



برآورد فرسایش در حوزه رومشگان با استفاده از مدل های SLEMSA و TOPSIS

مژگان انتظاری نجف‌آبادی^{۱*}، مجید غلامی^۲

چکیده

امروزه فرسایش خاک به لحاظ خسارات قابل توجهی که به محیط زیست و جوامع انسانی تحمیل می‌کند، به عنوان یک بحران محیطی مطرح شده و مطالعه در این زمینه ضروری به نظر می‌رسد. در این مطالعه با استفاده از روش برآورد فرسایش SLEMSA و مدل تصمیم‌گیری TOPSIS به بررسی میزان فرسایش در حوزه رومشگان از زیر حوزه‌های کرخه پرداخته شده است. در روش SLEMSA فرسایش خاک تابع عوامل محیطی چون اقلیم، خاک، پوشش گیاهی و توپوگرافی است: $Z = C \cdot X \cdot K$ ، که در آن Z میانگین سالیانه هدر رفت خاک، K میزان خاک فرسوده شده، X فاکتور توپوگرافی و C فاکتور مدیریت زراعی می‌باشد. نقشه پراکنندگی عوامل مؤثر (مؤثرترین عامل در هر مربع از تور) در مدل SLEMSA نشان می‌دهد که عامل شیب (S) با ۷۷ درصد مؤثرترین عامل در فرسایش حوزه مورد مطالعه بوده و عامل قابلیت فرسایش‌پذیری (F) با ۲۲ درصد دومین عامل مؤثر در فرسایش‌پذیری حوزه می‌باشد. مقدار کل هدر رفت خاک برای حوزه، ۶۶۷ تن در هکتار در سال برآورد شده است. نتایج به‌کارگیری مدل TOPSIS در بررسی و وضعیت فرسایش حوزه رومشگان نیز نشان می‌دهد که عامل توپوگرافی (شیب) بیش از سایر عوامل در فرسایش‌پذیری حوزه مؤثر بوده و نقش اصلی را بر عهده دارد. همچنین بر اساس این مدل، زیرحوزه شماره ۱ در شمال حوزه (با بیش‌ترین میزان شباهت به ایده آل مثبت)، بیش‌ترین میزان آسیب‌پذیری در برابر فرسایش را داشته و پس از آن به ترتیب زیرحوزه‌های ۲، ۴ و ۳ قرار گرفته‌اند. موقعیت توپوگرافی، ارتفاعات و میزان شیب بالای این مناطق موجب می‌شود که میزان نفوذ آب کاهش یافته و نرخ فرسایش در این نواحی افزایش یابد.

واژه‌های کلیدی:

فرسایش، روش SLEMSA، مدل TOPSIS، حوزه رومشگان

۱ - استادیار گروه جغرافیا، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه ریزی، دانشگاه اصفهان، Entezary54@yahoo.com

۲ - کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان



Scientific - Research Quarterly On
Environmental Erosion Researches
No. 7, autumn 2013, pp: 95-96

Evaluation of soil erosion by TOPSIS and SLEMSA method (Case study: Romeshgan, Iran)

Entezari Najaf- Abadi M., Gholami M.

Abstract

The present study shows that very low erosion class (0.23 to 8 tons per hectare per year) Romeshgan watershed, most of the area to be included in the attrition levels low, medium, large and have too much. In general we can say the area is low to moderate ability erodible. SLEMSA model for estimating erosion, environmental conditions are examined. These factors in watershed erosion rates in different influence, its role in the model represent different values. Overlapping layers, rainfall, slope classes, geology, the land user, land type and Revealed that the maximum rate of erosion in areas with average precipitation of 600 mm, a range of plains and mountains of the terrace deposits and alluvial fans new and old, marl, limestone, siltstone, sandstone, conglomerate, and gypsum contains be. The slope factor, too, lands with slopes of 25 to 45 percent are devoted to the highest degree of erosion. Results using TOPSIS model in the survey also shows that factor eroding Romeshgan basin topography (slope) over other factors, basin was effective in erodible and has a major role. This model is also based on 1 sub basins in the north basin (with the highest similarity to the positive ideal), have the greatest vulnerability to erosion, then the sub basins 2, 4 and 3 are located. The reason for this can be achieved over all the heights and slopes of the basins is below. Looking at the situation of erosion and geomorphologic factors in the basin, we knew that the geomorphologic unit surface area plain, erosion of geological factors (alluvial deposits, marl, gypsum, shale, etc.) and land and units geomorphologic other variables in the same mountain slope, geology and rainfall is higher. Given the importance of the erosion zone and listed the conditions subject to wear and perform the necessary actions to protect resources and prevent soil erosion and loss it is necessary.

Keywords:

Erosion, Methods SLEMSA, Model, TOPSIS, Romeshgan Basin

۱- مقدمه

فرسایش خاک یک فرایند پیچیده و خطرناک ژئومورفولوژیکی است و نرخ آن یک شاخص جامع برای ارزیابی درجه توسعه یافتگی و پایداری برنامه‌های مدیریت زمینی کشورها به شمار می‌رود (اونق، نهتایی، ۱۳۸۳). در کشور ما موضوع تخریب سرزمین و فرسایش آبی از عوامل اصلی تهدیدکننده پایداری منابع و توسعه پایدار کشور به شمار می‌آید. موقعیت جغرافیایی، اقلیم، ویژگی‌های طبیعی و زمین‌شناختی به همراه عوامل انسانی، سبب شده تا خاک‌های حوزه‌ی آبخیز رومشگان به طور بالقوه دارای ضریب فرسایش پذیری بالایی بوده و حساسیت زیادی به عوامل فرساینده داشته باشند. امروزه کاهش منابع آبی ناشی از فرسایش خاک هر ساله خسارات فراوان جانی و مالی را در پی دارد. طبق نظر بنت ۱، معمولاً در شرایط دست‌نخورده حدود ۳۰۰ سال طول می‌کشد تا ۲۵ میلی‌متر خاک سطحی تشکیل گردد، درحالی‌که این مقدار خاک تشکیل شده به مراتب کمتر از خاک فرسایش یافته می‌باشد (مقصودی و همکاران، ۱۳۸۸). به لحاظ اهمیت این موضوع در این مقاله سعی شده تا ضمن محاسبه نرخ فرسایش در منطقه، مقایسه‌ای بین مدل فرسایش SLEMSA و مدل تصمیم‌گیری TOPSIS در بررسی میزان فرسایش حوزه آبخیز رومشگان و طبقه‌بندی سطوح فرسایشی و شناسایی عوامل مؤثر بر آن انجام گیرد. در این زمینه مطالعات بسیار متعددی با استفاده از مدل‌های مختلف ارزیابی فرسایش آبی صورت گرفته است، که در ادامه به برخی از آنها اشاره خواهد شد. مدل SLEMSA برای اولین بار توسط ایول ۲ (۱۹۷۸) برای ارزیابی نرخ فرسایش در کشور زیمبابوه استفاده شد نتایج تحقیقات وی نشان داد که این مدل استراتژی قابل قبولی برای مطالعه و حفاظت خاک در این کشور است. پس از آن ایول و استوکینگ ۳ (۱۹۸۴ و ۱۹۸۲) این مدل را برای ارزیابی فرسایش در شمال آفریقا به کار بردند که نتایج قابل قبولی نیز از این مدل به دست آمد. آجوه ۴ و همکاران (۱۹۹۷) به بررسی کاربرد مدل‌های برآورد فرسایش USLE و SLEMSA در نقشه‌برداری پتانسیل خطر فرسایش در جنوب غرب نیجریه پرداخته‌اند. آنان ۵ (۲۰۰۲) کیفیت خطر فرسایش آبی در دشت مرطوب بنین را با استفاده از دو مدل USLE و SLEMSA مورد ارزیابی قرار داده و نتیجه گرفته است که مدل SLEMSA به دلیل تشابه نتایج آن با نتایج طرح‌های صورت گرفته، انطباق بهتری با شرایط گرمسیری دارد. اسورین ۶ (۲۰۰۳) نیز در مقاله‌ای به بررسی سه مدل SLEMSA, USLE/RUSLE, و پرداخته و به اهمیت انتخاب مدل بر اساس اثبات کیفیت آن معتقد است. محمدی (۱۳۸۷) در رساله خود تحت عنوان برآورد فرسایش به روش SLEMSA مطالعه موردی حوزه آبخیز قلجق، به این نتیجه رسیده‌اند که اصلی‌ترین عامل فرسایش در کانون‌های پرخطر در درجه اول قابلیت فرسودگی خاک و پوشش گیاهی قرار دارد و انرژی جنبشی باران و شیب تأثیر زیادی ندارند.

پورمحمدی املشی (۱۳۸۰): در محاسبه مقایسه‌ای فرسایش در حوزه آبخیز شلمان رود به روش PSIAC و SLEMSA به این نتیجه رسید که انرژی جنبشی باران و شیب زمین بیش‌ترین تأثیر را در شدت فرسایش خاک در سطح حوزه به جای می‌گذارد و نتایج مدل SLEMSA به واقعیت نزدیک‌تر است. مروجی (۱۳۸۵): در رساله‌اش به ارزیابی فرسایش و رسوب در پارسل A2 زاینده‌رود از زیرحوزه‌های زاینده‌رود با استفاده از مدل SLEMSA پرداخته است و به این نتیجه رسیده است که در منطقه مورد مطالعه ۵۲/۲۷ درصد عامل قابلیت فرسودگی به عنوان عامل مهم فرسایشی در منطقه و ۲۲/۷۲ درصد عامل انرژی جنبشی به عنوان دومین عامل مهم در فرسایش خاک منطقه تأثیر دارند. حاجی بیگلر (۱۳۷۰): در رساله خود تحت عنوان برآورد رسوب از طریق فرمول‌های تجربی در حوزه آبخیز سفیدرود به این نتیجه دست یافت که از هفت زیرحوزه فقط سه زیرحوزه جواب قابل قبولی دارد و چهار زیرحوزه دیگر جواب قابل قبول نیست و این روش برای این حوزه نمی‌تواند اطمینان‌بخش باشد.

۱-Beent

۲-Elwell

۳-Stocking

۴-Igwe

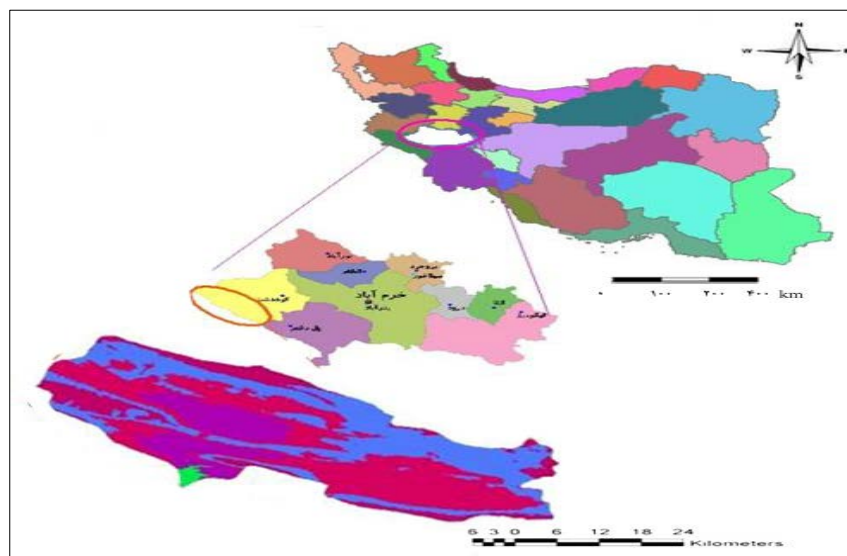
۵-Attanda

۶-Svorin

۲- مواد و روش

موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های عمومی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در جنوب غربی شهرستان کوهدشت از استان لرستان می‌باشد. این محدوده در ۴۷ درجه تا ۴۷ درجه و ۳۸ دقیقه درازای جغرافیایی و ۳۳ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۳۶ دقیقه پهناي جغرافیایی بوده و ۱۱۶۷ کیلومترمربع وسعت دارد (شکل شماره ۱). حوزه رومشگان از زیرحوزه‌های حوزه کرخه بوده، از شمال با حوزه آبخیز کوهدشت و از جنوب با حوزه دره شهر در ارتباط است و شیب عمومی آن به سمت جنوب می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه رومشگان

با توجه به اینکه عملکرد مجموعه‌ای از عناصر، عوامل و پدیده‌های محیط طبیعی مرتبط با هم در داخل حوزه سبب فرسایش می‌شود بنابراین در این تحقیق با استفاده از روش سیستمی به موضوع فرسایش پرداخته شده است. برای این منظور نخست مرز و محدوده حوزه مورد مطالعه را مشخص کرده، سپس مقدار عوامل تأثیرگذار در فرسایش تعیین و به کمیت پذیر نمودن آن‌ها پرداخته شده است. از جمله نقشه‌های تهیه شده در این پژوهش نقشه‌های شیب، پوشش گیاهی، سنگ‌شناسی، نقشه هم‌بارش و سایر عوامل مؤثر در این مدل می‌باشد که با استفاده از نرم‌افزار GIS انجام شده است. در ادامه حوزه آبخیز را با توجه به مساحت آن با مقیاس معین ۱ : ۵۰۰۰۰ به مربعات کوچک ۴*۴ کیلومتر (۱۶ کیلومترمربع) تقسیم شده و تمام مراحل بررسی وضعیت فرسایشی در هر یک از این مربعات صورت گرفته است. پس از آن به منظور تأیید نتایج این مدل از مدل Topsis استفاده گردید. روش Topsis نیز ماتریس تصمیمی را ارزیابی می‌کند که شامل m گزینه و n شاخص است. در این ماتریس شاخصی که دارای مطلوبیت به طوریکه افزایش (جنبه مثبت) شاخص سود و شاخصی که دارای مطلوبیت به طوریکه کاهش (جنبه منفی) است، شاخص هزینه می‌باشد. علاوه بر این، هر نتیجه اظهار شده در ماتریس تصمیم که پارامتری باشد، لازم است کمی شود. و از آنجا که شاخص‌ها برای تصمیم‌گیرنده از اهمیت یکسانی برخوردار نیست، مجموعه‌ای از وزن‌ها از سوی تصمیم‌گیرنده ارائه می‌شود. منطق اصولی این مدل، راه حل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی را تعریف می‌کند به طور کلی گزینه بهینه، گزینه‌ای است که کمترین فاصله از راه حل ایده‌آل و درعین حال دورترین فاصله از راه حل منفی را داشته باشد. (Sheng, 2002). از دیگر ویژگی‌های این تکنیک این است که در گروه روش‌های جبرانی قرار دارد به این مفهوم که مبادله بین شاخص‌ها در این مدل مجاز است (Wang, 1981).

۳- نتایج

بررسی وضعیت فرسایش حوزه مورد مطالعه به روش SLEMSA:

از ویژگی‌های مهم مدل SLEMSA این است که ضمن تلفیق داده‌های اساسی و ساده با یکدیگر، بر پاره‌ای روابط مهم محیطی به ویژه روابط پوشش گیاهی، ریزش باران و فرساینده‌گی تأکید دارد. اگر چه در مدل SLEMSA به ارزیابی خطرات فرسایش مبادرت می‌شود ولی مفهوم راهبرد و حفاظتی یک منطقه وسیع از خطرات احتمالی فرسایش نیز در آن مستتر است، اعداد نهایی حاصله در این مدل مبین خطرات فرسایش است و به تن در هکتار در سال بیان می‌شود، واحد چنین ارزیابی‌هایی تحت عنوان "واحد تخمین خطرات فرسایش" نام‌گذاری می‌شود (رامشت، ۱۳۷۵)

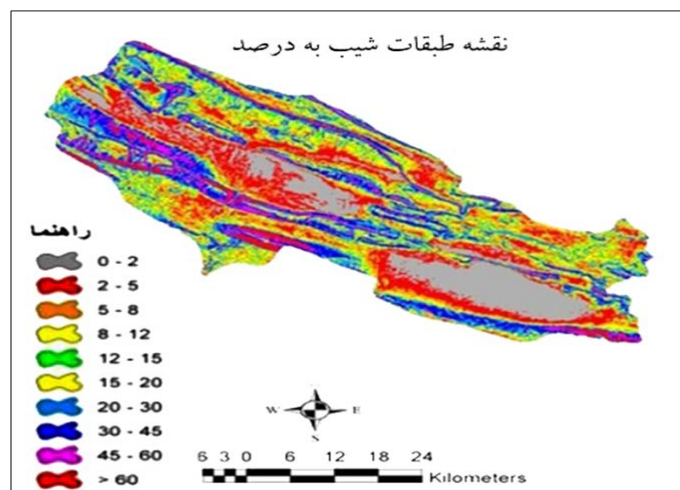
محاسبه عوامل مؤثر در مدل SLEMSA:

اندازه‌گیری و رقومی کردن هر یک از عوامل مؤثر در مدل انتخابی به روش زیر است:

۱- عامل توپوگرافی (X):

برای تعیین میزان ضریب توپوگرافی (X) دو فاکتور شیب دامنه (S) و طول دامنه (L) برای هر یک از مربعات تور باید اندازه‌گیری و سپس مقدار رقومی X محاسبه می‌شود.

$$X = \frac{L^{0.5} (0.76 + 0.53 S + 0.076 S^2)}{25.65} \quad \text{معادله (۱)}$$



شکل ۲- نقشه شیب منطقه

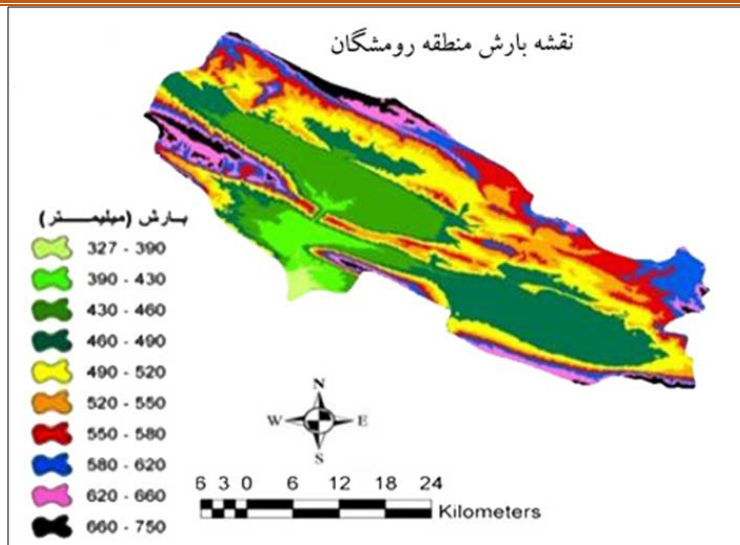
با توجه به شکل شماره (۲) در منطقه شیب صفر تا حدود ۸۰ درصد دیده می‌شود. حدود $\frac{2}{3}$ حوزه از شیب بین صفر تا ۳۰ درصد برخوردار است. با محاسبه طول دامنه و درصد شیب و با استفاده از معادله (۱) میزان (X) برای هر یک از مربعات محاسبه می‌شود.

۲- عامل فرساینده‌گی و قابلیت فرسایش پذیری خاک (K):

برای محاسبه میزان K باید دو عامل قابلیت فرسایش پذیری خاک (F) و انرژی جنبشی باران (E) را محاسبه کرد. برای محاسبه انرژی جنبشی باران (E) ابتدا با استفاده از معادله گرادیان بارش و ارتفاع، نقشه هم بارش باران منطقه ترسیم شده و سپس متوسط بارندگی در هر یک از مربعات تور برآورد شده که با استفاده از آن و تعیین اقلیم منطقه می‌توان انرژی جنبشی باران را محاسبه کرد. در این منطقه انرژی جنبشی با توجه به رابطه زیر در هر یک از مربعات تور محاسبه می‌گردد (Igwe, 1997)

$$E = 18/846 \times P \quad \text{معادله (۲)}$$

شکل (۳) نشان می‌دهد که بارش حوزه بین ۳۰۰ تا ۷۵۰ میلی‌متر است که از دشت به طرف قله ارتفاعات افزایش می‌یابد. میانگین بارش سالانه حوزه حدود ۵۵۰ میلی‌متر می‌باشد که با توجه به میزان بارندگی و با استفاده از معادله (۲) انرژی جنبشی بر حسب درصد وزنی برای هر یک از مربعات محاسبه می‌شود.



شکل ۳- نقشه بارش

محاسبه قابلیت فرسایش پذیری خاک (F):

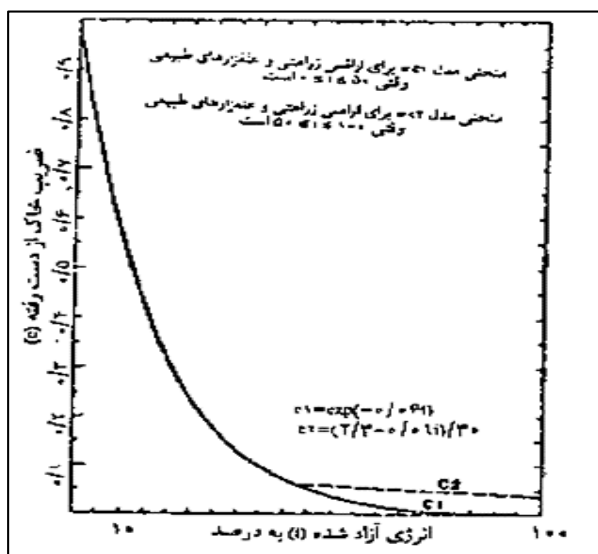
در این روش F بر حسب شرایط محلی و نوع مدیریت اعمالی در اراضی محاسبه می شود به این صورت که کمترین عدد یا ۱ برای خاک های سودیک که پایداری بسیار کمی دارند و رقم ۷ برای زمین هایی که دارای نفوذپذیری مطلوبی هستند و رقم ۱۰ به اراضی اختصاص دارد که عامل مدیریت منجر به تغییر قابلیت فرسایش پذیری آن شده باشد و بر حسب نوع کاربری می تواند از ۷ تا ۱۰ تغییر کند. مقدار (k) میزان خاک فرسایش یافته با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود (رامشت، ۱۳۷۵).

$$K = \exp[(0.4661 + 0.7663 f) \times (\ln E + 2.884 - 8f)] \quad \text{معادله (۳)}$$

سازندهای آسماری، تله زنگ، شهبازان، کشکان، امیران، بختیاری، گچساران، آقا جاری و گروه بنگستان در منطقه دیده می شوند. از لحاظ سنگ شناسی، منطقه دارای تنوع زیادی می باشد. ذخایر تراسی و مخروط افکنه های کوهپایه ای جدید و قدیم، آهک، ماسه سنگ، کنگلومرا، مارن، شیل و شیست مهم ترین جنس های زمین شناسی در حوزه هستند.

۳- عامل پوشش گیاهی (c):

عددی که به عنوان شاخص پوشش گیاهی (i) برای هر ناحیه محاسبه می شود را می توان به سایر نواحی مشابه تعمیم داد. در مدل SLEMSA چون مبنای کار ارزیابی خطرات فرسایشی در شبکه تور نقشه است باید ارزش نهایی (i) برابر با میانگین (i)



های موجود در هر مربع منظور شود. پس از محاسبه (i)، که در اصطلاح به آن انرژی آزاد شده گفته می شود و با توجه به نمودار (شکل شماره ۴) و تطبیق با آن، مقدار و کمیت C به دست می آید. سپس برای هر یک از مقادیر (i)، مقدار C محاسبه و در نهایت پس از ضرب نمودن نسبت هر یک از الگوهای پوششگی در مقدار C آن الگو، حاصل جمع آن ها را معادل مقدار نهایی C برای هر یک از شبکه ها قرار داد.

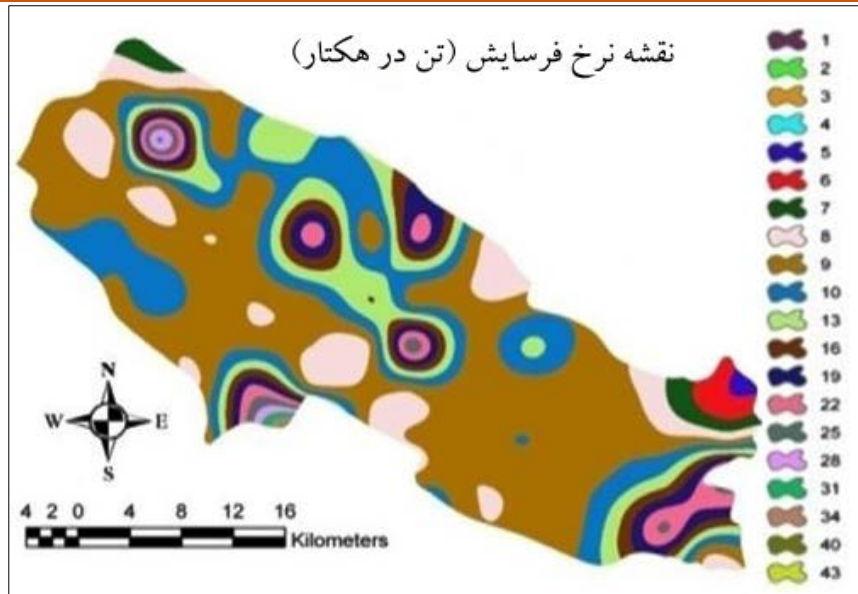
شکل ۴- رابطه متوسط باران سالانه و متوسط انرژی فصلی در دو تیپ بارندگی (رامشت، ۱۳۷۵)

در پایان، با استفاده از فرمول $Z = C.X.K$ میزان خطر فرسایش محاسبه می شود. در واقع این روش می تواند اعدادی

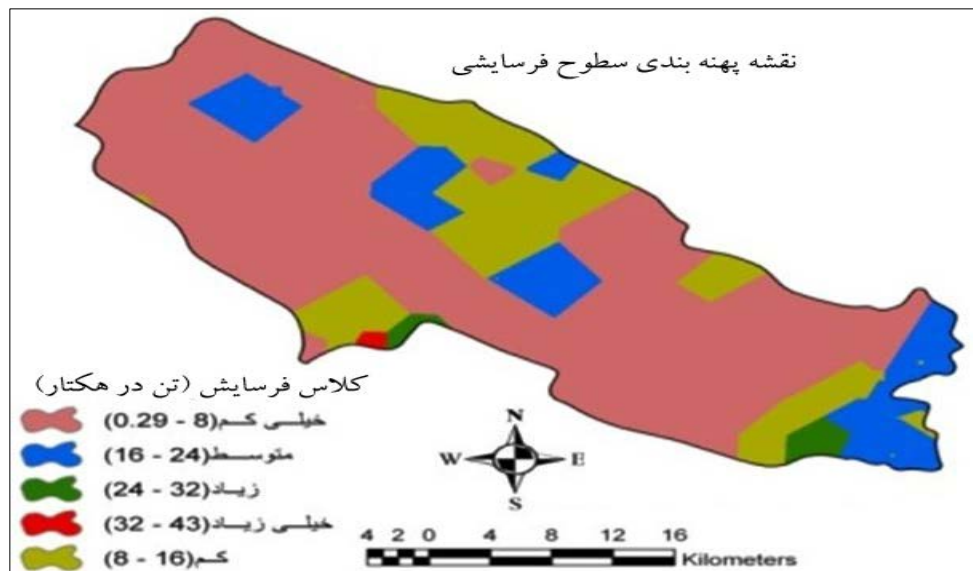
را به ما نشان دهد که بتوانیم به ارزیابی خطرات فرسایشی در هر منطقه و بین مناطق پردازیم (Gregory, 2004). گذشته از این بکارگیری ارزیابی متغیرهای محلی این امکان را فراهم می‌سازد که در چهار چوبه یک مدل‌سازی خاص به ارزیابی خطرات فرسایشی در یک منطقه نسبتاً وسیع مبادرت ورزیم و تکنیک پیدایش یافته ارزیابی یا پیدایش خطرات فرسایش خاک راهی را فراسوی ما قرار می‌دهد تا بتوانیم مدل‌های دیگر فاکتورهای مؤثر در فرسایش را با یکدیگر تلفیق می‌کند، بکار بگیریم و این پیشرفت بسیار مطلوبی نسبت به کارهای ساده‌ای است که قبلاً صورت گرفته است (رامشت، ۱۳۷۵).

تهیه نقشه خطرات فرسایشی در حوزه و تجزیه و تحلیل آن

جهت تهیه نقشه پهنه بندی فرسایش منطقه ابتدا مختصات هر یک از مربعات تور مشخص شد. سپس در یک جدول در ستون اول مقدار X (طول جغرافیایی) و در ستون دوم مقدار Y (عرض جغرافیایی) و در ستون سوم مقدار Z (میزان فرسایش) محاسبه شده قرار می‌گیرد، داده‌های این جدول را که در محیط Excel تهیه می‌شود با استفاده از ابزار Xtools وارد محیط GIS کرده و با میان‌یابی کردن آن‌ها نقشه‌ی نرخ فرسایشی، کانون‌های فرسایش و پهنه بندی فرسایش رسم می‌شود که وضعیت فرسایشی حوزه رومشگان را نشان می‌دهند. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که حدود ۷۷ درصد از اراضی منطقه بیشتر تحت تأثیر عامل شیب زمین (S) فرسایش یافته و این عامل نقش اصلی را در هدر رفت خاک حوزه دارد، پس از آن قابلیت فرسایش پذیری خاک (F) با ۱۲ درصد و انرژی جنبشی باران (E) با ۱ درصد در رده‌های بعدی قرار دارند. البته تمام عوامل مورد بررسی در مدل در فرسایش منطقه نقش داشته و در اینجا تنها به تأثیرگذارترین عامل در هر قسمت (مربع) از حوزه اشاره شده است. و عدم حضور عامل مدیریت اراضی (C) و حضور جزئی انرژی جنبشی باران (E) در نقشه پراکندگی عوامل به معنای مؤثر نبودن آن‌ها در فرسایش پذیری حوزه نیست. عامل شیب در تمام طبقات فرسایشی به عنوان مؤثرترین عامل نقش داشته و با توجه به نقشه پراکندگی عوامل و نقشه کانون‌های فرسایشی هم از نظر مساحت و هم از نظر مقدار خاک از دست رفته عامل شیب مهم‌ترین عامل به شمار می‌آید. همچنین عامل قابلیت فرسایش پذیری در مناطق با مقدار فرسایش بالا به عنوان مؤثرترین عامل دخالت کننده در فرسایش دیده می‌شود. عامل انرژی جنبشی و پوشش گیاهی با توجه به شرایط توپوگرافی و اقلیمی با وجود این که اهمیت زیادی در موضوع فرسایش حوزه دارند در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرد. سطوحی از حوزه که از پوشش گیاهی کم و پراکنده یا منطقه سنگلاخی و انرژی جنبشی بالا برخوردار است بیشترین میزان فرسایش را دارد و در مقابل سطوحی که پوشش گیاهی نسبتاً متراکمی دارند و انرژی جنبشی در آن‌ها متوسط است از کمترین میزان فرسایش برخوردارند. اما واقعیت آن است که پوشش گیاهی همچنان نقش ارز شمند و پنهان خود را در تعیین نرخ فرسایش خاک بر عهده دارد این نکته بیانگر آن است که مطالعه و بررسی عوامل دخیل در فرسایش به صورت منفرد و جداگانه نتایج کاملاً متفاوتی را نسبت به روش‌هایی که این عوامل را در یک مجموعه بررسی می‌کنند، خواهد داشت. با توجه به عوامل مورد استفاده در مدل SLEMSA جهت برآورد میزان فرسایش خاک این مدل می‌تواند نتایج نسبتاً صحیحی را در برآورد میزان خاک از دست رفته در سطوح گوناگون ارائه دهد تا در هنگام نیاز با استفاده از نقشه خطرات فرسایش بتوانیم اقدامات پیشگیرانه را به انجام برسانیم.



شکل ۵- نرخ فرسایش بر حسب تن در هکتار



شکل ۶- نقشه پهنه بندی سطوح فرسایشی

با بررسی بر روی نقشه نرخ فرسایش شکل (۵) منطقه مورد مطالعه به پنج طبقه از نظر اولویت خطرات فرسایشی تقسیم شده است (شکل ۶). این پنج طبقه عبارت‌اند از طبقه با نرخ فرسایشی خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد.

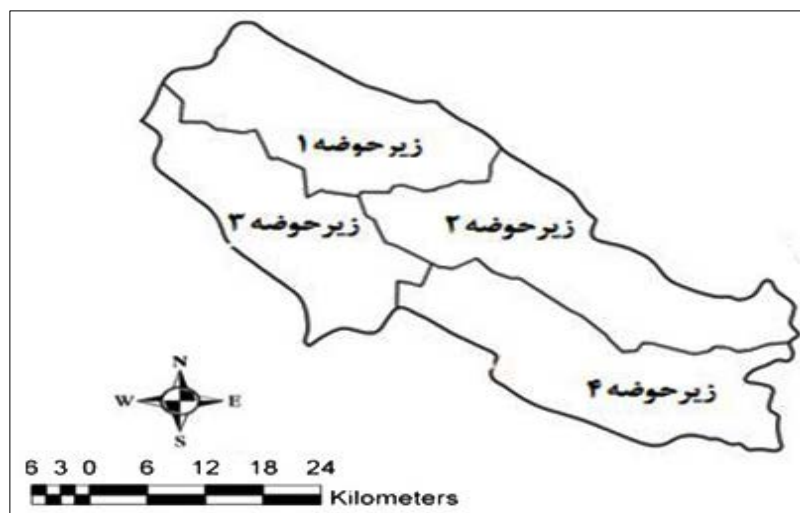
پیاده کردن مدل Topsis بر روی حوزه رومشگان جهت بررسی وضعیت فرسایش

ماتریس تصمیم (ماتریس خام) مسئله فرسایش حوزه رومشگان بعد از کمی کردن، تعیین روند صعودی و نزولی پارامترها (شیب در بحث توپوگرافی) و ارزش‌گذاری مقادیری که کمتر یا بیشتر بودن آن‌ها نشان‌دهنده میزان اهمیت‌شان نیست (مثل بارش حوزه)، به شکل زیر می‌باشد:

جدول ۱: ماتریس تصمیم برای عوامل موثر فرسایش حوزه رومشگان

زیرحوزه‌ها	توپوگرافی	خاک	اقلیم	زراعت
۱	۸	۳	۷	۵
۲	۵	۵	۶	۳
۳	۴	۴	۴	۷
۵	۳	۶	۵	۹
جمع	۲۰	۱۸	۲۲	۲۴

پارامترهای در نظر گرفته شده در ماتریس تصمیم همان پارامترهای مورد بحث در روش SLEMSA می‌باشند و زیرحوزه‌ها (شکل ۷) نیز برای بررسی دقیق تر در روش TOPSIS به وجود آمده‌اند. امتیازی که هر منطقه برای هر پارامتر گرفته است بر طبق محاسبات صورت گرفته در روش برآورد فرسایش SLEMSA می‌باشد. اعداد بزرگ‌تر در ماتریس تصمیم، نشان‌دهنده اهمیت بیشتر پارامترها در فرسایش حوزه است.



شکل ۷- نقشه زیرحوزه‌های حوزه رومشگان

نرمال کردن ماتریس تصمیم (بی بعد سازی مقیاس‌ها)

این مرحله شامل بی مقیاس (بی بعد) کردن مقیاس‌های موجود در ماتریس تصمیم است. به این ترتیب که هر کدام از مقادیر بر اندازه (جمع) بردار مربوط به همان شاخص (معیار، عامل، فاکتور) تقسیم می‌شود.

جدول ۲: ماتریس نرمال شده

زیرحوزه‌ها	توپوگرافی	خاک	اقلیم	زراعت
۱	۰,۴	۰,۱۶۶۶۶۷	۰,۳۱۸۱۸۲	۰,۲۰۸۳۳۳
۲	۰,۲۵	۰,۲۷۷۷۷۷۸	۰,۲۷۲۷۲۷	۰,۱۲۵
۳	۰,۲	۰,۲۲۲۲۲۲	۰,۱۸۱۸۱۸	۰,۲۹۱۶۶۷
۵	۰,۱۵	۰,۳۳۳۳۳۳	۰,۲۲۷۲۷۳	۰,۳۷۵

وزن دهی ماتریس تصمیم (تشکیل ماتریس بی بعد وزین)

برای تشکیل ماتریس بی بعد وزین وزن پارامترها با مقایسه عوامل با هم و ترسیم ماتریس مقایسه زوجی تعیین می‌شود. در این مرحله اهمیت فاکتورها بیان می‌شود. برای این کار عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و وزن آن‌ها محاسبه می‌گردد. مقایسه زوجی در یک ماتریس K در K (که در این تحقیق برای مقایسه یک ماتریس 4×4 است) انجام می‌شود (وزن نسبی). سپس با تلفیق این وزن‌ها، وزن نهایی هر گزینه مشخص می‌شود (ستون بردار ویژه در جدول ۳). وزن‌هایی که در این جا برای مقایسه زوجی پارامترها به آن‌ها داده شده است نیز بر اساس محاسبات صورت گرفته در مدل SLEMSA (نقشه پراکندگی عوامل مؤثر در فرسایش حوزه) می‌باشد.

جدول ۳- تلفیق وزن‌ها در ماتریس مقایسه زوجی

عامل	توپوگرافی	خاک	اقلیم	زراعت	بردار ویژه
توپوگرافی	۰,۵۹۶۵۹۱	۰,۶۶۱۷۶۵	۰,۵۳۵۷۱۴	۰,۴۳۷۵	۰,۵۵۷۸۹۲
خاک	۰,۱۹۸۸۶۴	۰,۲۲۰۵۸۸	۰,۳۲۱۴۲۹	۰,۳۱۲۵	۰,۲۶۳۳۴۵
اقلیم	۰,۱۱۹۳۱۸	۰,۰۷۳۵۲۹	۰,۱۰۷۱۴۳	۰,۱۸۷۵	۰,۱۲۱۸۷۳
زراعت	۰,۰۸۵۲۲۷	۰,۰۴۴۱۱۸	۰,۰۳۵۷۱۴	۰,۰۶۲۵	۰,۰۵۶۸۹

جدول ۴- ماتریس بی بعد وزین

زیرحوزه‌ها	توپوگرافی	خاک	اقلیم	زراعت
۱	۰,۲۲۳۱۵۷	۰,۴۳۸۹۱	۰,۰۳۸۷۷۸	۰,۰۱۱۸۵۲
۲	۰,۱۳۹۴۷۳	۰,۰۷۳۱۵۱	۰,۰۳۳۲۳۸	۰,۰۰۷۱۱۱
۳	۰,۱۱۱۵۷۸	۰,۰۵۸۵۲۱	۰,۰۲۲۱۵۹	۰,۰۱۶۵۹۳
۵	۰,۰۸۳۶۸۴	۰,۰۸۷۷۸۲	۰,۰۲۷۶۹۸	۰,۰۲۱۳۳۴

تعیین راه حل ایده آل مثبت و ایده آل منفی

برای به دست آوردن ایده آل مثبت و منفی با توجه به مقادیر پارامترها و نوع رابطه آنها با مسئله مورد مطالعه تصمیم‌گیری می‌شود. در حالت رابطه مستقیم در تعیین ایده آل مثبت مقدار بیشینه در ماتریس بی بعد وزین پیدا کرده و برای ایده آل منفی مینیمم را. در غیر این صورت برعکس عمل می‌شود.

جدول ۵- ایده آل مثبت و منفی

ایده آل مثبت	۰,۲۲۳۱۵۷	۰,۰۸۷۷۸۲	۰,۰۳۸۷۷۸	۰,۰۲۱۳۳۴
ایده آل منفی	۰,۰۸۳۶۸۴	۰,۰۴۳۸۹۱	۰,۰۲۲۱۵۹	۰,۰۰۷۱۱۱

محاسبه میزان فاصله از ایده آل مثبت و منفی

برای به دست آوردن فاصله از ایده آل مثبت، تک تک درایه‌های ماتریس نرمال وزین منهای ایده آل مثبت نموده و به توان ۲ می‌رسانیم سپس مجموع آن‌ها را $\sqrt{\quad}$ سبب کرده و در مرحله آخر از آن‌ها جذر می‌گیریم. برای به دست آوردن فاصله از ایده آل منفی نیز به همین گونه عمل می‌کنیم (اصغرپور، ۱۳۸۱).

جدول ۶: میزان فاصله از ایده آل مثبت

میزان فاصله	جمع	زراعت	اقلیم	خاک	توپوگرافی	زیرحوزه‌ها
۰,۰۴۴۹	۰,۰۰۲۰	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰۰	۰,۰۰۱۹	۰,۰۰۰۰	۱
۰,۰۸۶۳	۰,۰۰۷۵	۰,۰۰۰۲	۰,۰۰۰۰	۰,۰۰۰۲	۰,۰۰۷۰	۲
۰,۱۱۶۶	۰,۰۱۳۶	۰,۰۰۰۰	۰,۰۰۰۳	۰,۰۰۰۹	۰,۰۱۲۴	۳
۰,۱۳۹۹	۰,۰۱۹۶	۰,۰۰۰۰	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰۰	۰,۰۱۹۵	۵

جدول ۷: میزان فاصله از ایده آل منفی

میزان فاصله	جمع	زراعت	اقلیم	خاک	توپوگرافی	زیرحوزه‌ها
۰,۱۴۰۵۴۰	۰,۰۱۹۷۵۱	۰,۰۰۰۰۲۲	۰,۰۰۰۲۷۶	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۱۹۴۵۳	۱
۰,۰۶۳۹۶۴	۰,۰۰۴۰۹۱	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۱۲۳	۰,۰۰۰۸۵۶	۰,۰۰۳۱۱۲	۲
۰,۰۳۲۸۹۵	۰,۰۰۱۰۸۲	۰,۰۰۰۰۹۰	۰,۰۰۰۰۰۰	۰,۰۰۰۲۱۴	۰,۰۰۰۷۷۸	۳
۰,۰۴۶۴۶۹	۰,۰۰۲۱۵۹	۰,۰۰۰۲۰۲	۰,۰۰۰۰۳۱	۰,۰۰۱۹۲۶	۰,۰۰۰۰۰۰	۵

محاسبه میزان شباهت (نزدیکی نسبی) به راه حل ایده آل مثبت

جهت به دست آوردن میزان شباهت به راه حل ایده آل مثبت، فاصله از ایده آل منفی را بر جمع فاصله از ایده آل مثبت و منفی تقسیم می‌کنیم (جدول ۸). پس از محاسبه میزان نزدیکی گزینه‌ها به راه حل ایده آل مثبت، بر اساس ترتیب نزولی آن‌ها می‌توان گزینه‌ها را رتبه‌بندی کرد. با توجه به جدول ۷، زیرحوزه شماره ۱ بیش‌ترین حساسیت را برای فرسایش پذیری داشته و پس از آن به ترتیب زیرحوزه‌ها شماره ۲، ۴ و ۳ قرار می‌گیرند.

جدول شماره ۸: محاسبه میزان شباهت (نزدیکی نسبی) به راه حل ایده آل مثبت

میزان شباهت به راه حل ایده آل مثبت	زیرحوزه‌ها
۰,۷۵۷۸۵۹	۱
۰,۴۲۵۶۳۹	۲
۰,۲۱۹۹۸۲	۳
۰,۲۴۹۳۲۲	۴

۴- نتیجه‌گیری

بررسی حاضر نشان می‌دهد که طبقه فرسایشی خیلی کم (۰/۲۳ تا ۸ تن در هکتار در سال) در حوزه آبخیز رومشگان، بیش‌ترین وسعت را شامل می‌شود و پس از آن طبقات فرسایشی کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار دارند. به طور کلی می‌توان گفت منطقه دارای قابلیت فرسایش پذیری کم تا متوسطی است. نتایج به کارگیری مدل TOPSIS در بررسی وضعیت فرسایش حوزه رومشگان نیز نشان می‌دهد که عامل توپوگرافی (شیب) بیش از سایر عوامل در فرسایش پذیری حوزه موثر بوده و نقش اصلی را بر عهده دارد. همچنین بر اساس این مدل زیرحوزه شماره ۱ در شمال حوزه (با بیش‌ترین میزان شباهت به ایده آل مثبت)، بیش‌ترین میزان آسیب‌پذیری در برابر فرسایش را داشته و پس از آن به ترتیب زیرحوزه‌های شماره ۲، ۴ و ۳ قرار گرفته‌اند. دلیل این امر بیش از همه می‌تواند حاصل وضعیت ارتفاعات و میزان شیب زیرحوزه‌ها شده باشد.

با نگاه ژئومورفولوژیکی به وضعیت فرسایش و عوامل موثر در سطح حوزه، متوجه می‌شویم که در سطح واحد ژئومورفولوژیکی دشت در منطقه، نقش فرسایشی عوامل زمین‌شناسی (رسوبات آبرفتی، مارن، ژیبس، شیل و ...) و کاربری اراضی و در واحدهای ژئومورفولوژیکی دیگر به خصوص واحد کوهستان نقش متغیرهای شیب، زمین‌شناسی و بارندگی بیشتر است. با توجه به وضعیت فرسایشی منطقه لزوم اقدامات لازم در جهت حفاظت از منابع خاک منطقه و پیشگیری از فرسایش و هدر رفت آن لازم و ضروری به نظر می‌رسد.

۵- مراجع

- ۱- اصغر پور، م.، ۱۳۸۱، تصمیم‌گیری چندمعیاره، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- اونق، م.، نهتابی، م.، ۱۳۸۳، رابطه واحدهای ژئومورفولوژی و فرسایش و تولید رسوب در حوزه آبخیز کاشیدر (گرگانرود)، علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال یازدهم، شماره اول، ۱۵۷-۱۷۰.
- ۳- پورمحمدی املشی، ا.، ۱۳۸۰، محاسبه مقایسه‌ای فرسایش در حوزه آبخیز شلمان رود، به روش SLEMSA، PSIAC، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان.
- ۴- حاجی بیگلر، م.، ۱۳۷۰، برآورد رسوب از طریق فرمول‌های تجربی در حوزه آبخیز سفیدرود با روش فورنیه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد.
- ۵- رامشت، م.ح.، ۱۳۷۵، کاربرد ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان.
- ۶- محمدی، ا.، ۱۳۸۷، برآورد فرسایش به روش SLEMSA مطالعه موردی حوزه آبخیز قلجق، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان.
- ۷- مروجی، ل.، ۱۳۸۵، ارزیابی فرسایش و رسوب در پارسل A2 زاینده‌رود از زیر حوزه‌های زاینده‌رود با استفاده از مدل SLEMSA، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان.
- ۸- مقصودی، م.، یمانی، م.، سالاری، م.، ۱۳۸۸، برآورد فرسایش و رسوب از طریق ارزیابی متغیرهای تأثیرگذار در حوزه وزنه با استفاده از GIS، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۶، ۱۱۹-۱۳۴.
- 9- Aigwe, c. AKamigbo, F. bagwu, J.S (1997). Application of SLEMSA and USLE erosion models for potential erosion hazard mapping in south eastern Nigeria, University of Nigeria.
- 10- Attanda, M, Igue (2002), "The Qualitative Assessment of water erosion risk in moist savannah of Benin. 12th ISCO conference Beijing.
- 11- Elwell, H.A., and Stocking, M.A (1982) Developing a simple yet practical method of soil-loss estimation. Tropical Agriculture, 59:43-48.
- 12- Elwell HA (1978) Modeling soil losses in southern Africa. Journal of Agricultural Engineering Research 23: 117-127.
- 13- Elwell, H.A. & Stocking, M.A (1984) Estimating soil life-span. Trop. Agric. (in press). Farm Management Handbook (1982) Department of Agricultural, Technical and Extension Services, Harare, Zimbabwe.
- 14- Gregory, D.B (2004) A critique of soil erosion modeling at a catchment scale using GIS, Faculties der Araden Leven wetenschappen, Vrije Universities Amsterdam, The Netherlands.
- 15- H Wang C-L & Yoo, K. (1981), Multiple Attribute decision-making, Springer-verlag
- 16- Stocking, M.A. (1982) Modeling soil losses. Suggestions for a Brazilian approach. UNDP BRA/82/001, Report of the Overseas Development Group, University of East Anglia.
- 17- Svorin, J (2003), a test of three soil erosion models incorporated in to a geographical information system, Hydrological processes 17, university of Copenhagen.