین	۰/۰۷	۱	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۴۰	کم
مارشک	۰/۰۶	۱/۱۵	۰/۵۰	۰/۴۵	۰/۴۰	کم
فیروز آباد	۰/۰۸	۱/۰۱	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۳۹	کم
کریم آباد	۰/۰۷	۱/۱۰	۰/۵۰	۰/۴۵	۰/۴۲	متوسط
بلغور	۰/۰۵	۱/۱۰	۰/۴۵	۰/۴۰	۰/۴۷	متوسط
خرکت	۰/۱۱	۱/۵	۰/۵۰	۰/۴۵	۰/۴۹	متوسط
کوشک آباد	۰/۰۵	۱/۲۰	۰/۴۵	۰/۵۵	۰/۴۱	متوسط



شکل ۸: نقشه طبقه بندی شدت فرسایش(ماخذ باقرزاده ومنصوری)

به منظور برآورد متوسط سالانه فرسایش ویژه در این مدل از رابطه زیر استفاده گردید.

$$WSP = T \times H \times \pi \times Z^{1/5}$$

WSP = متوسط فرسایش ویژه بر حسب متر مکعب بر کیلومتر مربع در سال

Π = عدد پی

Z = ضریب شدت فرسایش حوضه

H = ارتفاع متوسط بارندگی بر حسب میلیمتر جدول (۶)(ماخذ:باقرزاده ومنصوری۱۳۸۹)

T = ضریب درجه دما که از معادله زیر بدست می آید:

$$T = (t : 10 + 1/0)^{0/5}$$

جدول (۶) طبقات باران و ارزیابی H در مدل E.P.M

جدول (۶) طبقات باران و ارزیابی H در مدل E.P.M

باران / mm	H
کمتر از ۳۰۰	۲۸۷/۵
۳۰۰ –۳۲۵	۳۱۲/۵
۳۲۵ –۳۵۰	۳۳۷/۵
۳۵۰ –۳۷۵	۳۶۲/۵
۳۷۵ –۴۰۰	۳۸۷/۵
۴۰۰ –۴۲۵	۴۱۲/۵
بیشتر از ۴۲۵	۴۳۷/۵

مقدار WSP و شاخصهای مربوط به آن در هر یک از زیر حوضه ها در جدول (۷)(ماخذ:باقرزاده ومنصوری۱۳۸۹) مشخص شده است.

جدول (۷) برآورد مقدار رسوب ویژه در واحدهای کاری زیر حوضه های کارده.

نام زیر حوضه	مساحت حوضه آبریز A (Km^2)	درجه حرارت متوسط سالانه (C) t	ضریب حرارتی T	متوسط بارندگی سالانه H (mm)	رسوب ویژه (m3/Km2.yr) Wsp
سیج و آل	۱۴۶/۴۷	۱۱	۱/۱۰	۳۲۵/۳۰	۲۶۶/۴۷
طرفین	۶/۹۲	۱۱	۱/۱۰	۳۲۵/۳۰	۲۳۶/۸۹

مارشک	۴۴/۴۹	۱۰/۵۰	۱/۱۰	۳۴۱/۵۰	۲۹۰/۴۳
فیروزآباد	۷/۰۸	۱۲/۵۰	۱/۱۰	۲۷۹/۴۰	۲۴۷/۰۲
کریم آباد	۶۹/۱۶	۹/۵۰	۱/۱۰	۳۶۷/۳۰	۲۸۲/۴۴
بلغور	۹۳/۰۹	۱۱	۱۰	۳۵۴/۷۰	۲۰۲/۲۴
خرکت	۹۷/۳۹	۱۱	۹	۳۷۴/۴۰	۲۸۷/۴۵
کوشک آباد	۹۱/۳۰	۱۲	۱/۱۴	۳۷۴/۴۰	۲۸۸/۷۳

پس از بدست آوردن مقدار WSP در نهایت برای هر زیر حوضه نقشه WSP پیش بینی شد و با توجه به جدول (۸) (ماخذ:باقرزاده منصوری۱۳۸۹) به سه دسته کیفی سبک، ملایم و سنگین طبقه بندی شد.

جدول (۸) ارزشهای wsp و درصد فرسایش از کل ناحیه حوضه

تولید رسوب پس از مدل EPM	طبقه فرسایش	حوضه های فرعی	ناحیه / KM^2	درصد کل حوزه
X>۲۷۵	سنگین		kh- kr- ku- ma	۵۴/۳۹
۲۲۵<X≤۲۷۵	ملایم		sj- Fr- Su	۲۸/۵۷
X≤۲۲۵	سبک		BL	۱۶/۸۵

ارزشهای WSP بدست آمده از مدل نشان داد که فرسایش سنگین و تولید رسوب گسترده به تشکیلات مزدوران ۱ و شوریجه مرتبط بوده است که عمدتاً از گچ، رس قهوه ای، سیلیستون و یک در میان سنگ آهک و سنگ رس تشکیل شده است.

نواحی با پتانسیل فرسایش ملایم و کم در رابطه مزدوران ۲ عمدتاً از سنگ آهک طبقه ای ضخیم و دولومیت تشکیل شده است. شکل(۹)(ماخذ:باقرزاده ومنصوری۱۳۸۹).

شکل ۹: نقشه فرسایش ویژه (wsp) حوضه کارده

مقدار WSP محاسبه شده در رابطه بالا بیان کننده مقدار خاکی است که از بستر خود جدا شده و انتقال یافته است اما همه این مواد فرسایش یافته به خروجی حوضه نمی رسد و آن مقدار خاک فرسایش یافته که به رسوب خروجی تبدیل خواهد شد بستگی به متغیرهای مختلفی دارد که در واقع بر نسبت رسوبدهی حوضه (ضریب رسوبدهی RU) تأثیر می گذارد که عبارتند از توپوگرافی، شکل و بزرگی حوضه آبریز می باشد.

ضریب رسوبدهی حوضه آبریز از رابطه زیر بدست می آید:

$$RU = 4\ (P.D)^{\frac{1}{2}} / L + 10$$

RU = ضریب رسوبدهی حوضه آبریز بر حسب کیلومتر

P = طول محیط حوضه آبریز بر حسب کیلومتر

L = طول حوضه آبریز بر حسب کیلومتر

D = اختلاف ارتفاع بر حسب کیلومتر مربع که از رابطه زیر بدست می آید.

$$D = D_{av} - D_0$$

D_{av}= ارتفاع متوسط حوضه آبریز

D_0 = ارتفاع نقطه خروجی در رودخانه

ضریب رسوبدهی هر یک از زیرحوضه ها و پارامترهای مربوط به آن در جدول (۹)(ماخذ:باقرزاده ومنصوری۱۳۸۹) نشان داده شده است.

با توجه به جدول (۹) حوضه سیج و آل بیشترین ضریب رسوبدهی را دارا می باشد که علت اصلی آن مساحت بیشتر زیر حوضه نسبت به دیگر زیر حوضه هاو فیروز آباد دارای کمترین ضریب رسوبدهی می باشد که علت اصلی آن مساحت و محیط کم آن می باشد.

جدول (۹) ضریب رسوبدهی هر یک از زیر حوضه ها

نام زیرحوضه	محیط حوضه آبریز(km) P	طول حوضه (km) L	اختلاف ارتفاع حوضه D (km)	ضریب رسوبدهی Ru
سیج و آل	۳۴۹/۵۵	۲۷/۳۱	۱/۳۰	۲/۲۹
طرفین	۲۶/۹۳	۳/۹۷	۰/۲۶	۰/۷۶
مارشک	۹۵/۳۲	۱۲/۰۱	۰/۷۲	۱/۵۱
فیروزآباد	۱۵/۰۴	۶/۷۶	۰/۵۲	۰/۶۷
کریم آباد	۱۴۱/۱۲	۱۹/۰۱	۱/۱۹	۱/۷۹
بلغور	۱۸۱/۰۴	۲۲/۲۱	۱/۱۵	۱/۷۹
خرکت	۱۵۴/۳۰	۲۲/۶۸	۱/۲	۱/۶۷
کوشک آباد	۱۵۱/۸۱	۲۲/۰۷	۰/۹۰	۰/۷۲

به همین ترتیب محاسبه میزان رسوب ویژه منطقه (GSP) از معادله زیر بدست می آید:

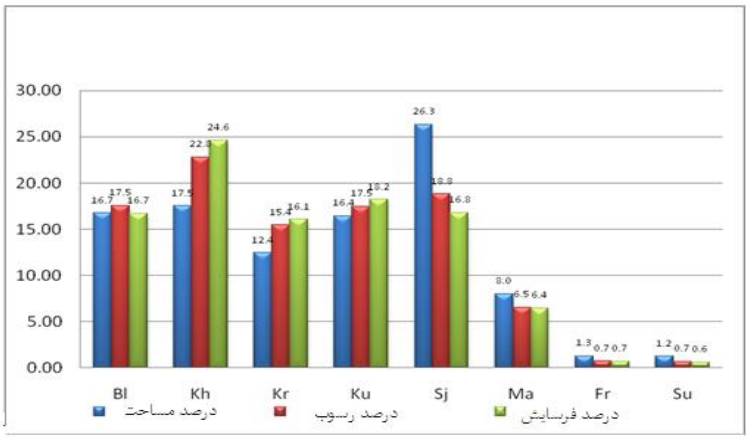
$$GSP = WSP \times RU$$

در جدول (۱۰) دبی رسوب ویژه هر یک از زیر حوضه ها نشان داده شده است با توجه به این جدول مشخص می شود که زیر حوضه سیج و آل دارای بیشترین میزان دبی رسوب ویژه بوده که می توانند به علت ضریب رسوبدهی بالای حوضه می باشد. در شکل (۱۰ و ۱۱)(ماخذ:باقرزاده ومنصوری۱۳۸۹)

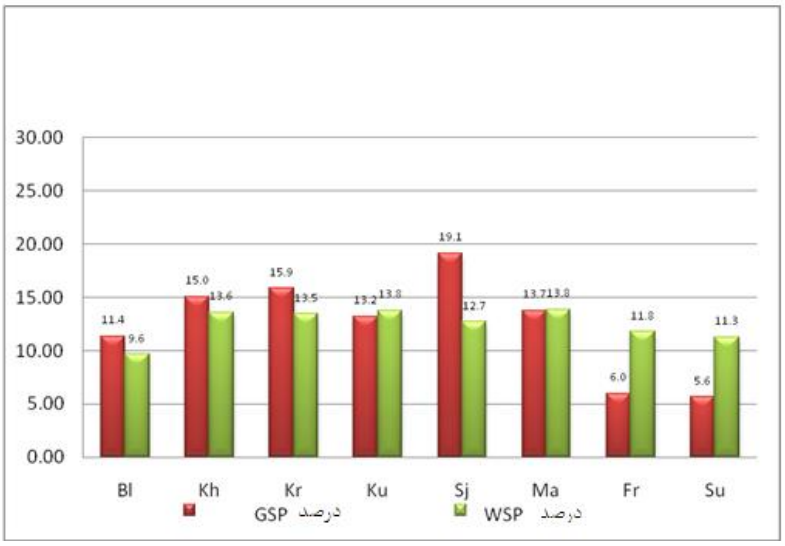
مساحت و درصد WSP و GSP هر یک از زیر حوضه ها نسبت به کل حوضه نشان داده شده است.

جدول (۱۰) دبی رسوب ویژه GSP

نام زیر حوضه	سیج و آل	طرفین	مارشک	فیروزآباد	کریم آباد	بلغور	خرکت	کوشک آباد
دبی رسوب ویژهGSP (m3/km2.yr)	۶۱۰/۲۱	۱۸۰/۰۳	۴۳۸/۵۴	۱۶۵/۵۰	۵۰۵/۵۶	۳۶۲	۲۵۶/۸۴	۲۰۷/۸۸



شکل ۱۰: درصد میزان رسوب و فرسایش در زیر حوضه های سد کارده



شکل ۱۱:درصد میزان WSPو GSP در زیر حوضه های سد کارده

برای محاسبه رسوب کل حوضه (GS) از رابطه زیر استفاده گردید:

$$GS = A \times WSP$$

GS= دبی رسوب کل بر سب متر مکعب در سال

A = مساحت حوضه

WSP = متوسط فرسایش ویژه بر حسب متر مکعب بر کیلومتر مربع جدول (۱۱)(ماخذ:باقرزاده ومنصوری۱۳۸۹) دبی رسوب کل هر یک از زیر حوضه های کارده و همچنین کل حوضه مشخص شده است.با توجه به این جدول سیج و آل دارای بیشترین و فیروز آباد دارای کمترین مقدار دبی رسوب کل می باشد و برای هر دو حوضه، ضریب رسوبدهی و مساحت حوضه و دبی رسوب ویژه در این میزان تأثیر بسزایی داشته است.

جدول (۱۱) دبی رسوب کل GS

نام زیر حوضه	سیج و آل	طرفین	مارشک	فیروزآباد	کریم آباد	بلغور	خرکت	کوشک آباد	کل حوضه
دبی رسوب کل GSm3/yr	۸۹۳۷۷/۴۵	۱۷۸۵/۱۹	۱۹۵۱۱/۰۵	۱۱۷۱/۷۶	۳۵۱۶۷/۲۸	۳۳۶۹۹/۴۷	۲۳۹۰۹/۶	۱۸۹۸۰	۲۲۳۶۰۱/۸

نتیجه گیری

مدل EPM به طور طبیعی برای برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب در طرح های نوسازی آبخیزها بکار رفته است. با توجه شکل شماره ۹(نقشه wsp) و جدول۸نتیجه گیری می شود که ناحیه مورد مطالعه می تواند به مناطق فرسایش سنگین، متوسط و سبک تقسیم شود. بخشهای جنوبی و قسمتی از شرق فرسایش متوسط را دارا می باشد و شمال و غرب حوضه به خاطر قابلیت فرسایش خاک و زمین شناسی دارای فرسایش زیادی هستند در حالیکه بخشهای شمال شرق حوضه بخاطر پوشش سخت زمین فرسایش ملایمی دارند. از نظر میزان دبی رسوب کل (GS) سیج و آل دارای بیشترین و فیروز آباد کمترین مقدار می باشد که عامل مساحت و ضریب رسوبدهی (RU) در این میزان برای هر دو حوضه عامل مؤثری می باشد.

مشاهدات میدانی نشان می دهد که رویکرد متداول برای محدود کردن فرسایش، کنترل چرا ی دام است . می توان نتیجه گرفت که سدهای گابیون در امتداد جریانهای شاخه ای مؤثرترین عامل در کاهش تولید رسوب، به ویژه در بخشهای جنوبی حوضه می باشد.

منابع و مآخذ

۱-آسایش، حسین، مشیری، سید رحیم،۱۳۸۱، روش شناسی و تکنیک های تحقیقعلمی در علوم انسانی انتشارات ارشد

۲-آیتی، سید باقر ،۱۳۷۳، روش تحقیق در جغرافیا، انتشارات ارشد.

۳- احمدی، حسن ،۱۳۷۸، جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران.

۴- احمدی، حسن، ۱۳۸۸، ژئومورفولوژی کاربردی جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران.

۵-اداره کل منابع طبیعی خراسان رضوی واحد مطالعه،۱۳۷۳.

۶-اداره کل منابع طبیعی خراسان رضوی واحد مطالعه،۱۳۷۴.

۷- اداره کل منابع طبیعی خراسان رضوی واحد مطالعه،۱۳۷۶.

۸- اداره کل منابع طبیعی خراسان رضوی واحد مطالعه،۱۳۸۳.

۹- اداره کل منابع طبیعی خراسان رضوی واحد مطالعه،۱۳۸۴.

۱۰- الیاس آذر، خسرو،۱۳۷۴، خاک شناسی (عمومی و خصوصی)، انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه، چاپ دوم.

۱۱-امیری، فاضل، ارزانی، حسین، فرح پور، چائی چی،محمد رضا، خواجه الدین، سید جمال الدین، ۱۳۸۸، کارائی مدل اصلاح شده پسیاک و EPM برای ارزیابی فرسایش خاک در تعیین شایستگی مرتع، مجله مرتع، سال سوم، شماره اول.

۱۲-امیر شاپور، شاهین،۱۳۸۸، ژئومورفولوژی کاربردی جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران.

۱۳- امیدوار، کمال،۱۳۷۴،مطالعه ی تحلیل بادها و جریان های هوا در ترازهای مختلف جو در ماهها و روزهای بارش در منطقه شیر کوه یزد، فصلنامه جغرافیایی شماره ۳.

۱۴-بهنیافر، ابولفضل ،۱۳۸۰، رساله دکترا رشته جغرافیای طبیعی ژئومورفولوژی کارست کارده.

۱۵-تصاویر ماهوارهای حوضه کارده ،تغییرات ارتفاعی و درصد کلاس حوضه ای کارده.

۱۶-تصویر ماهوارهای حوضه آبریز کارده، گوگل ارث.

۱۷- جهان بخش، سعید، بابا پورباصر،علی، ۱۳۶۸بررسی و پیش بینی متوسط دمای ماهانه تبریز با استفاده از مدل آریما، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی شماره ۳، انتشارات آستان قدس.

۱۸- جداری عیوضی، جمشید،۱۳۸۰،جغرافیا آبها انتشارات دانشگاه تهران.

۱۹- حافظ نیا، محمد رضا،۱۳۸۲، مقدمه ای بر روش تحقیق در علوم انسانی، چاپ هشتم ،انتشارات سمت.

۲۰- دیانی، محمد حسین،۱۳۸۲، گلو گاههای پژوهش در علوم اجتماعی، انتشارات کتابخانه رایانه ای.

۲۱- رحیم زاده، فاطمه،عسگری،احمد،۱۳۷۳، نگرش بر تفاوت نرخ افزایش دما حداقل و حداکثر و کاهش دامنه شبانه روزی دما در کشور، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، انتشارات آستان قدس.

11. AIde T M, ZImmerman J K, Herrera L, RosarIo M, Seran M (1995).Forest recovery In abandoned tropIcal pastures In Puerto RIco.

12. BagherzadeAlI, mansoorydaneshvar M. R 2011. SedImeentyIeldassessment by EPM and PSIAC models usIng GIS data In semIarIdregIon.

13. MatI B M, Morgan R P C, GIchukI F N, QuInton J N, Brewer T R,LInIger H P (2000). Assessment of ErosIon hazard wIth theUSLeandGIS: a case study of the upper EwasoNg'Iro North basIn of Kenya.

14. Veldkamp A, Fresco L O (1996). CLUee: A conceptual model to studytheconvErsIon and Its Effects.

15.WIschmeIer W H, SmIth D D (1978). PredIctIngRaInfallErosIonLosses: A GuIde to ConservatIonPlannIng.AgrIculturalHandbook(No.537). WashIngton D C: US Department of AgrIcul