

## تهیه نقشه میزان فرسایش و رسوب حوضه آبخیز خسویه با استفاده از مدل **USPED** و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مقایسه آن با رخساره‌های فرسایش آبی

رضا ذاکری نژاد: استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۷

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۳)



### چکیده

فرسایش خاک و تولید رسوب در حوضه‌های آبخیز، از معضلات زیست محیطی است که یکی از عوامل اصلی بیابان‌زایی و تخریب اراضی بشری می‌باشد؛ بنابراین، ارزیابی فرسایش خاک برای تخمین میزان فرسایش و رسوب با استفاده از مدل‌های تجربی به ویژه در حوضه‌های فاقد ایستگاه هیدرومتری، یکی از ابزارهای مدیریتی مهم در امر حفاظت آب و خاک است. منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، حوضه آبریز خسویه در استان فارس است که یکی از نواحی بسیار مستعد به فرسایش آبی به شمار می‌رود. در این تحقیق، میزان فرسایش و رسوب حوضه مورد مطالعه با استفاده از مدل **USPED** — که در پژوهش‌های محققان در ایران به ندرت از آن استفاده شده است — برآورد می‌شود. این مدل برای تخمین میزان فرسایش و رسوب است که شش عامل دارد؛ عامل توپوگرافی که از داده‌های مدل رقومی ارتفاع (**Tan-DEM-X**)، عامل پوشش گیاهی (**C**) که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای **Sentinel-2**، عامل فرسایش پذیری خاک (**K**) که با استفاده از جمع‌آوری نمونه‌های خاک، عامل فرساینده‌گی بارش (**R**) که از داده‌های متوسط بارش ماهانه ایستگاه‌های مجاور حوضه و در نهایت، عامل عملیات حفاظتی (**P**) تهیه می‌شود. نتایج این تحقیق نشان داد که حدود هیجده درصد از منطقه مورد مطالعه در کلاس‌های فرسایش و رسوب شدید و خیلی شدید (بیش از بیست تن در هکتار در سال) قرار دارد و تنها ۷.۹ درصد از حوضه در محدوده کلاس پایدار (۰/۱ تا ۰/۱-) واقع است. مقایسه نتایج این مدل با رخساره‌های فرسایش آبی، فقدان توانایی مدل را در کلاس میزان فرسایشی مناطق دارای فرسایش آبکندی در نواحی کم شیب حوضه نشان می‌دهد، ولی در پیش‌بینی کلاس فرسایشی اشکال ورقه‌ای و شیاری دقت مناسبی دارد.

واژگان کلیدی: سیستم اطلاعات جغرافیایی، فرسایش خاک، مدل **USPED**.

## ۱- مقدمه

فرسایش خاک، یکی از عوامل اصلی تخریب زمین و بیابان‌زایی در مناطق وسیعی از سطح کره زمین است که حاصل اثر متقابل عوامل انسانی و طبیعی می‌باشد و به تخریب اکوسیستم‌های طبیعی نظیر مراتع، جنگل‌ها و اکوسیستم‌های کشاورزی منجر می‌شود (Nyssen et al, 2004 & Bayramin et al, 2007 & Nohegar and Kazem, 2013). در این میان، تأثیر تغییرات اقلیمی و کاربری اراضی نیز از عواملی است که بر میزان شدت هدر رفت خاک تأثیر می‌گذارد (Nyssen et al, 2004 & Liu et al, 2019 & Gitas, 2009 & Borrelli et al, 2020). فرسایش خاک نه تنها به فقیر شدن خاک و متروک شدن مزارع منجر می‌شود و از این راه، خسارت‌های جبران‌ناپذیری بر جای می‌گذارد، بلکه با رسوب‌گذاری در آبراهه‌ها، مخازن سدها و بنادر و کاهش ظرفیت آبیگری آنها، تشدید بیشینه سیل و تغییرات مورفولوژی رودخانه‌ها، زیان‌های فراوانی به وجود می‌آورد (Lie et al, 2019 & Valentin et al, 2015). بسیاری از پژوهش‌ها بیان می‌کند که حدود ۵۸ درصد تخریب زمین در جهان به دلیل فرسایش خاک است که بیشتر آن از زمان صنعتی شدن رخ داده است؛ به طوری که حدود هفده درصد از کاهش تولید محصول در جهان به دلیل این فرسایش بوده است (Angima et al, 2003).

فرسایش خاک مشکلی جهانی است که به طور جدی منابع آب و خاک را تهدید می‌کند و پیامدهای حاصل از آن توسط برخی از پژوهشگران به حدی خطرناک قلمداد شده است که شکوفایی و نابودی تمدن‌های پیشین را به این پدیده نسبت داده‌اند (Noahgar and Kazemi, 2013). اندازه‌گیری مستقیم میزان فرسایش و رسوب حوضه‌های آبخیز، پرهزینه و وقت‌گیر است و تعمیم نتایج آن به حوضه‌های بزرگ‌تر نیز مشکل می‌باشد (Salavati et al, 2010 & Zakerinejad et al, 2015). بر اساس مرکز اطلاعات بین‌المللی سازمان ملل متحد، صد میلیون هکتار از اراضی ایران به دلیل فرسایش آبی، ناپایدار است که با توجه به جنبه‌های مختلف فرسایش خندقی و پیامدهای رو به گسترش زیست محیطی آن، پژوهش پیرامون ابعاد مختلف فرسایش خندقی ضرورتی اجتناب‌ناپذیر به شمار می‌رود (Hadley et al, 1982 & Foster et al, 1985). ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی فرسایش خاک به وسیله مدل‌های کمی و کیفی برای برنامه‌ریزی حفاظت خاک، احیای مناطق تخریب شده و کاهش سرعت تخریب اکوسیستم‌ها یکی از نیازهای اساسی برنامه‌ریزان محسوب می‌شود (Masoudi and Zakerinejad, 2011 & Erfanian et al, 2013 & Cerdà et al, 2020 & Keesstra et al, 2018 & Tóth et al, 2018).

تاکنون مدل‌ها و برنامه‌های زیادی برای برآورد فرسایش خاک و توسعه طرح‌های مدیریتی این فرسایش ارائه شده است که از مهم‌ترین آنها می‌توان به معادله جهانی فرسایش خاک (USLE)<sup>۱</sup> (Wischmeier and Smit, 1987)، پروژه پیش‌بینی فرسایش آبی (WEPP)، ابزار ارزیابی خاک و آب (SWAT<sup>۲</sup>) و مدل اروپایی فرسایش خاک (EUROSEM<sup>۳</sup>) (Morgan et al, 1998) اشاره کرد. طی چهل سال اخیر، مدل USLE به دلیل داشتن محاسبات ساده، پرکاربردترین روش تخمین توان فرسایش خاک و برآورد تأثیرات عملیاتی مدیریتی مختلف بود (Kinnell, 2000) و

<sup>1</sup> Universal Soil Loss Equation (USLE)

<sup>2</sup> Soil and Water Assessment Tool

<sup>3</sup> European Soil Erosion Model

به دنبال آن، نسخه جدید این مدل با نام جهانی معادله جهانی تجدید نظر شده هدررفت خاک (RUSLE) توسعه یافت که برآوردهای دقیق‌تری از عوامل R, K, C, P, S و L و فرسایش خاک انجام می‌داد. این مطالعه با استفاده از مدل RUSLE، با هدف ارزیابی میزان فرسایش آبی در حوضه تشات<sup>۱</sup> در شمال غرب اتیوپی انجام شد و نتایج نشان داد که میزان متوسط فرسایش در حوضه مورد مطالعه، ۶۴/۲ تن در هکتار در سال است که بیشترین میزان فرسایش در نواحی پرشیب منطقه مورد مطالعه می‌باشد (Abathun Mengie et al, 2022).

با توجه به اثرات زیان‌بار فرسایش در وضعیت اکوسیستم منطقه و تخریب خاک و بیابان‌زایی، بررسی و شناسایی مناطق پرخطر از نظر کمیت میزان فرسایش و رسوب برای برنامه‌ریزی‌های حفاظت خاک در منطقه بسیار ضروری است. ذکر این امر لازم است که با توجه به محدودیت‌های فراوان از جمله فقدان ایستگاه‌های رسوب‌سنجی در حوضه مورد مطالعه، کاربرد روش‌ها و مدل‌های جدید تجربی و استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، در پهنه‌بندی مناطق پرخطر بسیار کاربردی و مؤثر است.

هر چند در مطالعات فراوانی، از مدل جهانی فرسایش خاک در پهنه‌بندی مناطق پرخطر فرسایش استفاده شد، ولی پژوهش بسیار اندکی در زمینه استفاده از مدل USPED<sup>۲</sup> صورت گرفته است. در واقع، می‌توان بیان کرد که یکی از مزیت‌های این مدل نسبت به سایر مدل‌های مشابه مانند RUSLE - که تنها میزان فرسایش را تعیین می‌کند - این است که در این مدل علاوه بر تعیین میزان فرسایش حوضه، میزان رسوب‌گذاری آن نیز مشخص می‌شود. در مطالعه‌ای، Zakerinejad and Maerker (2015) با تلفیق مدل USPED و شاخص قدرت فرسایش آبراهه (SPI<sup>۳</sup>)، به ارزیابی و پهنه‌بندی فرسایش آبی حوضه آبخیز مزایجان در استان فارس پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که توانایی بالای مدل پیشنهادی، در شناسایی مناطق پرخطر فرسایشی است. Aiello و همکاران (2015) نیز پژوهشی دیگر با استفاده از مدل USPED در حوضه Basilicata در جنوب کشور ایتالیا انجام دادند که نتایج آن، صحت بالای نتایج این مدل را در پهنه‌بندی مناطق فرسایشی و رسوب‌گذاری نشان داد. با توجه به مطالعات و پژوهش‌های انجام شده در کشور، مطالعات بسیار اندکی در زمینه استفاده از مدل USPED - که برای ارزیابی میزان فرسایش شیاری و ورقه‌ای به بررسی ظرفیت انتقال رسوب به وسیله جریان آب می‌پردازد - صورت گرفته است. حوضه آبخیز مورد مطالعه خسویه، یکی از زیر حوضه‌های حوضه مند در جنوب کشور و در قلمرو استان فارس است که تحت تأثیر میزان شدید فرسایش آبی قرار دارد و به از دست رفتن خاک حاصلخیز سطحی، پر شدن مخازن سدها و کاهش کیفیت آب‌ها منجر می‌شود. بنابراین، تهیه نقشه پتانسیل میزان فرسایش و رسوب در شناسایی مناطق مستعد می‌تواند از سوی برنامه‌ریزان در جهت اولویت در اجرای عملیات حفاظت خاک و آبخیزداری قابل توجه قرار گیرد.

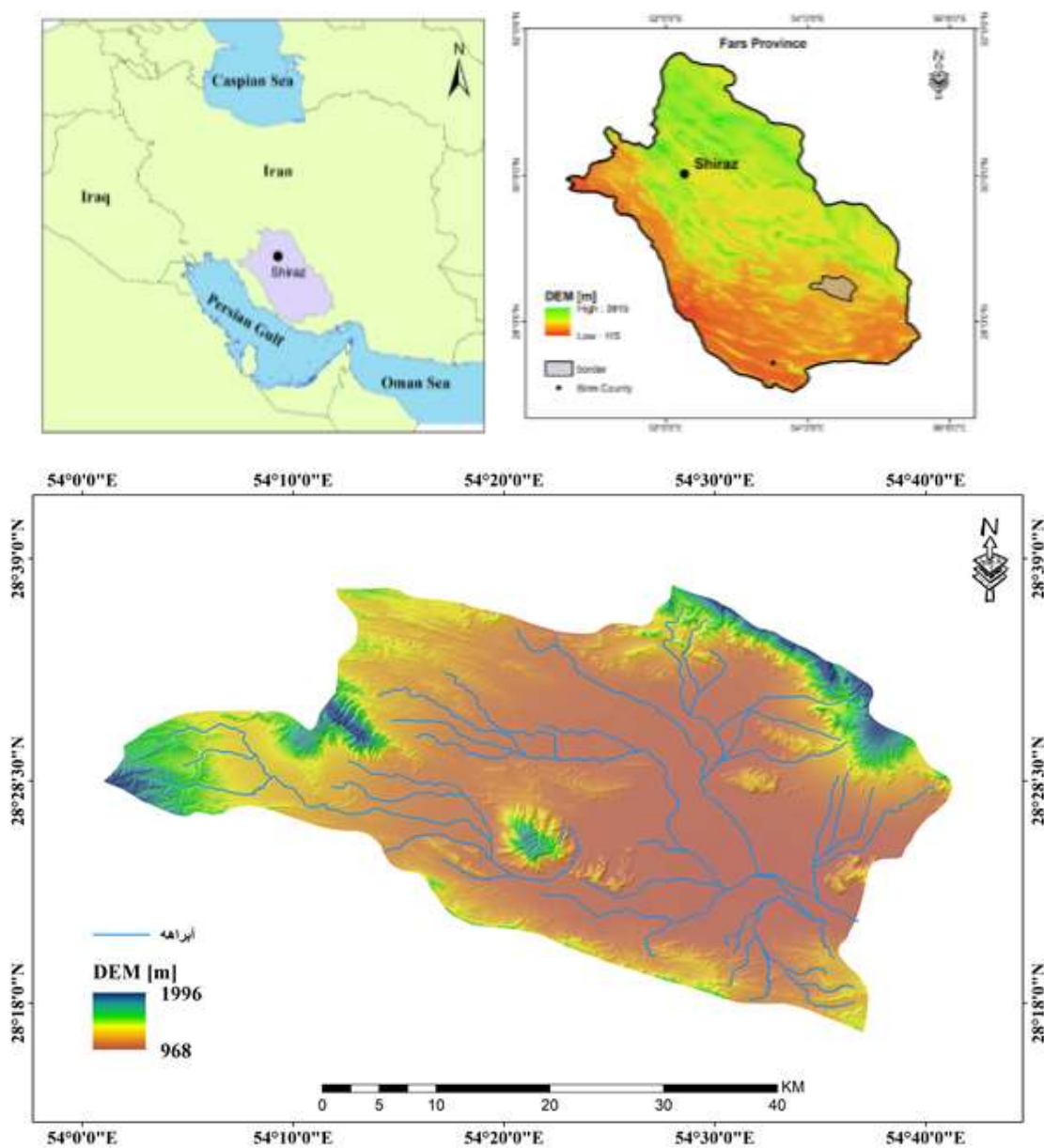
## ۲- منطقه مورد مطالعه

<sup>1</sup> Tashat

<sup>2</sup> Unit Stream Power Erosion Deposition Model

<sup>3</sup> Stream Power Index

حوضه آبخیز خسویه با وسعت ۱۳۶۶۲۲۴۵ هکتار، در ۳۳۷ کیلومتری شیراز بین ۵۴ درجه و ۹ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۴۲ دقیقه طول شرقی و ۲۸ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۲۸ درجه و ۳۹ دقیقه عرض شمالی در جنوب شرقی استان فارس در شهرستان زرین دشت واقع شده است (شکل ۱). اقلیم این حوضه گرم و خشک است و میزان بارندگی سالانه طی دوره آماری بلند مدت، ۴۴۳ میلی متر گزارش شده و کمترین میزان بارندگی نیز ۱۰۱ میلی متر است. کاربری غالب اراضی این حوضه نیز شامل کشاورزی دیم، کشاورزی آبی، مسکونی، مرتع متوسط، مرتع ضعیف، زمین های فاقد پوشش، سنگ زار و نمک زار تقسیم شده است. دامنه ارتفاعی حوضه مورد مطالعه نیز از ۹۷۲ تا ۱۹۶۳ متر متغیر است و بیشترین شیب حوضه نیز بین ده تا صفر درصد می باشد. این حوضه دارای فرسایش شدید آبی از نوع شیاری، خندقی و ورقه ای است که مناطق وسیعی از حوضه به خصوص مناطق دارای تراکم پوشش گیاهی را شامل می شود.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه مورد مطالعه

## ۳- روش تحقیق

در این پژوهش با استفاده از مدل واحد قدرت فرساینده‌گی فرسایش و رسوب (USPED) (Mitasova et al, 1996 & Mitasova and Mitas, 2001)، به تعیین میزان فرسایش و رسوب در حوضه آبخیز خسویه در استان فارس پرداخته می‌شود. شاخص‌های ورودی این مدل، مشابه رابطه جهانی اصلاح (تجدید نظر) شده فرسایش خاک (RUSLE) (Renard and Freimund, 1994) — است که الگوی توسعه یافته (USLE) از سطحی معین برای پیش‌بینی فرسایش سالانه خاک استفاده می‌کند (Wischmeier and Smith, 1978). در واقع، این مدل بر این فرض استوار است که فرسایش خاک به قدرت جدایش ذرات خاک و رسوب بستگی دارد که این نیز به قابلیت ظرفیت میزان حمل بار توسط رواناب بازمی‌گردد. در واقع، این مدل فاقد توانایی انتقال میزان بار رسوب توسط فرسایش کناری، فرسایش بستر و فرسایش خندقی است (Zakerinejad and Maerker 2015 & Grove and Rackham, 2001)؛ زیرا اگر خاکدانه‌ها توسط باران جدا شود، اما به دلیل شکل زمین یا پوشش گیاهی، رواناب کافی برای انتقال ذرات خاک وجود نداشته باشد، مقدار واقعی فرسایش به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد (Mohammadi et al, 2018). به بیان دیگر، می‌توان گفت که این مدل دو فرایند فرسایش شیاری و ورقه‌ای را مدلسازی می‌کند که فرایندهای دخیل در فرسایش شیاری شامل جداسازی، برداشت و انتقال ذره خاک است (Yao et al, 2008).

ذکر این امر لازم است که در این تحقیق برای تهیه نقشه شاخص‌های ورودی به مدل، از نرم‌افزارهای ArcGIS10.8 و SAGA-GIS-8 استفاده شد.

نحوه عملکرد این مدل به این شکل است که کل جریان آبی که به یک پیکسل وارد می‌شود، تحت عنوان ظرفیت انتقال رسوب آن پیکسل معرفی می‌شود که برای تعیین میزان فرسایش و رسوب (ED) در این مدل بر اساس تغییرات جریان رسوبات در مسیر جریان می‌باشد (Leh et al, 2011).

$$ED = \frac{d(T\cos a)}{dx} + \frac{d(T\sin a)}{dy} \quad \text{رابطه ۱}$$

که در این رابطه،  $a$  جهت سطح زمین،  $dx$ ،  $dy$  قدرت تفکیک لایه رستری مدل رقمی ارتفاع و  $T$  ظرفیت انتقال رسوب است.

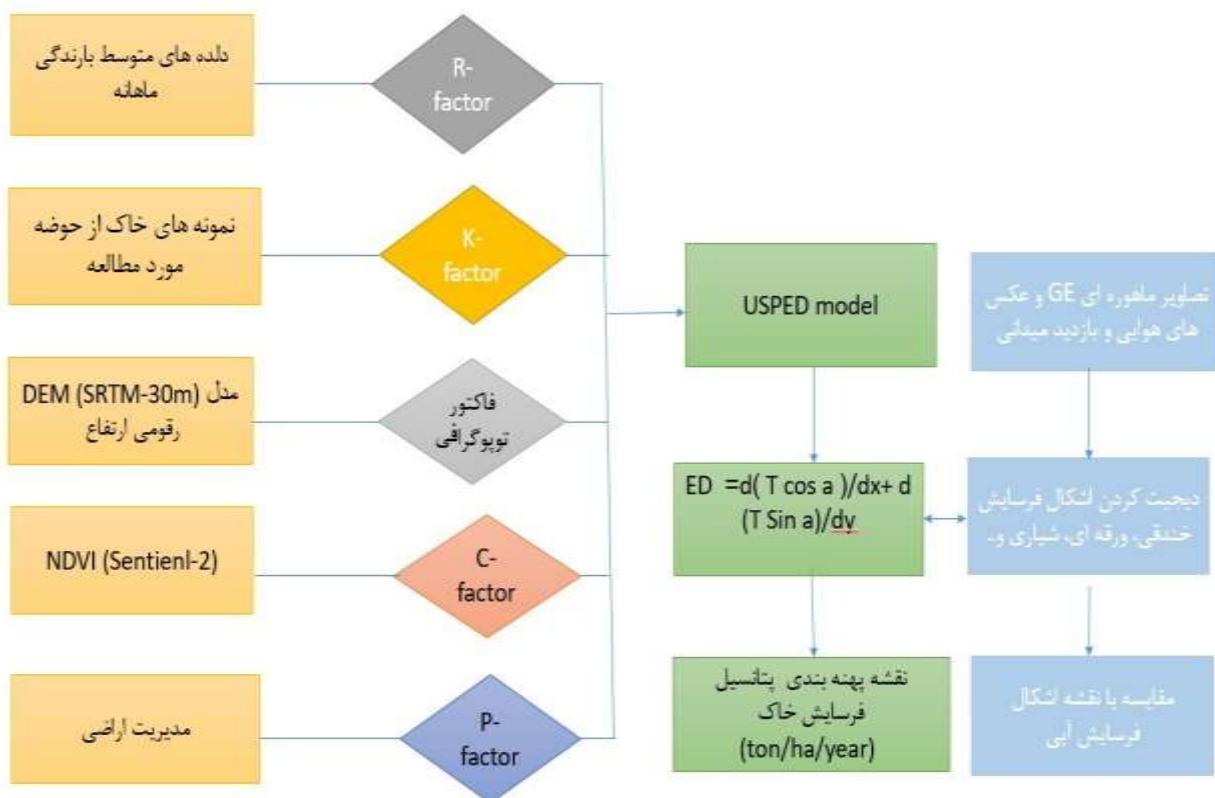
در رابطه ذکر شده اگر  $ED$  مثبت باشد، رسوبی بودن پیکسل مربوطه را نشان می‌دهد؛ ولی در صورت منفی بودن، فرسایشی بودن آن را نشان می‌دهد.

میزان ظرفیت انتقال رسوب ( $T$ ) این مدل بر اساس رابطه ۲ تعیین می‌شود:

$$T = R \times K \times C \times P \times A^m \times (\sin b)^n \quad \text{رابطه ۲}$$

در این معادله،  $R$  شدت فرساینده‌گی بارش — رواناب،  $K$  شاخص فرسایش‌پذیری خاک،  $C$  شاخص پوشش گیاهی و  $P$  شاخص اقدامات حفاظتی است (شکل ۲).  $A$  و  $b$  نیز به ترتیب شیب و میزان مساحت جریان بالادست است.  $m$  و  $n$  نیز ضرایب ثابت است و برای مناطقی که فرسایش غالب شیاری دارند به ترتیب  $1/6$  و  $1/3$  است و در مناطقی که فرسایش غالب ورقه‌ای دارند نیز به صورت عدد ثابت ۱ در نظر گرفته می‌شود.

ذکر این امر لازم است که شاخص توپوگرافی، بر اساس ساختار مدل USPED و با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی (Tan-DEM-X) با قدرت تفکیک ۱۲.۵ متر — که خطاهای هیدرولوژیکی آن با ابزار Fill Sink در محیط ArcGIS 10.8 اصلاح شد — تهیه شد. در ادامه، این شاخص در مدل بر اساس شکل غالب فرسایش شیاری در حوضه مورد مطالعه تهیه شد.



شکل ۲: فلوجارت روش تحقیق

### عامل فرساینده باران (R)

مفهوم عبارت فرساینده باران توسط ویشمایر و اسمیت به منظور در نظر گرفتن تأثیر اقلیم بر فرسایش خاک ارائه شد. توان باران در ایجاد فرسایش را فرساینده باران می‌نامند که تابعی از خصوصیات فیزیکی بارندگی است و با انرژی مستقیم باران، انرژی جنبشی بارندگی و حداکثر شدت بارندگی سی دقیقه‌ای در ارتباط است (Wischmeier and Smith, 1978). شاخص R از حاصل ضرب انرژی جنبشی باران (E) در حداکثر شدت بارش سی دقیقه‌ای (I30) به دست می‌آید. به دلیل فقدان دسترسی به داده‌های تفصیلی شدت بارندگی در بسیاری از ایستگاه‌های هواشناسی، اغلب از مقادیر متوسط بارندگی ماهانه و سالانه و از یک سلسله روابط، برای برآورد تخمین این شاخص استفاده می‌شود. در بسیاری از مطالعات، از رابطه ارائه شده توسط رینارد و فریدمن برای برآورد این شاخص استفاده شده است (Renard and Freimund, 1994 & Arekhi and Niazi, 2010) که در این پژوهش نیز برای محاسبه عامل R در پنج ایستگاه مجاور حوضه استفاده شد (جدول ۱).

$$MFI = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_i^2}{\sum_{i=1}^{12} P^-} \quad \text{رابطه ۳}$$

رابطه ۴

$$R = 0.07397 \times MFI^{1.847} \quad MFI < 55mm$$

$$R = 95.77 - 6.081 \times F + 0.4770 \times MFI^2/1 \quad MFI > 55mm$$

که در آن،  $F$  شاخص فورنیه اصلاح شده،  $P_i$  متوسط بارندگی ماه  $i$  ام (میلی‌متر)،  $P^-$  متوسط بارندگی سالانه در دوره آماری ۲۷ ساله (میلی‌متر) و  $R$  شاخص فرسایش سالانه بر حسب مگاژول میلی‌متر در هکتار در ساعت در سال است.

جدول ۱: فرسایش بارش در ایستگاه‌های مجاور حوضه مورد مطالعه (۱۳۵۱-۱۳۸۲)

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	R عامل
حاجی آباد	54/41	28/35	۳۸/۵۸
داراب	54/53	28/75	۴۰/۱۵
درب قلعه	54/38	28/95	۴۶/۱۹
خسویه	54/38	28/53	۳۹/۴۸
بختاجرد	54/4	۲۸/۵۸	۴۳/۴۹

داده‌های عامل  $R$ ، پس از محیط اکسل در محیط ArcMap وارد و پس از درونیابی به روش IDW<sup>۱</sup>، نقشه رستری سی متری این عامل تهیه شد. کمترین مقدار  $R$  در جنوب و جنوب شرق دیده می‌شود و از سمت جنوب حوضه به سمت شمال افزایش می‌یابد.

### عامل فرسایش‌پذیری خاک (K)

شاخص فرسایش‌پذیری خاک (K)، سهولت جدا شدن ذرات خاک در اثر ضربه قطرات باران و نیروی برشی رواناب را نشان می‌دهد. در واقع، این عامل توانایی ذرات نسبت به جدا شدن را به صورت کمی توصیف می‌کند و تحت تأثیر توزیع اندازه ذرات خاک، نفوذپذیری و پایداری ساختمان خاک قرار می‌گیرد. مقادیر عامل فرسایش‌پذیری بر حسب تن ساعت بر مگا ژول میلی‌متر، از صفر تا یک متغیر است. برای محاسبه عامل فرسایش‌پذیری خاک (K)، پس از بررسی منطقه تعداد بیست نمونه از خاک سطحی (۰-۳۰ سانتی‌متری) برداشت و نمونه‌های برداشت شده برای تعیین درصد ذرات خاک به آزمایشگاه منتقل شد تا درصد ذرات با استفاده از نرم‌افزار TAL و موقعیت نقاط بافت خاک نمونه‌ها مشخص و تعیین شود. سپس با وارد کردن داده‌ها در نرم‌افزار Arc MAP 10.8، نقشه بافت خاک حوضه تهیه شد.

<sup>۱</sup> Inverse Distance Method

### عامل پوشش گیاهی (C)

شاخص C مربوط به عامل پوشش گیاهی است و عبارت است از نسبت مقدار فرسایش خاک از زمین زیر کشت نسبت به خاک از دست رفته در کرت‌های آزمایشگاهی در همان شرایط آبی که ضریب K ارزیابی شده است (Wischmeier et al, 1978). برای تهیه این شاخص، از نقشه شاخص تفاضل نرمال پوشش گیاهی (NDVI) — که بیانگر میزان وضعیت پوشش گیاهی منطقه است — استفاده شد. در این پژوهش با استفاده از تصاویر ماهواره Sentinel-2 سال ۲۰۲۰، نقشه شاخص عامل پوشش گیاهی بر اساس رابطه زیر تهیه شد (Lin et al, 2002). ذکر این امر لازم است که منطقه مورد مطالعه اقلیم خشک دارد، پس برای تهیه این شاخص از تصاویر ماه‌های اواخر اسفند (اواسط مارس) به دلیل وضعیت پوشش گیاهی منطقه استفاده شد.

$$C = \frac{(-NDVI+1)}{2} \quad \text{رابطه ۵:}$$

در این رابطه، C شاخص پوشش گیاهی و NDVI شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده است.

### عامل ضریب حفاظتی (P)

این عامل، ضریب تلفات خاک را با توجه به روش پشتیبان نشان می‌دهد و از آن برای محاسبه مقادیر اثرات مثبت روش‌های حمایتی استفاده می‌شود. همچنین از این عامل برای روش‌های کنترلی — که توان فرسایش رواناب و اثرات آن بر الگوهای زهکشی، مقدار غلظت رواناب، سرعت رواناب و عوامل هیدرولیکی اعمال شده بر رواناب خاک را کاهش می‌دهد — نیز استفاده می‌شود. میزان P از صفر تا یک متغیر است؛ هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد، روش‌های حفاظت بهتر است و هر چه به یک نزدیک‌تر باشد، عکس این امر حاکم است. ذکر این امر لازم است که تمامی لایه‌های ورودی به مدل، با دقت مکانی دوازده متر تهیه شد و لایه شاخص پوشش گیاهی که از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۲- با قدرت تفکیک مکانی ده متر بود نیز در محیط ArcGIS10.5 و با استفاده از تابع Resampling به دقت مکانی دوازده متر تبدیل شد.

یکی از مشکلات بسیاری از حوضه‌های آبخیز، فقدان ایستگاه‌های هیدرومتری برای اندازه‌گیری داده‌های میزان فرسایش و رسوب است که این امر مانعی در اعتبارسنجی مدل‌های تجربی می‌باشد. بنابراین، در مطالعه حاضر برای بررسی اعتبار مدل، نقشه‌ای از اشکال فرسایش آبی غالب منطقه (ورقه‌ای، شیاری و خندقی) — که در قسمت‌های زیادی از حوضه گسترش یافته است — تهیه شد. در نهایت با همپوشانی نقشه اشکال فرسایشی با نقشه خطر مدل USPED، به بررسی و مقایسه کلاس‌های خطر فرسایشی و اشکال فرسایشی پرداخته شد.

### ۴- نتایج و بحث

در این پژوهش با استفاده از مدل USPED، به بررسی میزان فرسایش و رسوب حوضه آبریز خسویه در استان فارس پرداخته شد. شاخص‌های ورودی به این مدل همانند مدل جهانی فرسایش خاک (RUSLE) است که شامل شاخص فرسایشی بارش (R)، فرسایش‌پذیری خاک (K)، پوشش گیاهی (C) و عملیات حفاظتی (P) می‌باشد که به

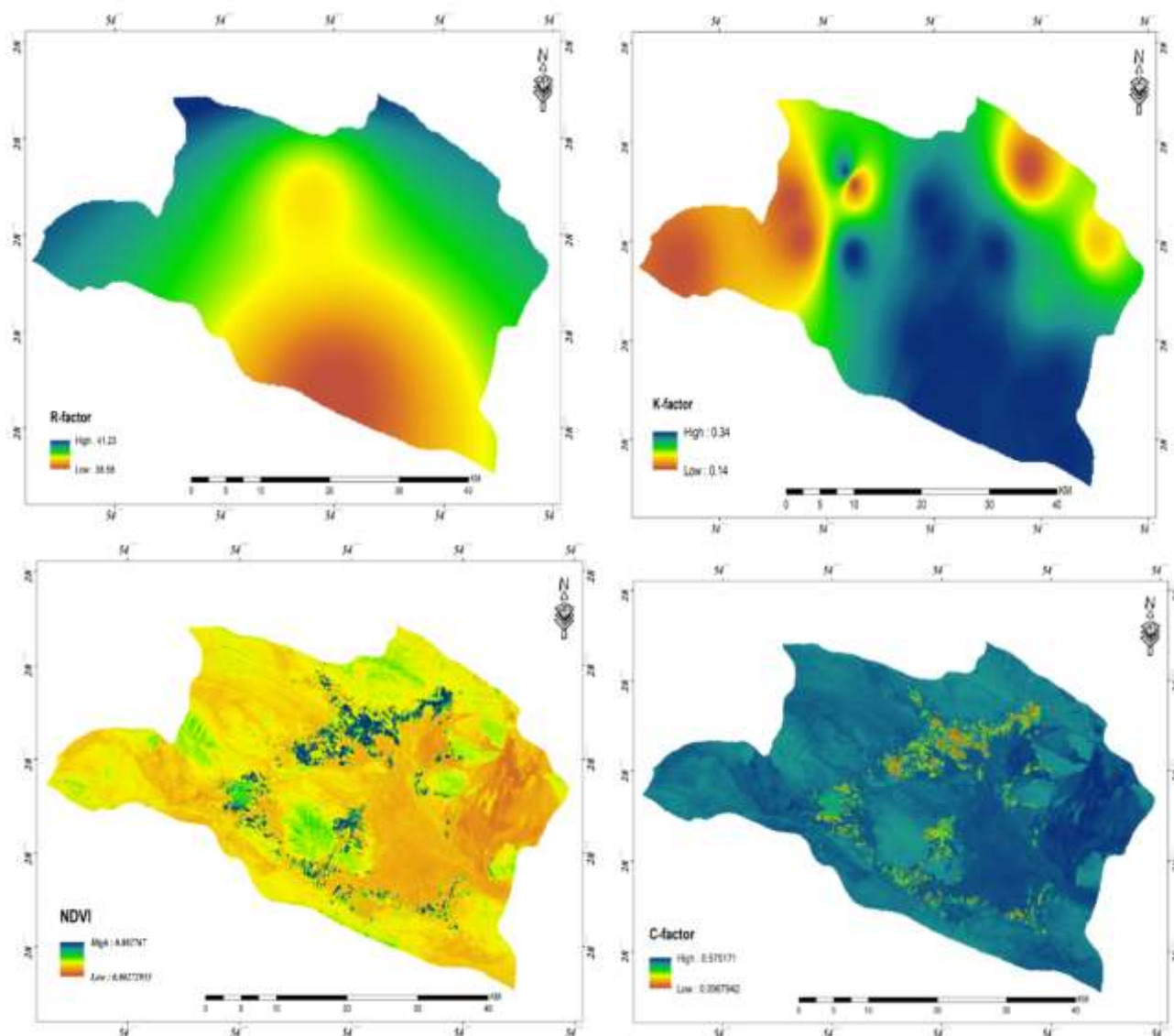


استثنائی شاخص توپوگرافی که در این مدل با استفاده از نقشه‌های شیب، جهت جریان رواناب و تجمع جریان تهیه می‌شود. براساس نتایج این مدل، مقادیر منفی بیانگر مناطق فرسایشی و نواحی مثبت بیانگر مناطق رسوب گذاری است.

### شاخص‌های مدل USPED

نقشه پهنه‌بندی شاخص R — که از متوسط بارندگی و فرمول فورنیه در محیط ArcGIS 10.8 تهیه می‌شود — نشان می‌دهد که ارزش عددی این شاخص بین ۳۸/۵۸ تا ۴۱/۲۳ متغیر است و مقدار این عامل در نواحی شمالی و شمالی غربی حوضه بیش از نواحی کم ارتفاع مرکزی حوضه است که دلیل آن، ارتفاع بیشتر این منطقه می‌باشد (شکل 3a). دیگر شاخص ورودی این مدل، عامل فرسایش پذیری خاک است که در آن، بیست نمونه از خاک برداشت و بافت آنها در آزمایشگاه مشخص شد و شامل بافت‌های لومی (L)، شنی — لومی (S.L)، شنی، رسی — لومی (S.C.L) و لومی — رسی (C.L) بود. نقشه رستری این شاخص نیز بعد از تعیین مقدار K با اجرای عملیات میان‌یابی به روش IDW تهیه شد. همان طور که در شکل شماره 3b دیده می‌شود، مقدار عددی این شاخص نیز از ۰.۱۴ تا ۰.۳۴ متغیر است که نواحی مرکزی و شرقی حوضه به دلیل بافت غالب لومی — که میزان فرسایش پذیری آن ۰/۳۴ است — بیشترین ارزش را دارد و کمترین مقدار این شاخص نیز مربوط به نواحی دارای بافت شنی لومی با ارزش ۰/۱۴ است.

شاخص عامل پوشش گیاهی (C) نیز با استفاده از شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) تهیه شد. همان طور که در نقشه این شاخص مشاهده می‌شود، مقدار ارزش عددی این شاخص از ۰ تا ۰.۵۷ متغیر است؛ به طوری که نواحی مرکزی حوضه مورد مطالعه نسبت به نواحی دارای پوشش مرتعی ضعیف و متوسط، کمترین ارزش عددی را دارد؛ در حالی که اراضی کشاورزی — که بیشتر در نواحی مرکزی و شمال غربی حوضه واقع است — نسبت به فرسایش آبی حساسیت بیشتری دارد (شکل 3c).



شکل ۳: نقشه پهنه‌بندی شاخص‌های عامل فرساینده‌گی (R)، فرسایش‌پذیری خاک (K)، شاخص NDVI و پوشش گیاهی (C) حوضه مورد مطالعه

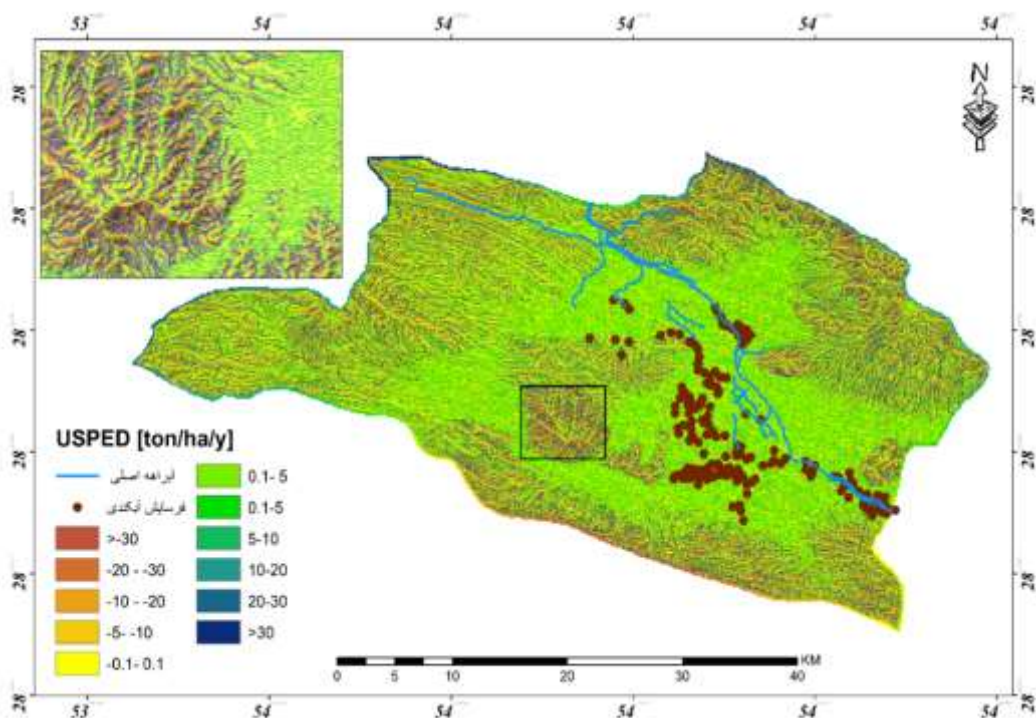
### نقشه نهایی میزان فرسایش - رسوب مدل USPED

نتایج نهایی حاصل از کاربرد مدل فرسایش - رسوب USPED در حوضه مورد مطالعه نشان داد که میزان فرسایش و رسوب از ۰.۱ تا بیش از سی تن در هکتار در سال متغیر است که مناطق فرسایش، با عدد منفی و مناطق رسوب‌گذاری، با عدد مثبت (بدون علامت) می‌باشد (شکل ۴). بنابراین، در این پژوهش منطقه مورد مطالعه از لحاظ فرسایش و رسوب به پنج کلاس خیلی کم (۰.۱ تا -۵)، کم (۵ تا -۱۰)، متوسط (۱۰ تا -۲۰)، زیاد (۲۰ تا -۳۰)، خیلی زیاد (بیش از ۳۰) فرسایشی و پنج کلاس خیلی کم (۰.۱ تا ۵)، کم (۵ تا ۱۰)، متوسط (۱۰ تا ۲۰)، زیاد (۲۰ تا ۳۰)، خیلی زیاد (بیش از ۳۰) رسوب‌گذاری و کلاس پایدار (۰.۱ تا ۰.۱) بر حسب تن در هکتار در سال تقسیم شد. با توجه به نقشه نهایی شکل ۴، حدود هیجده درصد از منطقه مورد مطالعه در کلاس‌های فرسایش و رسوب شدید و خیلی شدید

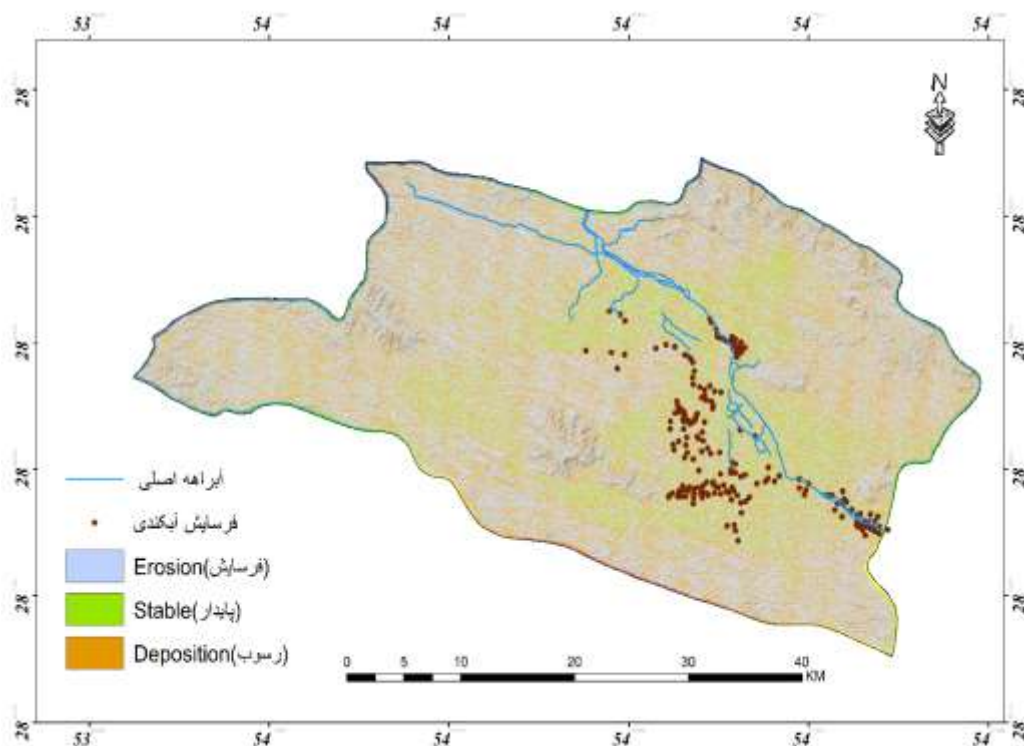
(بیش از بیست تن در هکتار در سال) قرار دارد و تنها ۷.۹ درصد از حوضه در محدوده کلاس پایدار (۰/۱ تا ۰/۱-) است. همچنین بر اساس جدول نتایج کلاس‌بندی مدل فرسایش و رسوب حوضه آبخیز خسویه، حدود ۳۹ درصد از محدوده مورد مطالعه در کلاس فرسایش کم و ناچیز بیشتر در نواحی مرکزی و کم شیب حوضه قرار دارد و مناطق کلاس رسوب‌گذاری کم و خیلی کم نیز حدود ۲۴ درصد از محدوده را شامل می‌شود که این مناطق بیشتر در کنار نواحی با فرسایش کم و مناطق کم با شیب بالاتر حوضه قرار دارد (جدول ۲). ذکر این امر لازم است که این بازه تغییرات، حاصل پوشش گیاهی، عوامل فیزیوگرافی و فعالیت‌های انسانی است. کمترین میزان فرسایش در مرکز حوضه است و بیشترین میزان آن نیز در نواحی پرشیب غربی و شمالی حوضه مورد مطالعه دیده می‌شود. بر اساس نقشه ۵، مناطق رسوب‌گذاری شده در کل حوضه مورد مطالعه حدود ۳۷.۸ درصد منطقه را دربرمی‌گیرد که بیشتر به صورت پراکنده در نواحی کم شیب حوضه و در قسمت شرق و جنوب شرق حوضه پراکنده می‌باشد؛ در حالی که مناطق فرسایشی در حوضه مورد مطالعه در نواحی پرشیب‌تر واقع است که حدود ۵۴ درصد محدوده مطالعاتی را دربرمی‌گیرد.

جدول ۲: کلاس‌های فرسایش و رسوب حوضه مورد مطالعه

درصد مساحت	مساحت (ha)	ton/ha/y میزان بر حسب	کلاس فرسایش / رسوب
6.95	949905	بیش از ۳۰-	کلاس فرسایش خیلی شدید
2.17	297745.7	۲۰- تا ۳۰-	کلاس فرسایش شدید
5.51	753896.4	۱۰- تا ۲۰-	کلاس فرسایش متوسط
23.43	3201818	۵- تا ۱۰-	کلاس فرسایش کم
16.02	2189280	۰.۱- تا ۵-	کلاس فرسایش خیلی کم
7.97	1089445	۰.۱- تا ۰.۱	کلاس پایدار
20.72	2831185	۵ تا ۰.۱	کلاس رسوب خیلی کم
4.40	601515.5	۱۰ تا ۵	کلاس رسوب کم
3.83	524087.1	۲۰ تا ۱۰	کلاس رسوب متوسط
1.85	253549.9	۳۰ تا ۲۰	کلاس رسوب شدید
7.09	969817.5	بیش از ۳۰	کلاس رسوب خیلی شدید



شکل ۴: نقشه پهنه‌بندی فرسایش - رسوب آبی حوضه آبخیز خسویه با استفاده از مدل USPED



شکل ۵: نقشه تفکیک مناطق فرسایش - رسوب آبی حوضه آبخیز خسویه با استفاده از مدل USPED

### مقایسه کلاس‌های فرسایش - رسوب با اشکال فرسایش آبی

فرسایش آبی، اشکال متنوعی در حوضه‌های آبخیز دارد. بسیاری از زیر حوضه‌های هیدروژئولوژیکی حوضه مند در جنوب ایران نیز دارای فرسایش غالب از نوع آبکندی (گالی)، شیاری و ورقه‌ای است. با توجه به بازدیدهای میدانی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث (GE)، تعدادی از نقاط این سه نوع فرسایش برداشت و با نتایج مدل اجرا شده مقایسه شد. در حوضه مورد مطالعه، شکل‌های غالب فرسایشی در مناطق کم شیب حوضه از نوع فرسایش خندقی بود و اشکال فرسایش شیاری در نواحی پرشیب و مرتفع حوضه مشاهده شد. فرسایش ورقه‌ای نیز با توجه به بازدیدهای میدانی به صورت گسترده در بیشتر نواحی حوضه وجود داشت. بنابراین، همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، این مدل می‌تواند میزان فرسایش و رسوب را در مناطق با فرسایش آبکندی — که بیشتر در نواحی کم شیب و ارتفاعی جنوب شرقی حوضه واقع شده‌است — کم و ناچیز نشان دهد، در حالی که این مناطق به دلیل حجم بالای رسوب می‌توانند در کلاس‌های شدید خطر فرسایشی قرار گیرند؛ به بیان دیگر، می‌توان گفت این مدل، برآورد کمتری از میزان واقعی رسوب را برای مناطق آبکندی نشان می‌دهد؛ در حالی که برای مناطق دارای فرسایش شیاری، بیم شیاری و ورقه‌ای، توانایی بالاتری دارد.

### ۵- بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه به ارزیابی میزان فرسایش و رسوب خاک با مدل USPED در حوضه آبخیز خسویه، از زیر حوضه‌های حوضه مند در استان فارس، پرداخته شد. نتایج این پژوهش نشان داد که قسمت‌های مرکزی و کم شیب حوضه (شیب کمتر از پنج درصد) بیشتر به کلاس‌های شدت کم رسوب‌گذاری (کمتر از ده تن در هکتار) تعلق دارد که بیشتر به دلیل کم شیب بودن و کاهش سرعت رواناب می‌تواند رسوبات حمل شده از نواحی پرشیب و مرتفع را در این نواحی رسوب‌گذاری شود. در بعضی از قسمت‌های پر شیب (بیش از بیست درصد) حوضه مورد مطالعه — که بیشتر در نواحی مرزی این حوضه واقع شده و از سازندهای آهکی و دولومیتی سخت تشکیل شده‌است — نیز بستری مناسب برای فعالیت فرسایش شیاری ایجاد می‌شود؛ به طوری که قسمت‌های زیادی از سازندهای سخت را به شدت فرسایش داده‌است. با توجه به تأثیر عامل توپوگرافی و بالا بودن فرسایش در نواحی مرتفع و پرشیب حوضه مورد مطالعه، نتایج این پژوهش با نتایج مطالعه سایر محققان — که بر تأثیر عامل فیزیوگرافی بر شدت فرسایش تأکید داشته‌اند — مطابقت دارد (Zakerinejad and Maerker 2015 & Lesschen et al, 2007 & Abathun Mengie et al, 2022). همچنین در حوضه مورد مطالعه، نواحی دارای فرسایش آبکندی بیشتر در رسوبات آبرفتی کوارترنری در قسمت‌های کم شیب حوضه واقع است که این امر به دلیل افزایش جریان‌های تجمعی و بالا بودن قدرت فرسایش آبراه می‌باشد (Zakerinejad et al, 2021 & Han et al, 2022 & Shit et al, 2015). یکی از ضعف‌های این مدل این است که تنها به مدل‌سازی فرسایش سطحی حاصل از کنده شدن توسط رواناب و قطرات باران می‌پردازد و فرسایش خندقی — که غالباً اگر چه کمتر از پنج درصد حوضه‌های آبخیز را دربرمی‌گیرد، بیش از هشتاد درصد رسوبات را شامل می‌شود — در نظر گرفته نمی‌شود. بنابراین در مناطقی که این نوع فرسایش آبی غالب است، مناسب نمی‌باشد؛ زیرا میزان

برآورد کمتری از شدت تخریب خاک در نواحی خندقی نشان می‌دهد (Kheir et al, 2007 & Ganasri and Ramesh, ). بنابراین، در بررسی اشکال فرسایش آبی حوضه و انتخاب مدل تجربی باید به این امر توجه کرد که هر چند در مطالعات اندکی به تلفیق این روش با بعضی از شاخص‌های فرساینده آبراهه برای برآورد دقیق‌تر میزان فرسایش آبی پرداخته شده‌است؛ به طور خلاصه می‌توان گفت استفاده از مدل تجربی USPED و داده‌های سنجش از دور برای تهیه شاخص‌های توپوگرافی و پوشش گیاهی، می‌تواند برآوردی از میزان فرسایش و رسوب در حوضه‌های آبخیزی که فاقد ایستگاه‌های هیدرومتری است، مناسب باشد. همان‌طور که ذکر شد، از محدودیت این مدل، فقدان تخمین صحیح در نواحی دارای اشکال فرسایش خندقی است که پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی به ترکیب شاخص‌های همانند SPI و تلفیق آن با این مدل و مقایسه آن با سایر مدل‌های تجربی پرداخته شود.

با توجه به اهمیت مسأله پهنه‌بندی فرسایش و برآورد رسوب در حوضه آبخیز خسویه به دلیل بیابان‌زایی و تخریب اراضی که به کاهش حاصلخیزی خاک، از بین رفتن درآمد غالب ساکنان این منطقه و مهاجرت بسیاری از آنها منجر می‌شود، اجرای این مدل فرسایشی می‌تواند به شناسایی مکان‌هایی که تحت تأثیر فرسایش است؛ به خصوص نواحی صعب‌العبور کمک کند و با شناسایی این مکان‌ها، مدیریت لازم برای کنترل و کاهش فرسایش خاک اجرا شود. اجرای این مدل با استفاده از داده‌های سنجش از دور در حوضه‌هایی که فاقد آمار ارزیابی میزان فرسایش و رسوب است، می‌تواند گام مؤثری در برنامه‌ریزی و مدیریت مناطق حساس فرسایشی و اجرای عملیات حفاظت خاک و آبخیزداری باشد.

#### منابع

1. Aiello, A.; Adamo, M.; & F. Canora, 2014. Modelling Spatially-Distributed Soil Erosion through Remotely-Sensed Data and GIS, International Conference on Computational Science and Its Applications. ICCSA 2014, pp. 372-385.
2. Angima, S. D.; Scott, D. E.; O' Neill, M. K.; Ong, C. K.; & G. A. Weesies, 2003. Soil erosion prediction using RUSLE for central Kenyan highland condition. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 97, 295-308. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00011-2](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00011-2)
3. Arekhi S., & Y. Niazi., (2010). Investigating application of GIS and RS to estimate Soil Erosion and Sediment Yield Using RUSLE (Case study: Upper part of Ilam Dam Watershed, Iran). *Soil and water conservation Journal*. 7(2), 1-26 (In Persian).
4. Bayramin, I.; Basaran, M.; Erpul, M.; Gunay, M.; & M. Canga, 2007. Assessing the effect of land use change on soil sensitivity to erosion in a highland ecosystem of semi-arid Turkey, *Environ Monit Assess*, 891-896. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9864-2>
5. Borrelli, P.; Robinson, D. A.; Panagos, P.; Lugato, E.; Yang, J. E.; Alewell, C.; & et al, 2020. Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070), *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(36), 21994-22001. <https://doi.org/10.1073/pnas.2001403117>.
6. Cerdà, A.; Rodrigo-Comino, J.; Yakupoğlu, T.; Dindaroğlu, T.; Terol, E.; Mora-Navarro, G.; & et al, 2020. Tillage versus no-tillage. Soil properties and hydrology in an organic persimmon farm in Eastern Iberian Peninsula, *Water*, 12(6), 1539. <https://doi.org/10.3390/w12061539>.

7. Erfanian, M.; Ghahremani, P.; & H. Saadat, 2013. Preparation of the risk map of soil erosion using fuzzy logic in the watershed of Ghornaveh Golestan, Iran, Seventh year, 23, 43-52. (in Persian).
8. Gitas, L. Z.; Douros, K.; Minakou, C.; Silleos, G. N. & C. G. Karydas, 2009. Multi-temporal soil erosion risk assessment in N. Chalkidiki using a modified USLE raster model, EARSesl proceedings 8.
9. Grove, A. T., & O. Rackham., (2001). The nature of Mediterranean Europe: an ecological history. Yale University Press. New Haven.
10. Ganasri, B. P., & H. Ramesh., (2015). Assessment of soil erosion by RUSLE model sensing and GIS- a case study of nethravathi basin. *Geoscience frontiers*. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2015.10.007>.
11. Hadley, R. F.; Lal, R.; Onstad, C. A.; Walling, D. E.; & A. Yair, 1985. Recent Developments in Erosion and Sediment Yield Studies, *Technical Documents in Hydrology*, UNESCO, Paris.
12. Jeongho, Han.; A. Jorge.; Guzman, M.; & L. Chu, 2022. Gully erosion susceptibility considering spatiotemporal environmental variables: Midwest U.S. region, *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 43. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2022.101196>
13. Kheir, R.; Wilson, J.; & Y. Deng, 2007. Use of terrain variables for mapping gully erosion susceptibility in Lebanon, *Earth Surface Processes and Landforms*, 32, 1770-1782. <https://doi.org/doi.org/10.1002/esp.1501>.
14. Keesstra, S.; Mol, G.; De Leeuw, J.; Okx, J.; Molenaar, C.; De Cleen, M.; & S. Visser, 2018. Soil-related sustainable development goals: Four concepts to make land degradation neutrality and restoration work, *Land*, 7(4), 133. [https://doi.org/10.3390/land7\\_040133](https://doi.org/10.3390/land7_040133).
15. Kinnell, P. I. A., 2000. AGNPS-UM: applying the USLE-within the agricultural non-point source pollution model, *Environmental Modelling and Software*, 15(3), 331-341. [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(00\)00002-5](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(00)00002-5).
16. Lin, C.; Lin, W.; & W. Chou, 2002. Soil erosion prediction and sediment yield estimation: The Taiwan experience, *Soil and Tillage Research*. [https://doi.org/doi.org/10.1016/S0167-1987\(02\)00114-9](https://doi.org/doi.org/10.1016/S0167-1987(02)00114-9).
17. Liu, G.; Zheng, F.; Jia, L.; Jia, Y.; Chang, X.; Zhang Hu, F.; & J. Zhang, 2019. Interactive effects of raindrop impact and groundwater seepage on soil erosion, *Journal of Hydrology*, 578.
18. Lesschen, J. P.; Kok, K.; Verburg, P. H.; & L. H. Cammeraat, 2007. Identification of vulnerable areas for gully erosion under different scenarios of land abandonment in Southeast Spain, *Catena*, 71,110-121. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2006.05.014>.
19. Leh, M.; Bajwa, S.; & I. Chaubey, 2011. Impact of land use change on erosion risk: an integrated remote sensing, geographic information system and modeling methodology, *Land Degrad Dev*, 24, 409-421. <https://doi.org/10.1002/ldr.1137>.
20. Morgan, R. P. C., 1995. Oil erosion & conservation John Willy & Son, New York.
21. Mitas, L., & H. Mitasova., (1998). Distributed soil erosion simulation for effective erosion prevention. *Water Resour Res*. 34, 505-516.
22. Mitasova, H.; Hofierka, J.; Zlocha, M.; & L. R. Iverson, 1996. Modelling topographic potential for erosion and deposition using GIS, *Int J Geogr Inf Syst*, 10, 629-641.
23. Mitasova, H., & L. Mitas., (2001). Multiscale soil erosion simulations for landuse management. In: Harmon R, Doe W (eds) Landscape erosion and landscape evolution modeling. Kluwer Academic/Plenum Publishers, Dordrecht, 321-347. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0575-4\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0575-4_11).
24. Masoudi, M., & R. Zakerinejad., (2011). A new model for assessment of erosion using desertification model of IMDPA in Mazayjan plain, Fars province, Iran. *Ecol Environ Conserv*. 17(3), 489-594.

25. Mengie, M. A.; Hagos, Y. G.; D. A. Malede.; & et al, 2022. Assessment of soil loss rate using GIS–RUSLE interface in Tashat Watershed, Northwestern Ethiopia, *J. Sediment. Environ*, 7, 617-631. <https://doi.org/10.1007/s43217-022-00112-8>.
26. Mohammadi, S.; Karimzadeh, H.; & K. habashi, 2018. Assessment Soil Erosion and Deposition in the Menderjan Watershed Using USPED and RUSLE Models in the Environment of Geographical Information System (GIS) , *DEEJ*, 6(17), 43-56.
27. Nyssen, J.; Poesen, J.; Moeyersons, J.; Deckers, J.; Mitiku, H.; & A. Lang, 2004. Human Impact on the environment in the Ethiopian and Eritrean highlands- a State of the Art, *Earth Science Reviews*, 64 (3-4), 273-320. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(03\)00078-3](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(03)00078-3).
28. Nohegar A., & M. Kazemi., (2013). Assessment Water Erosion Using ICONA Model (case study: Tang Bostanak Basin). *Journal of Geographical Research*. 28(4), 1-14.
29. Salavati, B.; Sadeghi, S. H. R.; & A. R. Telvar, 2010. Runoff Generation Modeling for Kurdistan Province Watersheds by using Physiographic and Climatic Variables, *Journal of Water and Soil*, 24(1), 84-96. (in Persian).
30. Shit, P. K.; Paira, R.; Bhunia, G.; & et al, 2015. Modeling of potential gully erosion hazard using geo-spatial technology at Garbheta block, West Bengal in India. Model, *Earth Syst. Environ*, <https://doi.org/10.1007/s40808-015-0001-x>
31. Tóth G.; Hermann T.; da Silva M. R.; & L. Montanarella, 2018. Monitoring soil for sustainable development and land degradation neutrality, *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(2), 1-4. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6415-3>.
32. Renard, K. G., & J. R. Freimund., (1994). Using monthly precipitation data to estimate the R factor in the revised USLE. *J. Hydrol.* 157, 287-306.
33. Valentin, C. J.; Poesen, J.; & Li. Yong, 2005. Gully erosion: Impacts, factors and control, *Catena*, 63, 132-153. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2005.06.001>
34. Wischmeier, W. H., & D. D. Smith., (1978). Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. *Agriculture Handbook*. US Department of Agriculture. Washington DC. 537, 13-27.
35. Yao, C.; Lei, T.; Elliot, W. J.; McCool, D. K.; Zhao, J.; & S. Chen, 2008. Critical conditions for rill initiation, *Transactions of the ASABE*, 5(1), 107-114. <https://doi.org/10.13031/2013.24231>
36. Zakerinejad, R., & M. Märker., (2014). Prediction of Gully erosion susceptibilities using detailed terrain analysis and maximum entropy modeling: a case study in the Mazayejan Plain, Southwest Iran, *Geogr Fis Din Quat*, 37(1), 67-76.
37. Zakerinejad, R., & M. Maerker., (2015). An integrated assessment of soil erosion dynamics with special emphasis on gully erosion in the Mazayjan basin, southwestern Iran. *Nat. Hazards*. 79(1), 25-50. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1700-3>
38. Zakerinejad, R.; Christian, S.; Volker, H.; & M. Michael, 2021. Spatial Distribution Of Water Erosion Using Stochastic Modeling In The Southern Isfahan Province, Iran, *Geogr FIS DIN QUAT*, 44(2), 203-216. (In Persian).
39. Zakerinejad, R., & P. Alvandi., (2023). Prediction of Gully Erosion Using TanDEM-X data and Maximum Entropy Model (A case study: Khasoyeh watershed, in Southeast of Fars Province). *Quarterly journal of Environmental Erosion Research*. 48(13:1).



# Evaluating the Rate of Soil Erosion and Sedimentation of the Khasoyeh Watershed Using the USPED Model and GIS and its Comparison to Water Erosion Types

Reza Zakerinejad<sup>1</sup> Assistant Professor, Department of Physical Geography, Faculty of Geographical and Planning, University of Isfahan, Isfahan

Received: 2023/02/2

Accepted: 2023/07/29



## Extended abstract

### 1- Introduction

Soil erosion is one of the main factors of land degradation and desertification in large areas of the earth's surface, which is the result of the interaction of human and natural factors causing the destruction of natural ecosystems such as rangeland, forests, and agricultural ecosystems. Factors such as topographical settings, land use and land cover change, intensity of rainfall, soil properties, and wind can also be accelerated by human activities of intensive agriculture, deforestation, and tillage on steep slopes. Many models have been suggested for estimating water erosion such as USLE, RUSLE, WEPP, and EPM. According to previous studies, the global model of soil erosion has been used in the zoning of areas with high erosion risk, but very few studies have used the USPED model, which unlike the RUSLE model that only identifies the erosion areas, this model identifies also the amount of sediment. In a study conducted by Zakerinejad and Maerker, 2015, they assessed and zoned water erosion in the Mezayjan watershed in Fars province by combining the USPED model and the Stream Power Index (SPI). The results indicated the high capability of the proposed model. It is also used to identify high erosion risk areas. The Khasoyeh watershed is one of the sub-watersheds located in the south of the country and in the territory of Fars province, which is affected by the severe types of water erosion leading to the loss of surface fertile soil, filling of reservoirs of dams and the reduction of water quality. Therefore, planners can consider the preparation of the potential map of the rate of erosion and sedimentation in the identification of susceptible areas in order to prioritize the implementation of soil protection and watershed management operations.

### 2- Materials and Methods

The parameters of the USPED model were estimated using different data sources by ArcGIS 10.8. The rainfall erosivity factor (R value) was estimated from the annual rainfall data of six meteorological stations located throughout the study area. The soil erodibility factor (K value) was derived from the soil samples collected from our study area. The topographic factor was calculated by analyzing a digital elevation model (DEM) with a spatial resolution of 12 m from TanDEM-X. The crop factor (C) was derived from Sentinel-2 satellite images and conservation practice factor (P) was considered 1 because of no special soil practice in the study area. Since the spatial resolution of the applied factor maps is different, it requires resampling of the factor maps. So, in this study, the nearest neighbor re-sample sub-tool of the data management toolbox in the ArcGIS platform was used.

<sup>1</sup> Responsible author: [r.zakerinejad@geo.ui.ac.ir](mailto:r.zakerinejad@geo.ui.ac.ir)

### 3- Results and Discussion

The study used the GIS–USPED interface model for analyzing the spatial distribution of water erosion in Khasoue watershed in Fars province. Also, according to the classification result tables of the erosion and sedimentation model of the Khosoye watershed, about 39% of the studied area is in the low and insignificant erosion class, which is mostly in the central and low slope areas of the basin, and about 24% corresponds to the low and very low sedimentation class. It is possible that these areas are better next to areas with low erosion and low areas with a higher slope of the basin (Table 2). It should be noted that this interval is due to the change of vegetation and physiographic factors and human activities. The lowest rate of erosion is in the center of the basin, and the highest rate of erosion is in the western and northern steep areas of the studied basin. The final results obtained from the application of the USPED erosion-sedimentation model in the studied basin showed that the amount of erosion and sedimentation varies from 0.1 to more than 30 tons per hectare per year, that signify erosion areas with a negative number and sedimentation areas with a positive number (without sign) area.

### 4- Conclusion

Among the several fundamental approaches for calculating soil erosion rate, the USPED model is a critical tool for conducting improved conservation planning. The implementation of this erosion model can help to identify the places that are affected by erosion, especially the inaccessible areas, and by identifying these places, the necessary management can be applied to control and reduce soil erosion in these areas.

**Keywords:** Soil erosion, GIS, USPED model