

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هفتم، شماره ۱۵، بهار ۱۳۹۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۹/۱۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۱۶

صفحات: ۱۷۸ - ۱۶۱

ارزیابی خطر فرسایش خاک در دشت کوهپایه - سگری با استفاده از مدل تجدید نظر شده جهانی فرسایش خاک (RUSLE)

خلیل حبشی^۱، شاهین محمدی^۲، حمیدرضا کریمزاده^{۳*}، سعید پورمنافی^۴

چکیده

فرسایش خاک یکی از مهم‌ترین مسائل و مشکلات زیست محیطی است که امروزه با آن مواجه هستیم. بهره‌برداری‌های روز افزون و عدم مدیریت صحیح انسان بر محیط طبیعی تأثیر زیادی بر تشدید روند تخریب خاک و فرسایش دارد. در این تحقیق با تحلیل پارامترهای مؤثر، وضعیت فرسایش و تولید رسوب در دشت کوهپایه - سگری با مساحت ۱۳۶ هزار هکتار با استفاده از مدل تجدید نظر شده جهانی فرسایش خاک (RUSLE) مورد مطالعه قرار گرفت. داده‌ها و ابزارهای به‌کار رفته در تحقیق شامل داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی، اطلاعات ۲۱ نمونه خاک، مدل رقومی ارتفاع (DEM)، تصویر ماهواره‌ای سنجنده OLI، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور (RS) می‌باشد. با بررسی عوامل مؤثر در مدل RUSLE، که شامل فاکتور فرسایش باران، فاکتور فرسایش پذیری خاک، فاکتور توپوگرافی، فاکتور پوشش گیاهی و فاکتور عملیات حفاظتی می‌باشد، میزان فرسایش منطقه مورد مطالعه برآورد شد. براساس نتایج به‌دست آمده میزان فرسایش سالانه خاک در کل منطقه مورد مطالعه صفر تا ۹۵ تن در هکتار در سال برآورد شد. نتایج این تحقیق نشان داد فاکتور توپوگرافی با بالاترین مقدار ضریب تبیین ($R^2=0/9$) بیشترین تأثیر را در برآورد فرسایش سالانه خاک توسط مدل RUSLE داشته است. این تحقیق، مؤثر بودن فناوری‌های نوین سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور را برای تخمین کمی مقادیر فرسایش خاک تأیید می‌کند.

واژگان کلیدی: فرسایش خاک، RUSLE، توپوگرافی، سیستم اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور.

kh.habashi@yahoo.com

shahin_mohammadi70@yahoo.com

hr_karimzadeh@yahoo.com

spmanafi@yahoo.com

^۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه بیابانزدایی، دانشگاه صنعتی اصفهان

^۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه آبخیزداری، دانشگاه صنعتی اصفهان

^۳- استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه صنعتی اصفهان (نویسنده مسئول)

^۴- استادیار، گروه محیط زیست، دانشگاه صنعتی اصفهان

مقدمه

امروزه پدیده فرسایش (اعم از آبی و بادی) به عنوان یکی از اصلی‌ترین فرآیندهای تخریب اراضی در مناطق مختلف دنیا از جمله ایران به شمار می‌آید (احمدی، ۱۳۸۷). فرسایش خاک تأثیرات محیطی و ضررهای اقتصادی بسیار زیادی بر محصولات کشاورزی و ظرفیت مخازن سدها می‌گذارد و این موضوع مستقیم و غیر مستقیم بر کیفیت و آلودگی آب اثر می‌گذارد (پارک و همکاران، ۲۰۱۱؛ پیمنتال^۱ و همکاران، ۱۹۹۵). فرسایش خاک فرآیندی است که در طی آن خاک از بستر اصلی خود جدا شده و به کمک یک عامل انتقال دهنده به مکان دیگری حمل می‌شود (پارلاک و همکاران، ۲۰۰۷). فرسایش، نتیجه و حاصل اثر متقابل مجموعه‌ای از عوامل طبیعی و انسانی است که بر حسب شرایط خاص منطقه، یک یا چند عامل به عنوان عوامل اصلی و تعیین کننده عمل می‌نمایند (نوحه-گر و کاظمی، ۱۳۹۲)؛ از عوامل طبیعی فرسایش خاک می‌توان به اقلیم، پستی و بلندی، نوع خاک و پوشش گیاهی اشاره کرد (لافلن و روس^۲، ۱۹۹۸). عوامل انسانی نیز شامل روش‌های نامناسب کشاورزی، تغییر کاربری‌های زمین به‌ویژه تبدیل جنگل‌ها به زمین‌های کشاورزی و توسعه ساخت شهرها می‌شوند، (مونتوگومتری^۳ ۲۰۰۷). این عوامل سبب تبدیل فرسایش خاک به یک مسئله بزرگ زیست محیطی شده‌اند و از مهم‌ترین موانع جهت دستیابی به توسعه پایدار کشاورزی و منابع طبیعی به‌شمار می‌آیند (عرفانیان و همکاران، ۱۳۹۲). مدل‌های زیادی جهت برآورد فرسایش خاک و توسعه طرح‌های مدیریتی فرسایش خاک ارائه شده‌اند که از مهم‌ترین این مدل‌ها می‌توان به معادله جهانی فرسایش خاک (USLE)^۴، پروژه پیش‌بینی فرسایش آبی (WEPP)^۵، ابزار ارزیابی خاک و آب (SWAT)^۶ و مدل اروپایی فرسایش خاک (EUROSEM)^۷ اشاره نمود (یو و روسول^۸، ۱۹۹۶؛ فلانگان و نرینگ^۹، ۱۹۹۵؛ آرنولد و همکاران، ۱۹۹۸؛ مورگان و همکاران، ۱۹۹۸). در طی ۴۰ سال اخیر، مدل USLE به دلیل داشتن محاسبات ساده، پرکاربردترین روش تخمین پتانسیل فرسایش خاک و برآورد تأثیرات عملیات مدیریتی مختلف بر آن بوده است (کینل، ۲۰۰۰)، و به دنبال آن، نسخه جدید مدل USLE با نام معادله جهانی تجدید نظر شده هدر رفت خاک (RUSLE)^{۱۰} توسعه یافته که برآوردهای دقیق‌تری از فاکتورهای P، C، K، R و فرسایش خاک انجام می‌دهد (رنارد و همکاران، ۱۹۹۱؛ وان رمورتال^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۴). این مدل برای ارزیابی فرسایش خاک در حوزه‌های وسیع و کاربری‌های مختلف، از قبیل جنگل‌ها، مراتع و دیگر نواحی به‌کار می‌رود (ترانووا و همکاران^{۱۲}، ۲۰۰۹).

-
- 1- Pimentel
 - 2- Lafflen & Roose
 - 3- Montgomery
 - 4- Universal Soil Loss Equation
 - 5- Water Erosion Prediction Project
 - 6- Soil and Water Assessment Tool
 - 7- European Soil Erosion Model
 - 8- Yu & Rosewell
 - 9- Flanagan & Nearing
 - 10- Revised Universal Soil Loss Equation
 - 11- Van Remortel
 - 12- Terranova

مطالعات بر روی فرسایش خاک با استفاده از داده‌های دارای هویت مکانی می‌تواند درک صحیحی از پدیده فرسایش خاک ایجاد کند (آلاتوره^۱ و همکاران، ۲۰۱۲). وجود داده‌های کمی و اطلاعات مکانی می‌تواند باعث بهینه‌شدن مدیریت حفاظت خاک و کنترل فرسایش در مناطق مختلف گردد (پراساناکومار^۲ و همکاران، ۲۰۱۱). به دلیل اینکه سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور امکان تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی را فراهم می‌آورند، مدل‌های USLE و RUSLE، با سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS^۳) و سنجش از دور (RS^۴) تلفیق شده‌اند (لوفافا^۵ و همکاران، ۲۰۰۳؛ اوپانگ و بارتولیک^۶، ۲۰۰۱). محققان زیادی با تلفیق مدل‌های ارزیابی فرسایش و رسوب، GIS و RS به ارزیابی و پهنه‌بندی خطر فرسایش خاک پرداخته‌اند. وانگ^۷ و همکاران (۲۰۰۶) جهت تخمین فرسایش از داده‌های زمینی، تصاویر ماهواره‌ای لندست و مدل رقومی ارتفاع استفاده نموده‌اند. براساس یافته‌های این محققان این روش‌ها به‌طور قابل توجهی نتایج بهتری نسبت به روش‌های سنتی دارند. هویوس^۸ (۲۰۰۵) مدل‌سازی مکانی پتانسیل فرسایش خاک در حوزه‌های آبخیز واقع در کشور کلمبیا را با استفاده از مدل RUSLE به‌صورت کمی و کیفی انجام داد. نتایج وی نشان داد که همبستگی بین میزان فرسایش خاک و حاصل مقدار پوشش گیاهی بیشتر از ارتباط آن با عوامل دیگر مانند پستی و بلندی و فرساینده‌گی باران می‌باشد. دمیرسی و کارابرون^۹ (۲۰۱۲) فرسایش خاک حوزه آبخیز دریاچه بویوچک‌مس^{۱۰} در شمال غرب ترکیه را با استفاده از مدل RUSLE برآورد کردند، براساس نتایج به‌دست آمده بیان کردند که نزدیک به ۵۰ درصد حوزه آبخیز نیاز به اقدامات حفاظتی جهت کاهش خطر فرسایش خاک دارد. گاناسری و رامش^{۱۱} (۲۰۱۵) فرسایش خاک حوزه نزاوازی^{۱۲} هند را با استفاده از مدل RUSLE به‌دست آوردند، براساس نتایج آنها مقدار فرسایش سالانه خاک ۴۷۳/۳۳۹ تن در سال برآورد شد که به مقدار رسوب اندازه‌گیری شده (۴۴۱/۸۷۰ تن در سال) نزدیک می‌باشد. آرخی و همکاران (۱۳۸۹) تحقیقی به منظور تخمین فرسایش خاک و بار رسوب در حوزه آبخیز بالا دست سد ایلام با استفاده از مدل RUSLE انجام دادند، براساس نتایج به‌دست آمده میانگین بار رسوب سالیانه در حوزه مورد مطالعه ۱۴/۷۵ تن در سال در هکتار برآورد شد که نزدیک به مقدار به‌دست آمده از ایستگاه رسوب سنجی سد ایلام (۱۶/۵۸ تن در هکتار در سال) بود. همچنین براساس نتایج به‌دست آمده، فاکتور LS با ضریب همبستگی ۰/۷۷ بیشترین تاثیر را در برآورد فرسایش سالانه خاک توسط مدل RUSLE داشته است. رضایی و همکاران (۱۳۹۳) فرسایش خاک حوزه آبخیز گابریک جنوب خاوری

-
- 1- Alatorre
 - 2- Prasannakumar
 - 3- Geographic Information System
 - 4- Remote Sensing
 - 5- Lufafa
 - 6- Ouyang & Bartholic
 - 7- Wang
 - 8- Hoyos
 - 9- Demirci & Karaburun
 - 10- Buyukcekmece
 - 11- Ganasri & Ramesh
 - 12- Nethravathi

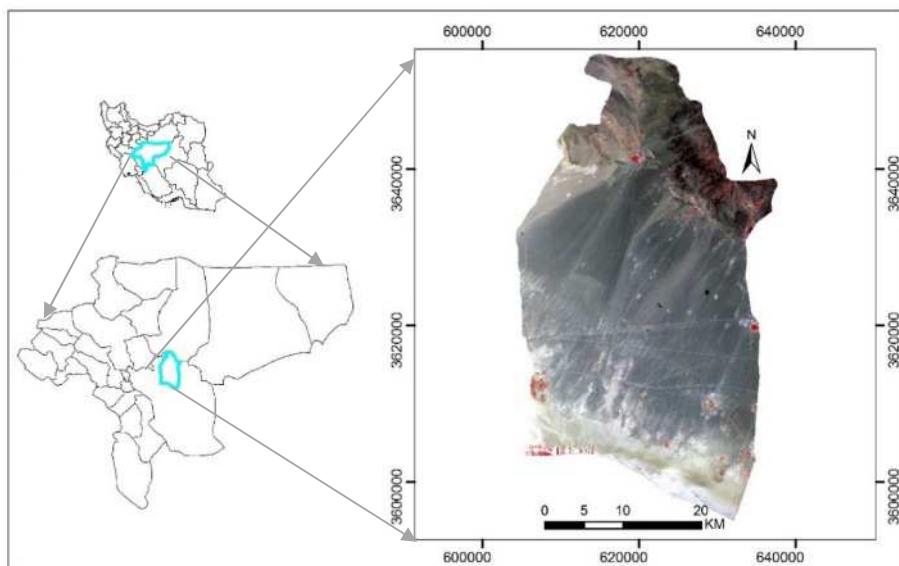
استان هرمزگان را با استفاده مدل RUSLE و فن‌آوری‌های GIS و RS برآورد نمودند، نتایج این تحقیق مؤثر بودن فناوری‌های نوین GIS و RS را برای تخمین مقادیر کمی فرسایش خاک تأیید می‌کند. کمانگر و همکاران (۱۳۹۴) به‌منظور واسنجی مدل RUSLE در حوزه آبخیز سیخوران از GIS و RS استفاده نمودند. براساس نتایج به‌دست آمده بیشترین فرسایش متوسط سالیانه در حوزه مورد مطالعه مربوط به مناطق جنوبی است. نتایج این تحقیق با یکی از ایستگاه‌های رسوب‌سنجی موجود در حوزه تطبیق داده شد که با همبستگی ۸۲/۷ مؤثر بودن استفاده از GIS و RS را جهت تخمین کمی مقادیر فرسایش خاک اثبات نمود.

هدف این پژوهش ارزیابی فرسایش خاک در دشت کوهپایه - سگری با استفاده از مدل RUSLE، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور (RS) و همچنین شناسایی مهمترین فاکتور این مدل در هدر رفت خاک می‌باشد.

داده‌ها و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه قسمتی از واحد هیدرولوژیکی کوهپایه - سگری می‌باشد که از جهت غرب به مزرعه شور و دشت سگری، از جهت شرق به شهرهای هرد و کوهپایه، از جهت شمال به ارتفاعات کوه‌های شاهان و مارشنان و از جنوب به رودخانه زاینده رود محدود می‌شود. این منطقه با وسعت ۱۳۶ هزار هکتار بخش کوچکی از منطقه وسیع ایران مرکزی متعلق به زون سنندج - سیرجان می‌باشد که بین ۶' ۵۲° تا ۲۷' ۵۲° طول شرقی و ۲۹' ۳۲° تا ۳' ۳۳° عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه از سه تیپ کوهستان، دشت‌سر و پلایا تشکیل شده و شبکه آبراهه در این منطقه از نوع موازی می‌باشد و همه آبراهه‌های فصلی سرانجام به رودخانه زاینده رود منتهی می‌شوند. طول بزرگ‌ترین آبراهه ۶۰ کیلومتر، بلندترین نقطه ارتفاعی در کوه مارشنان با ارتفاع ۳۳۲۷ متر و کمترین نقطه ارتفاعی در جنوب شرقی منطقه با ارتفاع ۱۴۶۸ متر از سطح آب‌های آزاد می‌باشد. منطقه مورد مطالعه از نظر دانه‌بندی محدوده انتهایی یک سیکل فرسایشی داشته بدین معنی که رسوبات درشت، قلوه سنگ‌ها و ماسه سنگ‌ها در بالا دست و در انتها رس‌ها، رسوبات شیمیایی و تبخیری ترسیب نموده‌اند. در قسمت‌های جنوبی منطقه مورد مطالعه رخساره‌ها متأثر از رسوبات آبرفتی است که از ارتفاعات قسمت‌های شمالی منطقه در اثر تخریب و همراه با هرزآب و سیلاب‌های فصلی رسوب نموده‌اند. بر اساس آمار هواشناسی میانگین بارندگی و درجه حرارت سالیانه در منطقه به ترتیب ۱۰۵/۵ میلی‌متر و ۱۵/۷ درجه سلسیوس می‌باشد. اقلیم منطقه نیز براساس طبقه‌بندی دومارتن در طبقه خشک قرار می‌گیرد (حبشی، ۱۳۹۴).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

ارزیابی فرسایش خاک

در این تحقیق برای برآورد میانگین سالانه فرسایش خاک از مدل RUSLE استفاده شد. مدل RUSLE تابعی از ۵ فاکتور ورودی شامل فرسایندها (R)، فرسایش پذیری خاک (K)، طول و درجه شیب (LS)، مدیریت پوشش گیاهی (C) و عملیات حفاظتی (P) است. حساسیت خاک به فرسایش تابعی از خصوصیات خاک است و تغییر خصوصیات خاک با کاربری اراضی و توپوگرافی در ارتباط است (پرادهان^۱ و همکاران، ۲۰۱۲). فرسایش خاک در منطقه مورد مطالعه براساس مدل RUSLE با استفاده از رابطه در محیط ArcGIS ۱۰ محاسبه شد (ویشمایر و اسمیت^۲، ۱۹۷۸).

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (1)$$

در این رابطه A میانگین فرسایش خاک در واحد سطح (تن در هکتار در سال)، R فاکتور فرسایندها (MJ mm⁻¹ ha⁻¹ h⁻¹)، K فاکتور فرسایش پذیری خاک (t ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹)، L فاکتور طول شیب، S فاکتور درجه شیب، C فاکتور پوشش گیاهی، P فاکتور عملیات حفاظتی می باشد. فاکتورهای LS، C و P بدون واحد می باشند.

فاکتور فرسایندها (R)

1- Pradhan

2- Wischmeier & Smith

مفهوم عبارت فرساینده‌گی باران توسط ویشمایر و اسمیت به منظور لحاظ تأثیر اقلیم بر فرسایش خاک ارائه شد. پتانسیل باران در ایجاد فرسایش، فرساینده‌گی باران خوانده می‌شود که تابعی از خصوصیات فیزیکی بارندگی است و با انرژی مستقیم باران، انرژی جنبشی بارندگی و حداکثر شدت بارندگی ۳۰ دقیقه‌ای در ارتباط است (ویشمایر و اسمیت، ۱۹۷۸). در منطقه مورد مطالعه ایستگاه‌های مجهز به باران‌نگار به اندازه کافی وجود ندارد، در صورت عدم وجود چنین ایستگاه‌هایی، معمولاً از شاخص‌های مبتنی بر مقادیر بارش‌های سالانه و ماهانه مثل شاخص فورنیه در مدل‌های USLE و RUSLE استفاده می‌شود (فرو و همکاران^۱، ۱۹۹۱؛ رنارد و فریموند^۲، ۱۹۹۴؛ یو و روسول، ۱۹۹۶). بنابراین شاخص اصلاح شده فورنیه براساس رابطه ۲ برای تمامی ایستگاه‌ها محاسبه، سپس با جاگذاری این شاخص در رابطه ۳ و ۴ که برای مناطق فاقد داده‌های تفصیلی شدت بارندگی پیشنهاد شده است (رنارد و فریموند، ۱۹۹۴)؛ مقدار فاکتور R برای ایستگاه‌های هواشناسی (شکل ۲) برآورد گردید. سپس روش دورن‌یابی Spline به منظور تعمیم داده‌های بارش نقطه‌ای به کل منطقه مورد مطالعه به کار برده شد.

$$MFI = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_i^2}{P} \quad (2)$$

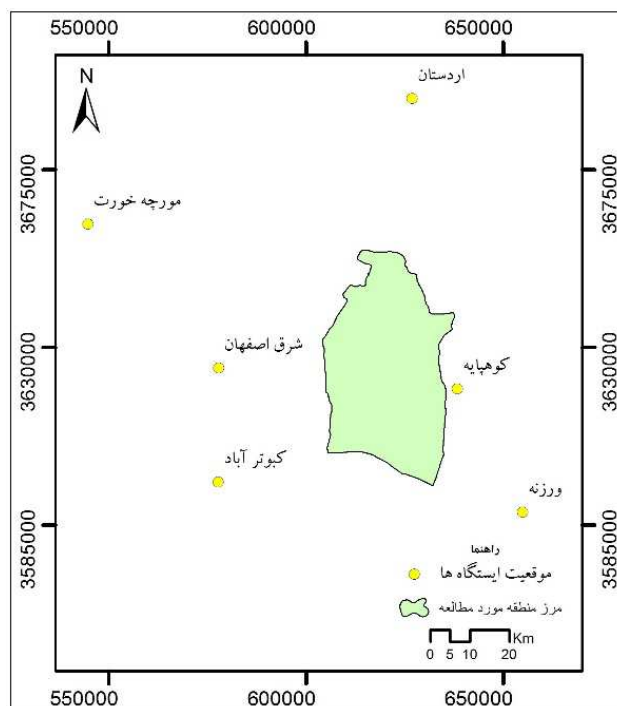
در این رابطه، P_i : متوسط بارندگی (میلی‌متر) در ماه i و P متوسط بارندگی سالیانه (میلی‌متر) است.

$$R = 0.07397 \times MFI^{1.847} \quad MFI < 55mm \quad (3)$$

$$R = \frac{(95.77 - 6.081 \times F + 0.4770 \times MFI^2)}{1} \quad MFI \geq 55mm \quad (4)$$

1- Ferro

2- Renard & Freimund



شکل ۲: موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی

فاکتور فرسایش پذیری خاک (K)

فرسایش پذیری خاک بیانگر حساسیت ذاتی خاک به فرسایش است و سهولت جدا شدن ذرات خاک بر اثر انرژی جنبشی قطرات باران و انتقال آن‌ها به وسیله نیروی رواناب را نشان می‌دهد (ویه^۱، ۲۰۰۲). فرسایش ناشی از ضربه قطرات باران به سطح خاک یا پاشمان خاک با شدت بارندگی و انرژی جنبشی آن رابطه مستقیم و با میزان رس موجود در خاک رابطه معکوس دارد (رفاهی، ۲۰۰۸). در این بخش از اطلاعات ۲۱ نمونه خاک برداشت شده از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری از واحدهای همگن (رخساره‌های ژئومرفولوژی) استفاده شد (حبشی، ۱۳۹۴). فاکتور فرسایش پذیری خاک (K) با توجه به بافت خاک و با استفاده از رابطه ۵ و ۶ محاسبه شد (رنارد و همکاران، ۱۹۹۷).

$$K = 7.594 \left\{ 0.0034 + 0.0405 \exp \left[- \frac{1}{2} \left(\frac{\log Dg + 1.659}{0.7101} \right)^2 \right] \right\} \quad (5)$$

$$Dg = \exp(0.01 \sum f_i Lnm_i) \quad (6)$$

1- Veihe

که در این رابطه D_p میانگین هندسی قطر ذرات خاک بر حسب میلی‌متر می‌باشد f_i اندازه ذرات به درصد، m_i میانگین حسابی اندازه ذرات به میلی‌متر می‌باشد (شیرازی و بوورسما^۱، ۱۹۸۴).

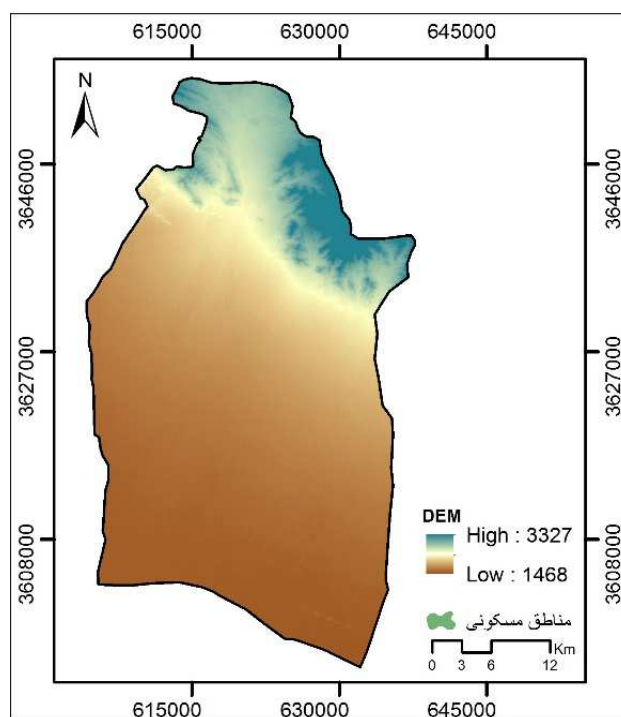
فاکتور توپوگرافی (LS)

یکی از فاکتورهای مؤثر در معادله جهانی تجدیدنظر شده خاک طول و تندی شیب می‌باشد. اثر طول و تندی شیب به عنوان فاکتور توپوگرافی (LS)، اثر میزان، سرعت و پتانسیل فرساینده‌گی رواناب را نمایش می‌دهد. اگر شیب افزایش پیدا کند، انرژی رواناب ثابت باقی می‌ماند؛ اما به نسبت شتاب حمل، انرژی جنبشی رواناب افزایش پیدا می‌کند و هنگامی که شیب از ۱۵ درصد تجاوز کند انرژی جنبشی مهم‌تر از بارش است (روس^۲، ۱۹۹۶). فاکتور درصد شیب تابعی از درجه شیب و منعکس کننده اثر درجه شیب بر مقدار فرسایش است. فاکتور طول شیب نیز تابعی از طول شیب اندازه‌گیری شده بر حسب متر است. حاصل ضرب دو فاکتور یاد شده، به عنوان فاکتور توپوگرافی (LS) شناخته می‌شود (ایوبی و همکاران، ۱۳۸۶). برای تهیه نقشه فاکتور توپوگرافی از مدل رقومی ارتفاع (DEM^۳) ۳۰ متری منطقه استفاده شد (شکل ۳). فاکتور توپوگرافی نیازمند نقشه‌های تجمع جریان و شیب است (فوستر و ویشمایر^۴، ۱۹۷۴). این نقشه‌ها از مدل رقومی ارتفاع منطقه براساس شکل ۴ و به کمک تابع Spatial Analyses و افزونه Hydro tools به GIS استخراج و در نهایت با استفاده از رابطه ۷ فاکتور توپوگرافی به دست آمد (مور و بورچ^۵، ۱۹۸۶).

$$LS = \left[\left(\text{FlowAccumulation grid} \right) \times \frac{\text{Cell Size}}{22.13} \right]^{0.4} \times \left[\frac{\sin(\text{slope grid} \times 0.01743)}{0.0896} \right]^{1.3} \quad (7)$$

که در آن Flow Accumulation تجمع جریان به سمت بالای شیب برای هر سلول، Cell size اندازه سلول‌های شبکه (در این مطالعه ۳۰ متر) و slope شیب، به دست آمده از نقشه شیب می‌باشد. از عدد ۰/۰۱۷۴۵ برای تبدیل واحد به رادیان در محیط GIS استفاده می‌گردد.

1- Shirazi & Boersma
2- Roose
3- Digital Elevation Model
4- Foster & Wischmeier
5- Moore & Burch



شکل ۳: نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM) منطقه مورد مطالعه

فاکتور پوشش گیاهی (C)

این فاکتور، بیانگر نسبت مقدار خاک از بین رفته از زمین زیر کشت، به خاک فرسوده شده از همان قطعه زمین در طی آیش مداوم و عاری از پوشش یا بقایای گیاهی می‌باشد. پرکاربردترین معیار رویش گیاه، شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده است که با استفاده از فناوری RS به دست می‌آید. برای تهیه نقشه فاکتور پوشش گیاهی از شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI¹) استخراج شده از تصویر سنجنده OLI مربوط به تاریخ به تاریخ ۵ خرداد ماه ۱۳۹۴ با شماره ردیف و گذر به ترتیب ۱۶۳ و ۳۷ استفاده شد. شاخص NDVI براساس رابطه ۸ در محیط ERDAS IMAGINE 2014 محاسبه شد.

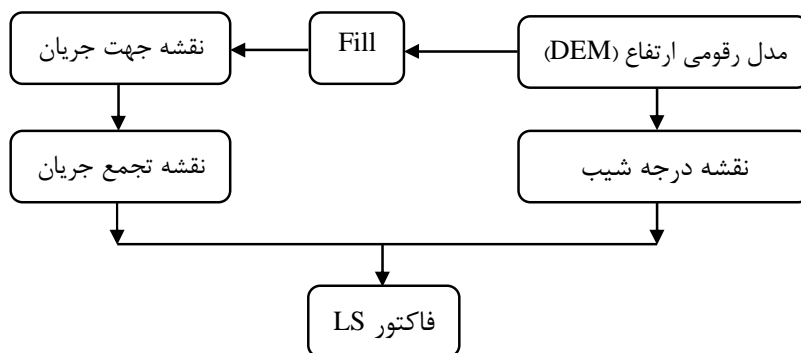
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (8)$$

در این رابطه RED مقدار بازتاب در محدوده باند قرمز و NIR مقدار بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک می‌باشد. مقدار این شاخص بین -۱ و +۱ تغییر می‌کند. مقدار این شاخص برای پوشش گیاهی متراکم به سمت +۱ میل می‌کند و برای آب، ابرها و برف مقدار آن منفی است. افزایش شادابی گیاهان و فتوسنتز در گیاهان موجب افزایش بازتاب مادون قرمز نزدیک می‌شود، که این امر افزایش مقدار شاخص NDVI را به دنبال دارد (ثنایی نژاد و همکاران، ۲۰۰۸).

1- Normalized Difference Vegetation Index

مناطق فاقد پوشش گیاهی یا با پوشش گیاهی کم (مثل خاک‌های لخت، حومه شهرها)، همانند فعالیت غیر فتوسنتزی گیاهی (گیاهان دچار تنش یا مسن)، مقدار صفر یا منفی را نشان می‌دهند (نوحه-گر و کاظمی، ۱۳۹۲). فاکتور پوشش گیاهی با استفاده از شاخص NDVI و رابطه ۹ محاسبه شد.

$$C = \exp(-2 \times NDVI / (1 - NDVI)) \quad (9)$$



شکل ۴: مراحل استخراج فاکتور LS (ته، ۲۰۱۱)

فاکتور عملیات حفاظتی خاک (P)

فاکتور عملیات حفاظتی خاک را به عنوان مقدار خاک از بین رفته در واحد سطح یک زمین حفاظت‌شده، به زمینی که لخت باشد و در جهت تندترین شیب شخم‌خورده باشد، تعریف نمودند. به‌طور عمده منظور از کارهای حفاظتی کشت درروی خطوط تراز، کشت نواری و ترانس‌بندی است. هر چه مقدار این فاکتور کمتر باشد کارهای حفاظتی مؤثرتر و هدر رفت خاک کمتر است (ویشمایر و اسمیت، ۱۹۷۸). به دلیل اینکه هیچ‌گونه اقدام حفاظتی در منطقه مطالعاتی صورت نگرفته است مقدار این فاکتور برای کل منطقه ۱ در نظر گرفته شد.

رگرسیون خطی ساده

تجزیه رگرسیون یک وسیله آماری است که برای برآورد ارزش یک متغیر کمی با توجه به رابطه‌اش با یک یا چند متغیر کمی دیگر به‌کار می‌رود. این رابطه طوری است که با استفاده از یک متغیر می‌توان دیگری را پیش‌بینی کرد. برای انجام تحلیل رگرسیون در این تحقیق، بعد از تهیه لایه‌های مورد نیاز، این لایه‌ها وارد محیط نرم‌افزار Terrset شده و با استفاده از منوی GIS Analysis و ماژول Statistics روش REGRESS عمل رگرسیون انجام گردید. در این مدل رگرسیونی فرسایش سالانه خاک به عنوان متغیر وابسته (y) و فاکتورهای R، K، LS، C به عنوان متغیرهای مستقل (x) در نظر گرفته شدند.

نتایج و بحث

مشخصات ایستگاه‌های بارندگی و نتایج حاصل از محاسبه میزان شاخص فرساینده‌گی باران در ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از شاخص اصلاح شده فورنیه (رابطه ۲) و رابطه رنارد و فریموند (رابطه ۳) در جدول ۱ ارائه شده است. نقشه فاکتور R نیز با روش Spline به دست آمد که در شکل ۵ آورده شده است. مطابق این شکل، مقدار فاکتور R از ۱۲/۶ تا $17/5 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ y}^{-1}$ متغیر است، که نمایانگر تغییرات کم این فاکتور در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. نتایج حاصل از محاسبه میزان شاخص فرسایش پذیری برای نمونه‌های خاک با استفاده از رابطه ۵ و ۶ در جدول ۲ ارائه شده است. براساس شکل ۶ مقدار شاخص فرسایش‌پذیری خاک در منطقه مورد مطالعه از ۰/۱۲ تا $0/4 \text{ MG ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ متغیر می‌باشد. نقشه فاکتور توپوگرافی (LS) منطقه مورد مطالعه با تهیه و ایجاد لایه‌های لازم، براساس رابطه ۷ به دست آمد که در شکل ۷ آورده شده است. بر اساس این شکل مقدار فاکتور LS در منطقه مورد مطالعه از صفر تا ۱۶/۷ متغیر می‌باشد؛ همچنین در مناطق با شیب تند و ناهموار مقدار آن بیشتر است. نقشه فاکتور پوشش گیاهی (C) براساس رابطه ۸ و ۹ تهیه گردید که در شکل ۸ آورده شده است. بر اساس این شکل مقدار فاکتور C بین ۰/۰۸ تا ۱ متغیر است. با توجه به عدم انجام اقدامات حفاظتی در منطقه مورد مطالعه، مقدار فاکتور P برای کل منطقه یک در نظر گرفته شد.

جدول ۱: برآورد MIF و R برای ایستگاه‌های هواشناسی

R	MIF	ارتفاع	نوع ایستگاه	Y	X	نام ایستگاه
۱۷/۱	۲۷/۸	۱۸۰۰	هواشناسی	۳۶۱۹۵۱۷	۶۳۸۳۵۰/۱	کوهپایه
۱۳/۲	۱۴/۰۴	۱۴۰۰	هواشناسی	۳۵۸۸۲۲۲	۶۵۴۶۹۶/۹	ورزنه
۱۴	۲۴/۹۸	۱۲۵۲	سینوپتیک	۳۶۹۲۹۴۳	۶۲۶۸۴۷	اردستان
۱۰/۵۴	۲۱/۲	۱۵۴۳	سینوپتیک	۳۶۲۴۷۶۵	۵۷۷۷۸۹/۷	شرق اصفهان
۱۲/۲	۲۳/۱۳	۱۶۶۹	سینوپتیک	۳۶۶۱۱۷۹	۵۴۴۶۹۹/۳	مورچه خور
۱۷/۳۵	۲۷/۹۴	۱۵۴۵	سینوپتیک	۳۵۹۵۸۴۶	۵۷۷۷۶۰/۸	کبوترآباد

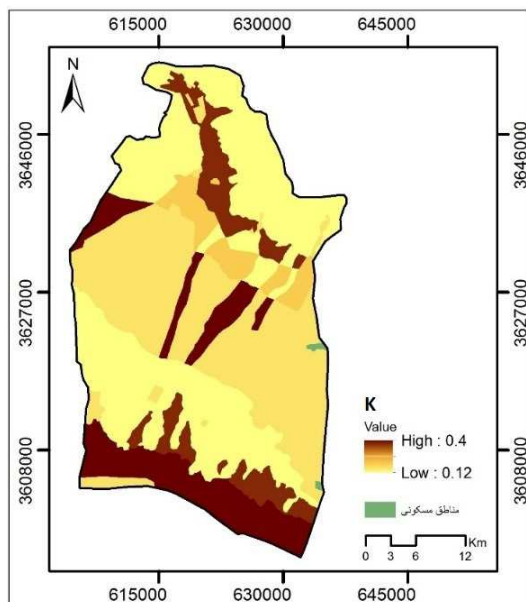
جدول ۲: میزان فاکتور فرسایش پذیری برای نقاط مورد بررسی

فاکتور K	میانگین هندسی ذرات	شن	سیلت	ماسه	بافت	نقاط
۰/۴	۰/۰۶	۲۵	۷۱	۴	SIL	۱
۰/۴	۰/۰۶	۲۵	۷۱	۴	SIL	۲
۰/۳۷	۰/۰۲	۲۹	۳۵	۳۶	CL	۳
۰/۱۶	۰/۷	۹۸	۱	۱	S	۴
۰/۱۶	۰/۷	۹۸	۱	۱	S	۵
۰/۴	۰/۰۴	۳۲	۵۰	۱۸	SIL	۶
۰/۱۶	۰/۷	۹۸	۱	۱	S	۷
۰/۱۲	۰/۰۷	۵۱	۲۵	۲۴	LS	۸
۰/۴	۰/۱۱	۴۶	۵۳	۱	SIL	۹
۰/۱۶	۰/۷	۹۸	۱	۱	S	۱۰
۰/۱۲	۰/۰۹	۵۲	۲۴	۲۴	LS	۱۱
۰/۲	۰/۲	۶۲	۳۲	۶	SL	۱۲

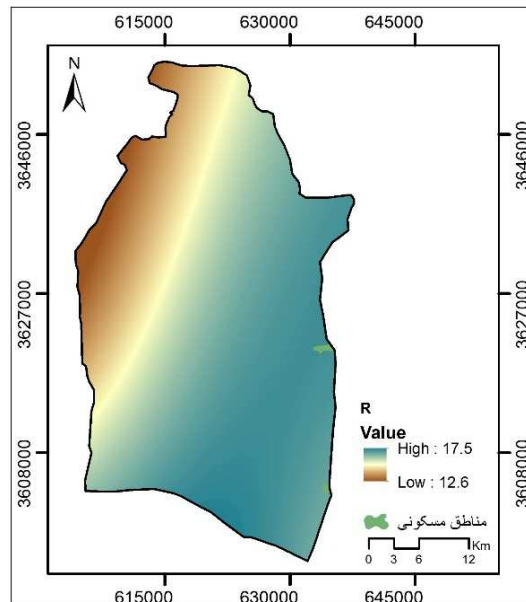
۰/۱۲	۰/۵	۸۲	۱۶	۲	LS	۱۳
۰/۳۷	۰/۰۹	۴۶	۳۸	۱۶	L	۱۴
۰/۱۲	۰/۱۵	۵۴	۳۶	۱۰	LS	۱۵
۰/۱۲	۰/۱۶	۸۴	۱۵	۳	LS	۱۶
۰/۱۶	۰/۶	۹۴	۵	۱	S	۱۷
۰/۱۲	۰/۲۵	۶۰	۳۶	۴	LS	۱۸
۰/۲	۰/۲۵	۶۲	۳۲	۶	SL	۱۹
۰/۱۲	۰/۵	۸۲	۱۶	۲	LS	۲۰
۰/۱۲	۰/۵	۸۴	۱۴	۲	LS	۲۱

تهیه نقشه فرسایش خاک

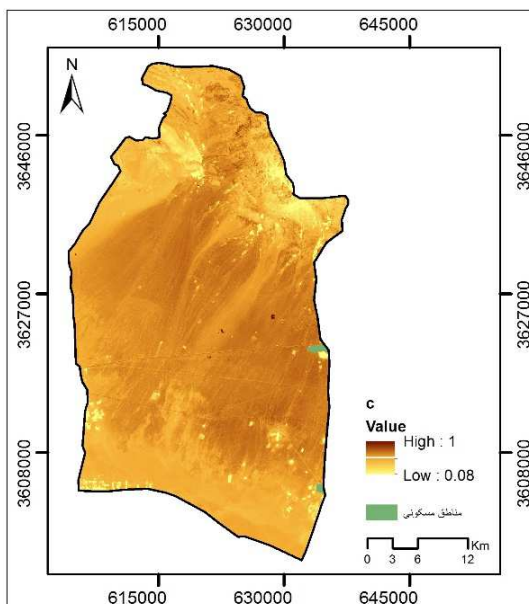
جهت تهیه نقشه فرسایش سالانه خاک نقشه فاکتور R (شکل ۵)، نقشه فاکتور K (شکل ۶)، نقشه فاکتور LS (شکل ۷)، نقشه فاکتور C (شکل ۸) و فاکتور P با در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی و براساس رابطه ۱ در هم‌دیگر ضرب شده و مقادیر هدر رفت سالانه خاک (A) برحسب تن در هکتار در سال به‌دست آمد. نقشه به‌دست آمده، در شکل ۹ آورده شده است. براساس این نقشه مقادیر فرسایش خاک در منطقه مورد مطالعه بین صفر تا ۹۵ تن در هکتار در سال متغیر می‌باشد. در مرحله بعد نقشه فرسایش سالانه خاک به ۵ کلاس خطر طبقه‌بندی شد (شکل ۱۰). مساحت و درصد مساحت هریک از کلاس‌های خطر فرسایش خاک در منطقه مورد مطالعه در جدول ۳ آورده شده است. کلاس فرسایشی خیلی کم بیش از ۹۰ درصد مساحت منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود. این کلاس متعلق به مناطق کم شیب (شیب کمتر از ۴ درصد) می‌باشد. کلاس فرسایشی زیاد و خیلی زیاد تنها ۳/۶ درصد از مساحت منطقه را شامل می‌شود که در قسمت‌های شمال شرقی و شمال غربی منطقه واقع شده است.



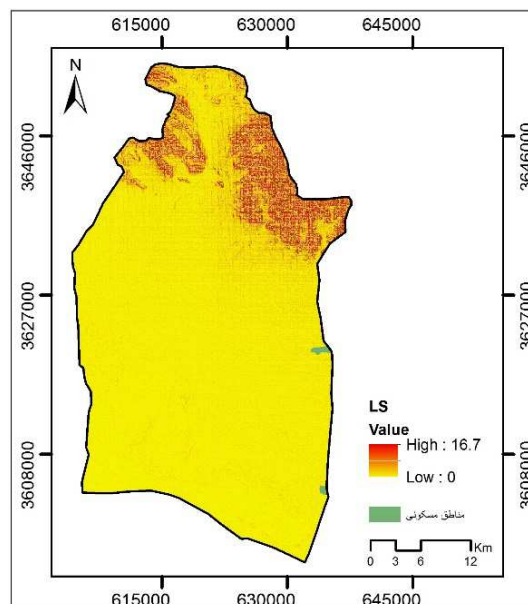
شکل ۶: نقشه فاکتور فرسایش‌پذیری خاک (K)



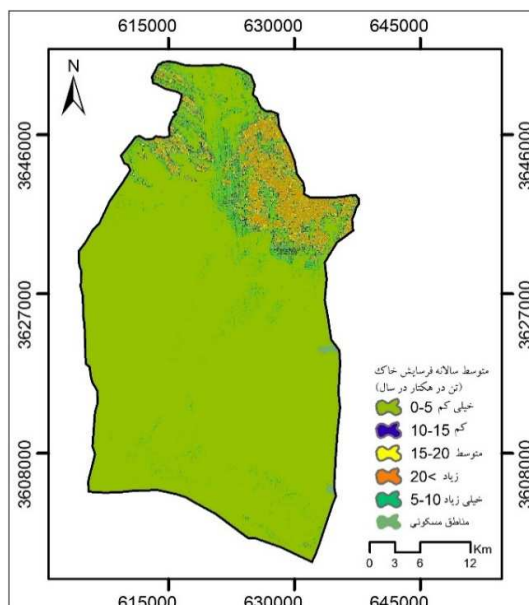
شکل ۵: نقشه فاکتور فرساینده‌گی باران (R)



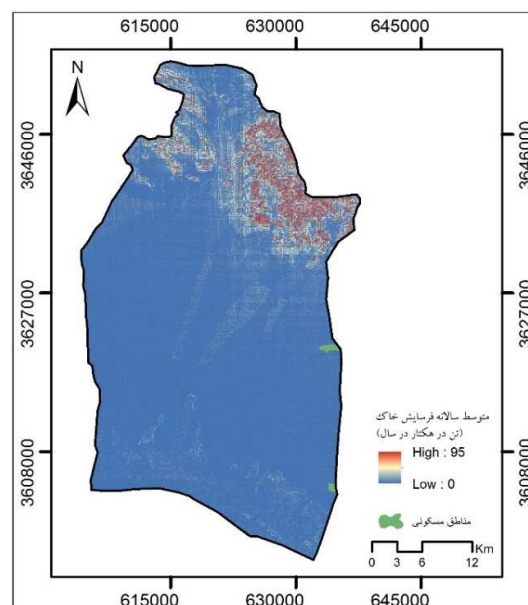
شکل ۸: نقشه فاکتور پوشش گیاهی (C)



شکل ۷: نقشه فاکتور توپوگرافی (LS)



شکل ۱۰: نقشه پهنه‌بندی فرسایش سالانه خاک



شکل ۹: نقشه فرسایش سالانه خاک

جدول ۳: درصد مساحت کلاس‌های طبقه‌بندی شده فرسایش

درصد مساحت	متوسط سالانه هدر رفت خاک (تن در هکتار در سال)	کلاس
۹۰/۹۴	۰-۵	خیلی کم
۳/۷۲	۵-۱۰	کم
۱/۷۱	۱۰-۱۵	متوسط
۱/۲۶	۱۵-۲۰	زیاد
۲/۳۴	بیشتر از ۲۰	خیلی زیاد

رگرسیون خطی ساده

معادله‌های رگرسیونی ارائه شده در جدول ۴، ضریب هریک از متغیرهای مستقل و عدد ثابت را نشان می‌دهد. ضریب ثابت نشان دهنده ارزش متغیر وابسته در زمانی است که متغیر مستقل ارزش صفر داشته باشد. ضریب رگرسیونی نشان‌دهنده اثر متغیر مستقل بر متغیر وابسته می‌باشد. ضریب تعیین (R^2) میزان تغییرپذیری متغیر وابسته را بر مبنای متغیر مستقل نشان می‌دهد. همان طور که از نتایج مقدار R^2 دیده می‌شود فاکتور توپوگرافی با بالاترین مقدار ضریب تعیین ($R^2=0/9$)، بیشترین تأثیر را در برآورد فرسایش سالانه خاک با مدل RUSLE دارد.

جدول ۴: روابط رگرسیونی بین فرسایش خاک و فاکتورهای مدل RUSLE

R^2	رابطه رگرسیونی	فاکتورهای مدل RUSLE
۰/۳۱	$y=0/01+0/11x$	R
۰/۱۲	$y=0/75+3/93x$	K
۰/۹	$y=0/21+1/71x$	LS
۰/۲	$y=0/08+1/97x$	C

نتیجه‌گیری

مخاطرات زیست‌محیطی همچون فرسایش خاک می‌تواند به خاک آسیب وارد کند که در نتیجه آن کشاورزی کشورهای در حال توسعه را تحت تأثیر منفی خود قرار می‌دهد. بنابراین ارزیابی صحیح پدیده فرسایش خاک می‌تواند برای مدیران به منظور ایجاد استراتژی‌ها و برنامه‌ها جهت کنترل فرسایش مفید و سودمند باشد. در این تحقیق ارزیابی کمی فرسایش خاک در منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل RUSLE صورت گرفت. بررسی نقشه فاکتور فرسایش باران در سطح منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که مقادیر این فاکتور بین ۱۲ تا $17 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ y}^{-1} \text{ h}^{-1}$ متغیر است. میزان فرسایش‌پذیری خاک منطقه مورد مطالعه نیز بین ۰/۱۲ تا ۰/۴ $\text{ t ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ متغیر می‌باشد. کمترین و بیشترین میزان فرسایش‌پذیری خاک در منطقه مورد مطالعه به ترتیب مربوط به بافت‌های شنی لومی و سیلتی می‌باشد. نتیجه حاصل از بررسی فاکتور توپوگرافی نشان می‌دهد که مقدار این فاکتور در منطقه مورد مطالعه بین صفر تا ۱۶ متغیر می‌باشد. ارتفاعات شمال شرق و شمال غرب منطقه به دلیل شیب زیاد بیشترین مقدار عامل توپوگرافی و بخش‌های جنوبی منطقه کمترین مقدار این عامل را دارا می‌باشند. نقشه فرسایش خاک منطقه از ترکیب پنج لایه تولید شده شامل لایه‌های فرسایش‌پذیری باران، فرسایش‌پذیری خاک، توپوگرافی، پوشش گیاهی و عملیات حفاظتی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی تولید گردید، نتایج نشان داد که مقادیر فرسایش خاک در

منطقه مورد مطالعه از صفر تا ۹۵ تن در هکتار در سال متغیر است. بررسی روابط رگرسیونی بین فاکتورهای مدل RUSLE و مقدار فرسایش سالانه خاک نشان داد که فاکتور توپوگرافی با بالاترین مقدار ضریب تعیین ($R^2=0/9$) بیشترین اهمیت را در برآورد فرسایش سالانه خاک با مدل RUSLE دارد. فاکتورهای فرسایش باران، پوشش گیاهی و فرسایش‌پذیری خاک به ترتیب در اولویت‌های دوم تا چهارم قرار می‌گیرند. براساس نتایج به‌دست آمده مشخص شد که فرسایش با شدت زیاد و خیلی زیاد در قسمت‌های شمالی منطقه رخ می‌دهد. پدیده فرسایش خاک سبب از بین رفتن مراتع، کاهش حاصلخیزی خاک اراضی باغی و کشاورزی می‌شود. همچنین رسوبات حاصل از فرسایش قسمت‌های شمالی منطقه در اثرعامل شیب و سیلاب از طریق آبراهه‌ها خود را به سمت مناطق دشتی رسانده و سبب خسارت به تاسیسات اقتصادی و نظامی، خسارت به راه آهن، خسارت به اراضی کشاورزی موجود در مناطق دشتی و در نهایت ایجاد گرد و غبار و آلودگی هوای شهرهای کوهپایه، سگری و اصفهان می‌شود. براساس نتایج به‌دست آمده از این تحقیق انجام اقدامات حفاظتی از قبیل بذر پاشی گونه‌های بومی در عرصه‌های مرتعی، جلوگیری از چرای مفراط و جلوگیری از بوته‌کشی جهت تقویت پوشش گیاهی منطقه، شخم زدن زمین‌های کشاورزی عمود بر جهت شیب، بهره‌برداری اصولی از معادن و تثبیت سطح پس از برداشت در قسمت‌های شمالی منطقه مورد مطالعه ضروری می‌باشد. در این مطالعه سعی شد از اطلاعات به‌دست آمده از RS و قابلیت‌های GIS برای ایجاد داده‌های مورد نیاز مدل RUSLE استفاده شود. نتایج این تحقیق قابلیت بالای RS و GIS را برای ایجاد داده‌های مورد نیاز مدل RUSLE نشان داد. بنابراین فناوری‌های RS و GIS می‌توانند به‌صورت موثر، در توسعه راهکارهای مدیریتی و فراهم آوردن گزینه‌های انتخابی برای مدیران، جهت حل مساله فرسایش خاک به‌کار گرفته شوند.

منابع

- احمدی، حسن. (۱۳۸۷). ژئومورفولوژی کاربردی - فرسایش بادی. جلد دوم. انتشارات دانشگاه تهران. صص ۷۰۶.
- ایوبی، شمس‌الله، خرمالی، فرهاد، جویباری، شعبان شتایی (۱۳۸۶) استفاده از تکنیک زمین آمار در تعیین مناسب ترین ابعاد سلول مدل رقومی زمین برای برآورد مشخصه توپوگرافی (LS) مدل برآورد فرسایش RUSLE در منطقه تاش علیا (استان گلستان)، پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی. شماره ۷۷، صص ۱۲۹-۱۲۲.
- آرخی، صالح، نیازی، یعقوب (۱۳۸۹) بررسی کاربرد GIS و RS برای تخمین فرسایش خاک و بار رسوب با استفاده از مدل RUSLE (مطالعه موردی: حوضه بالادست سد ایلام)، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. سال ۱۷، شماره ۲، صص ۲۷-۱.
- حبشی، خلیل. (۱۳۹۴). ارزیابی بیابان‌زایی شرق اصفهان با استفاده از مدل مدالوس و منطق فازی، پایان نامه کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی. دانشگاه صنعتی اصفهان.
- رضائی، پیمان، فریدی، پروانه، قربانی، منصور، کاظمی، محمد (۱۳۹۳) برآورد فرسایش خاک با استفاده از مدل RUSLE و شناسایی مؤثرترین عامل آن در حوضه آبخیز گابریک- جنوب خاوری استان هرمزگان، پژوهش های ژئومورفولوژی کمی. سال ۳، شماره ۱، صص ۹۷-۱۱۳.
- عرفانیان، مهدی، قهرمانی، پریسا، سعادت، حسین (۱۳۹۲) تهیه نقشه خطر فرسایش خاک با استفاده از منطق فازی در حوزه آبخیز قرناوه گلستان، علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. سال ۷، شماره ۲۳، صص ۵۲-۴۳.

- کمانگر، محمد، فرج-زاده، منوچهر، بدآغی، مرضیه، کرمی، پیمان (۱۳۹۴) واسنجی معادله جهانی فرسایش خاک اصلاح شده (RUSEL) با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش ازدور (مطالعه موردی: حوضه آبخیز سیخوران هرمزگان)، فضای جغرافیایی. سال ۱۵، شماره ۵۱، صص ۲۰۷-۱۹۱.
- نوحه-گر، احمد، کاظمی، محمد (۱۳۹۲) ارزیابی خطر فرسایش آبی با استفاده از مدل ICONA (مطالعه موردی: حوزه آبخیز تنگ بستانک شیراز)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۲۸، صص ۱۴-۱.
- Alatorre, L. Beguería, S. Lana-Renault, N. Navas, A. García-Ruiz, J.M. (2012), Soil erosion and sediment delivery in a mountain catchment under scenarios of land use change using a spatially distributed numerical model, *Hydrology and Earth System Sciences*, volume 16, number 5, pp. 1321-1334.
- Arnold, J.G. Srinivasan, R. Muttiah, R.S. Williams, J.R. (1998). Large area hydrologic modeling and assessment part I: Model development1, Wiley Online Library.
- Demirci, A. Karaburun, A. (2012), Estimation of soil erosion using RUSLE in a GIS framework: a case study in the Buyukcekmece Lake watershed, northwest Turkey. *Environmental Earth Sciences*, volume 66, number 3, pp. 903-913.
- Ferro, V. Giordano, G. Iovino, M. (1991), Isoerosivity and erosion risk map for Sicily. *Hydrological sciences journal*, volume 36, number 6, pp. 549-564.
- Flanagan, D. Nearing, M. (1995), USDA-Water Erosion Prediction Project: Hillslope Profile and watershed model documentation, NSERL Report.
- Foster, G. Wischmeier, W. (1974), Evaluating irregular slopes for soil loss prediction. *Transactions of the ASAE*, Volume 17, number 2, pp.305.
- Ganasri, B. Ramesh, H. (2015), Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS-A case study of Nethravathi Basin, *Geoscience Frontiers*.
- Hoyos, N. (2005), Spatial modeling of soil erosion potential in a tropical watershed of the Colombian Andes, *Catena*, volume 63, number 1, pp.85-108
- Kinnell, P. (2000), AGNPS-UM: applying the USLE-M within the agricultural non-point source pollution model. *Environmental Modelling & Software*, Volume 15, number 3, pp. 331-341.
- Laflen, J.M. Roose, E.J. (1998), Methodologies for assessment of soil degradation due to water erosion. *Methods for assessment of soil degradation*, pp. 31-55.
- Lufafa, A. Tenywa, M. Isabirye, M. Majaliwa, M. Woome, P. (2003), Prediction of soil erosion in a Lake Victoria basin catchment using a GIS-based Universal Soil Loss model. *Agricultural Systems*, volume 76, number 3, pp. 883-894.
- Montgomery, D.R. (2007), Soil erosion and agricultural sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, volume 104, number 33, pp. 982.
- Moore, I.D. BuRCH, G.J. (1986), Physical basis of the length-slope factor in the Universal Soil Loss Equation. *Soil Science Society of America Journal*, volume 50, number 5, pp. 1294-1298.
- Morgan, R. Quinton, J. Smith, R. Govers, G. Poesen, J. Auerswald, K. Chisci, G. Torri, D. Styczen, M. (1998), The European Soil Erosion Model (EUROSEM): a dynamic approach for predicting sediment transport from fields and small catchments. *Earth surface processes and landforms*, volume 23, number 6, pp. 527-544.
- Ouyang, D. Bartholic, J. (2001), Web-based GIS application for soil erosion prediction Soil Erosion. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, pp. 260.
- Park, S. Oh, C. Jeon, S. Jung, H. Choi, C. (2011), Soil erosion risk in Korean watersheds assessed using the revised universal soil loss equation. *Journal of Hydrology*, Volume 399, number 3, pp. 263-273.
- Parlak, M. DİNÇSOY, Y. SEYREK, K. (2007), DETERMINATION OF EROSION RISK ACCORDING TO CORINE METHODOLOGY (A CASE STUDY: KURTBOĞAZI DAM.)
- Pimentel, D. Harvey, C. Resosudarmo, P. Sinclair, K. (1995), Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, volume 267, number 5201, pp. 1117.

- Pradhan, B. Chaudhari, A. Adinarayana, J. Buchroithner, M.F. (2012), Soil erosion assessment and its correlation with landslide events using remote sensing data and GIS: a case study at Penang Island Malaysia. *Environmental monitoring and assessment*, volume 184, number 2, pp. 715-727.
- Prasannakumar, V. Shiny, R. Geetha, N. Vijith, H. (2011), Spatial prediction of soil erosion risk by remote sensing, GIS and RUSLE approach: a case study of Siruvani River watershed in Attapady valley Kerala India, *Environmental Earth Sciences*, volume 64, number 4, pp. 965-972.
- Refahi, H.G. (2008), *Water soil erosion and Conservation*. Tehran university publishing, pp. 671.
- Renard, K.G. Foster, G.R. Weesies, G. McCool, D. Yoder, D. (1997), Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), US Department of Agriculture. Agricultural Research Service Washington, pp. 703.
- Renard, K.G. Foster, G.R. Weesies, G.A. Porter, J.P. (1991), RUSLE: Revised universal soil loss equation. *Journal of Soil and Water Conservation*, volume 46, number 1, pp. 30-33.
- Renard, K.G. Freimund, J.R. (1994), Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *Journal of Hydrology*, Volume 157, number 1, pp. 287-306.
- Roose, E. (1996), *Land Husbandry: components and strategy* FAO Rome, pp. 70.
- Sanaieenjad, S. Shah Tahmasbi, A. Sadr Abadi Haghighi, R. Kelarestani, K. (2008), A Study of Spectral Reflection on Wheat Fields in Mashhad Using MODIS Data. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science*, volume 12, number 45, pp. 11-19.
- Shirazi, M.A. Boersma, L. (1984), A unifying quantitative analysis of soil texture. *Soil Science Society of America Journal*, volume 48, number 1, pp. 142-147.
- Teh, S.H. (2011), Soil erosion modeling using RUSLE and GIS on Cameron Highlands. Malaysia for hydropower development.
- Terranova, O. Antronico, L. Coscarelli, R. Iaquina, P. (2009), Soil erosion risk scenarios in the Mediterranean environment using RUSLE and GIS: an application model for Calabria (southern Italy). *Geomorphology*, Volume 112, number 3, pp. 228-245.
- Van Remortel, R.D. Maichle, R.W. Hickey, R.J. (2004), Computing the LS factor for the Revised Universal Soil Loss Equation through array-based slope processing of digital elevation data using a C++ executable. *Computers & Geosciences*, Volume 30, number 9, pp. 1043-1053.
- Veihe, A. (2002), The spatial variability of credibility and its relation to soil types: a study from northern Ghana. *Geoderma*, volume 106, number 1, pp. 101-120.
- Wang, E. Xin, C. Williams, J.R. Xu, C. (2006), Predicting soil erosion for alternative land uses. *Journal of environmental quality*, volume 35, number 2, pp. 459-467.
- Wischmeier, W.H. Smith, D.D. (1978), *Predicting rainfall erosion losses-A guide to conservation planning* Predicting rainfall erosion losses-A guide to conservation planning.
- Yu, B. Rosewell, C. (1996), Technical Notes: A Robust Estimator of the R-factor for the Universal Soil Loss Equation. *Transactions of the ASAE*, Volume 39, number 2, pp. 559-561.

Assessment soil erosion risk in Kohpayeh - segzi plain using Revised Universal Soil Loss Equation (RSLE)

Khalil Habashi¹, Shahin Mohammadi², Hamidreza Karimzadeh*³, Saeid Pourmanafi⁴

Received: 2016-12-07

Accepted: 2017-06-06

Abstract

Soil erosion is one of the most important environmental problems we face today. Increasing human exploitation and lack of proper management of the natural environment has a great impact on intensifying the process of soil degradation and erosion. In this study, the erosion and sediment yield in a Kohpayeh - segzi plain with 136 thousand hectares were studied using the Revised Universal Soil Erosion Model (RUSLE). Data and tools used in the study included Weather stations data, Information 21soil sample, digital elevation model (DEM), Satellite image OLI sensors, geographic information system (GIS) and remote sensing (RS). by investigation efficient parameters in RUSLE model, including rain erosion factor, K-factor, the factor is the topography, vegetation factor, and protective operations factor, The amount of the erosion in the region has been estimated. Accordingly, on the result the annual erosion in the entire study area has been estimated zero to 95 tons of soil per hectare per year. The results showed that topographical factor with the highest coefficient of determination ($R^2=0.9$) has the greatest impact on estimates of annual soil erosion using RUSLE model. This research approves the effectiveness of new technologies, GIS and remote sensing for estimating soil erosion.

Keywords: Soil erosion, RUSLE, Topography, GIS, RS.

¹- Graduated MSc of Combat to Desertification, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

²- Graduated MSc in Watershed Management, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

^{3*}- Assis Prof, Department of Rangeland & Watershed Management, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran -- hr_karimzadeh@yahoo.com

⁴- Assis Prof, Department of Faculty of Environment, College of Natural Resource, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran