

## بررسی قابلیت استفاده از نقشه واحدهای خاک به منظور برآورد تغییرات مکانی فاکتور فرسایش پذیری خاک

ابراهیم امیدوار<sup>۱\*</sup>، عطاءالله کاویان<sup>۲</sup>، کریم سلیمانی<sup>۳</sup>، سمیه مشاری<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۶

### چکیده

براساس رابطه جهانی فرسایش خاک (USLE) یکی از عوامل شش گانه مؤثر بر فرسایش آبی، فرسایش پذیری خاک (K) است. محاسبه فاکتور K با استفاده از اندازه گیری های مستقیم روی کرت های طبیعی دقیق تر انجام می شود که این امر در مساحت های بزرگ غیرممکن است. برای مقابله با این مسئله مقادیر اندازه گیری شده فاکتور K را به خصوصیات خاک ارتباط داده و از نقشه های طبقه بندی خاک استفاده می کنند. در مطالعه حاضر، قابلیت نقشه خاک شناسی به منظور استفاده به عنوان نقشه فرسایش پذیری خاک در مقیاس حوزه آبخیز مورد ارزیابی قرار گرفت. این موضوع با استفاده از بررسی تغییرات فاکتورهای برآوردکننده فرسایش پذیری خاک در تیپ های مختلف موجود در نقشه خاک شناسی دنبال شد. همچنین به منظور نشان دادن پراکنش مکانی فاکتور K از تکنیک زمین آمار و روش کریجینگ استفاده شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که از بین پارامترهای برآوردکننده فرسایش پذیری خاک درصد سیلت، ساختمان خاک و نفوذپذیری دارای اختلاف معنی داری در برخی از تیپ های خاک بوده و درباره سایر پارامترها و همچنین فاکتور K اختلاف معنی داری مشاهده نشد. بنابراین در یک نتیجه گیری کلی از این پژوهش می توان گفت که نقشه های معمولی تیپ های خاک در منطقه مورد مطالعه، قابلیت استفاده برای محاسبه فاکتور فرسایش پذیری را ندارند.

**کلمات کلیدی:** نقشه خاک، فاکتور فرسایش پذیری، GLM، زمین آمار، کریجینگ.

۱. استادیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، نویسنده مسئول / ebrahimomidvar@kashanu.ac.ir

۲. دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳. استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۴. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه هرمزگان

## ۱. مقدمه

فرسایش خاک به عنوان یکی از بزرگ‌ترین مشکلات محیطی در دنیا مطرح بوده که هم کشورهای در حال توسعه و هم کشورهای توسعه یافته را تهدید می‌کند (سازمان بین‌المللی حفاظت خاک<sup>۱</sup>، ۲۰۰۲). فرسایش علاوه بر از بین بردن حاصلخیزی خاک سطحی، با استفاده از رسوبات انتقال یافته، کیفیت آب را پایین آورده و رودخانه‌ها و مخازن را مسدود و پر می‌کند (ژو<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۳). در این راستا شناخت و ارزیابی عوامل مؤثر در فرسایش آبی، نخستین گام در ارائه راهکارهای مناسب برای کاهش فرسایش خاک است. براساس رابطه جهانی، فرسایش خاک (USLE) یکی از عوامل شش گانه مؤثر بر فرسایش آبی، فرسایش پذیری خاک (فاکتور K) است (واعظی و همکاران، ۱۳۸۶). فاکتور K مقدار میانگین سالانه‌ای از عکس العمل پروفیل خاک نسبت به فرایند جداسازی و انتقال خاک در اثر برخورد قطرات باران و جریان سطحی را نشان می‌دهد (رنارد<sup>۳</sup> و همکاران، ۱۹۹۷). مقدار دقیق فاکتور K با استفاده از اندازه‌گیری‌های مستقیم روی کرت‌های طبیعی به دست می‌آید (کینل<sup>۴</sup>، ۲۰۱۰)؛ هرچند که این امر در مقیاس ملی یا قاره‌ای غیرممکن است. بنابراین با توجه به این مشکل، برای محاسبه فاکتور K در این مقیاس‌ها، مقادیر آن را به خصوصیات خاک ارتباط می‌دهند (پاناگوس<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۳). حساسیت پذیری خاک به فرسایش به مقدار زیادی تحت تأثیر خصوصیات اقلیمی، فیزیکی، هیدرولوژیکی، شیمیایی، کانی‌شناسی و بیولوژیکی است (رودریگوئز<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۲؛ ویهه<sup>۷</sup>، ۲۰۰۲). هرچند که برخی از خصوصیات خاک مانند میزان ماده آلی، نفوذپذیری، پایداری مواد زاید و حتی در برخی موارد ترکیب شیمیایی میزان فرسایش پذیری را مشخص می‌کنند (مورگان<sup>۸</sup>، ۱۹۹۵). فاکتور K اکثر این پارامترها را در خود جای داده و به همین دلیل، یکی از پرکاربردترین روش‌های ارزیابی خطر فرسایش

در دنیا است (رنارد<sup>۹</sup> و همکاران، ۱۹۹۴ و ۱۹۹۷؛ ویشمایر و اسمیت<sup>۱۰</sup>، ۱۹۷۸). با توجه به این امر که فرسایش پذیری خاک یک خصوصیت ذاتی با یک مقدار ثابت بوده، برخی محققان از جمله ماتی<sup>۱۱</sup> و همکاران (۲۰۰۲)، گارسیا فایوس<sup>۱۲</sup> و همکاران (۱۹۸۹) و ویهه (۲۰۰۲) برای مطالعه فرسایش پذیری خاک، از نقشه‌های طبقه‌بندی خاک استفاده کرده‌اند (ژانگ<sup>۱۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۴).

البلدجو<sup>۱۴</sup> و همکاران (۱۹۹۵) خاک‌های طبقه‌بندی شده براساس سیستم FAO را مورد بررسی قرار داده و دریافتند که بین طبقات مختلف، تفاوت‌هایی از نظر فرسایش پذیری وجود دارد؛ از این رو آن‌ها پیشنهاد کردند که برای تشریح مناطق با فرسایش پذیری مختلف، بایستی نقشه‌های سنگ‌شناسی نیز مورد استفاده قرار گیرد. درحقیقت آن‌ها براساس حضور (یا عدم حضور) لایه‌های قابل تشخیص و خصوصیات ژنتیکی که به طور زیادی تحت تأثیر اقلیم و سنگ‌شناسی می‌باشد اقدام به ترسیم نقشه‌های فرسایش پذیری کردند و در نتیجه از نظر آن‌ها فاکتورهایی مانند ساختمان خاک و نفوذپذیری در فرسایش پذیری مهم نبوده است (ویهه، ۲۰۰۲؛ روس و سارایل<sup>۱۵</sup>، ۱۹۹۰).

ویهه (۲۰۰۲) تغییرپذیری مکانی فاکتور فرسایش پذیری و ارتباط آن با تیپ‌های مختلف خاک را در شمال کشور غنا مورد بررسی قرار داد. نتایج وی نشان داد که پارامترهای مختلف محاسبه فاکتور K در بین تیپ‌های مختلف خاک و همچنین درون تیپ‌ها دارای رابطه و همبستگی ضعیفی هستند. همچنین در مناطقی که ناهمگنی مکانی کمی وجود دارد، از بین این پارامترها، درصد شن می‌تواند به عنوان یک معرف خوب برای فرسایش پذیری خاک باشد. نتیجه نهایی این تحقیق نشان داد که در منطقه مورد مطالعه استفاده از نقشه‌های ۱:۱۲۵۰۰۰ خاک F.A.O برای تهیه نقشه‌های فرسایش پذیری دارای مشکلاتی است.

رودریگوئز و همکاران (۲۰۰۷) طی مطالعه‌ای در حوالی مادرید اسپانیا، تغییرپذیری مکانی پارامترهای فرسایش پذیری خاک

1. International Soil Conservation Organization (ISCO)
2. Zhu
3. Renard
4. Kinnell
5. Panagos
6. Rodriguez
7. Veihe
8. Morgan

9. Renard
10. Wischmeier and Smith
11. Mati
12. Garcia-Fayos
13. Zhang
14. Albaladejo
15. Roose and Sarraillh

برای میان‌یابی موجود باشند. به دلیل اینکه اطلاعات تهیه شده به وسیله یک متغیر، متغیر دیگر را پشتیبانی می‌کند، خطای حاصل از پیش‌بینی تمامی متغیرها کاهش می‌یابد (ایساک و سیرواتاوا<sup>۵</sup>، ۱۹۸۹). این امر به‌طور ویژه‌ای درباره فرسایش‌پذیری خاک مفید است، زیرا متغیرهای زیادی مانند میزان ماده آلی خاک و نفوذپذیری به آن نسبت داده می‌شوند. روش کریجینگ یک گزینه قابل اجرا برای تهیه نقشه‌های فرسایش‌پذیری خاک است (ون‌بوردن و ریزبوس<sup>۶</sup>، ۱۹۸۸).

هدف از مطالعه حاضر، ارزیابی نقشه خاک‌شناسی به‌منظور استفاده به‌عنوان نقشه فرسایش‌پذیری خاک در مقیاس حوزه آبخیز است. این موضوع با استفاده از ارزیابی تغییرات فاکتورهای برآوردکننده فرسایش خاک در تیپ‌های مختلف موجود در نقشه خاک‌شناسی حوزه آبخیز داراب‌کلا دنبال می‌شود.

## ۲. مواد و روش‌ها

### ۱.۲. نقشه طبقه‌بندی خاک

به‌منظور پیشبرد مراحل اجرای این پژوهش ابتدا نیاز بود که یک نقشه طبقه‌بندی خاک براساس استانداردهای معمول در مقیاس حوضه تهیه شود. بدین منظور نقشه خاک‌شناسی تهیه شده با استفاده از استاندارد F.A.O مربوط به یک حوضه در استان مازندران انتخاب شد. منطقه مذکور حوزه آبخیز داراب‌کلا در استان مازندران بوده که از لحاظ مختصات جغرافیایی در محدوده بین  $53^{\circ}09'52''$  تا  $53^{\circ}21'40''$  طول شرقی و  $36^{\circ}27'55''$  تا  $36^{\circ}39'08''$  عرض شمالی قرار دارد. از نظر خاک‌شناسی نیز در این حوضه چهار واحد خاک وجود دارد که مشخصات رده‌بندی هر واحد با استفاده از روش‌های U.S.D.A و F.A.O در جدول (۱) ارائه شده است (واحد مطالعات آبخیزداری استان مازندران، ۱۳۸۹). همچنین در شکل (۱) موقعیت مکانی واحدهای چهارگانه خاکی نیز در حوضه نشان داده شده است.

و رابطه آن با نقشه‌های خاک را در سطح زیرگروه مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. یافته‌های تحقیق آن‌ها حاکی از این بود که در منطقه مورد مطالعه پارامترهای درصد سیلت و کلاس ساختمان خاک می‌توانند فاکتورهای کلیدی برای تهیه نقشه‌های فرسایش‌پذیری باشند. اما سایر پارامترها دارای اختلاف معنی‌داری در بین تیپ‌های مختلف خاک نیستند. سایر نتایج این تحقیق نیز نشان داد که برای منطقه مذکور، نقشه‌های خاک برای تهیه نقشه‌های فرسایش‌پذیری مناسب نبوده، ولی به‌جای آن‌ها نقشه فیزیوگرافی که براساس معیارهای زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، پوشش گیاهی و هیدرولوژی به‌وجود می‌آید، می‌تواند گزینه مناسبی باشد.

پاناگوس و همکاران (۲۰۱۲) فرسایش‌پذیری خاک را با استفاده از داده‌های ۲۲۰۰۰ نمونه خاک از قسمت‌های مختلف اروپا محاسبه و با استفاده از روش عکس فاصله میان‌یابی نموده و مقادیر به‌دست آمده را بین کشورهای مختلف مقایسه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که در کشورهای اروپایی مقادیر این فاکتور بین محدوده  $0.07 \text{ t m}^2 \text{ h ha}^{-1} \text{ hJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$  تا  $0.87$  بوده و مقدار متوسط و انحراف معیار این داده‌ها به‌ترتیب  $0.13$  و  $0.41$  بوده است.

یکی دیگر از روش‌های معمول برای تهیه نقشه فرسایش‌پذیری خاک تعمیم اطلاعات فاکتور فرسایش‌پذیری در نقاط مختلف به سطح یک منطقه با استفاده از زمین‌آمار است. استفاده از تکنیک‌های زمین‌آمار برای بررسی تغییرات مکانی اجازه بررسی پیشرفته تغییرات خصوصیات خاک را می‌دهد (گواثرتز<sup>۱</sup>، ۱۹۹۸). این روش به‌طور ویژه‌ای واقعیت را درباره فرسایش‌پذیری خاک منعکس می‌کند (پاریساوا<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۱؛ وانگ<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۱).

روش‌های زمین‌آمار مبتنی بر برآورد (کریجینگ) و شبیه‌سازی، مناطقی را که تنها اطلاعات واقعی دارند، براساس یک عدد معین از نمونه توصیف می‌کنند (گواثرتز، ۱۹۹۸؛ چیلز و دلفینر<sup>۴</sup>، ۱۹۹۷). این روش‌ها هنگامی مناسب‌اند که متغیرهای مورد نظر

1. Goovaerts
2. Parysow
3. Wang
4. Chiles and Delfiner

5. Isaaks and Srivastava
6. Van Beurden and Reizebos

جدول (۱): رده‌بندی واحدهای مختلف خاک حوزه آبخیز داراب کلا به دو روش F.A.O و U.S.D.A

| واحد خاک                                                   | رده‌بندی خاک (U.S.D.A)                  |                              |                       | سیستم FAO                    |                |              |           |            |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------|--------------|-----------|------------|
|                                                            | فامیل                                   | زیرگروه                      | رده                   |                              |                |              |           |            |
| ۱                                                          | لومی ریز، مخلوط، حرارتی <sup>۷</sup>    | کلسیک فلوونیتیک <sup>۵</sup> | مالی سول <sup>۳</sup> | کلسیک کاستانوزم <sup>۱</sup> |                |              |           |            |
| ۲                                                          | لومی ریز، مخلوط، حرارتی <sup>۷</sup>    | کلسیک فلوونیتیک              | مالی سول              | کلسیک کاستانوزم              |                |              |           |            |
| ۳                                                          | لومی اسکلتی، مخلوط، حرارتی <sup>۸</sup> | کلسیک فلوونیتیک              | مالی سول              | کلسیک کاستانوزم              |                |              |           |            |
| ۴                                                          | لومی ریز، مخلوط، حرارتی <sup>۷</sup>    | مالیک هاپلودالف <sup>۶</sup> | آلفی سول <sup>۴</sup> | هیومیک نیتیسول <sup>۲</sup>  |                |              |           |            |
| ۱. Kastanozems                                             | ۲. Calcic                               | ۳. Humic                     | ۴. Mollisols          | ۵. Alfisols                  | ۶. Calciudolls | ۷. Fluventic | ۸. Mollic | Hapludalfs |
| Loamy skeletal,mixed, thermic ۸ Fine loamy,mixed,thermic ۷ |                                         |                              |                       |                              |                |              |           |            |

نفوذسنجی را در سطح منطقه نشان می‌دهد. در ادامه نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شده و به‌منظور تعیین فاکتورهای مرتبط با فرسایش‌پذیری، آزمایش‌های مختلفی روی آن‌ها انجام پذیرفت.

### ۲.۲.۲. محاسبه فاکتور فرسایش‌پذیری

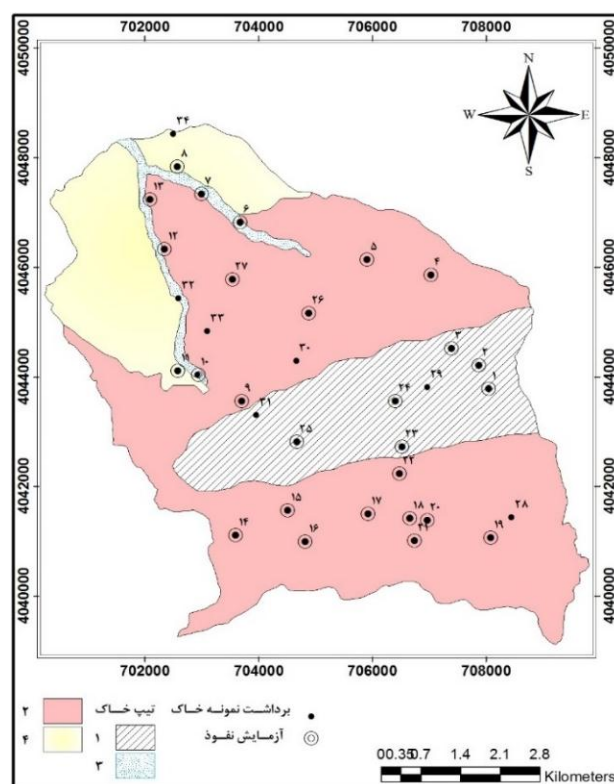
فاکتور K می‌تواند براساس فاکتورهای مربوط به حساسیت فرسایش خاک مانند ساختمان دانه‌ای، مقدار ماده آلی یا نفوذپذیری محاسبه شود. برای محاسبه فاکتور K از رابطه ویشمایر و اسمیت استفاده شد که دارای گسترده‌ترین مورد استفاده می‌باشد و به صورت زیر تعریف می‌شود (رنارد و همکاران، ۱۹۹۷):

$$K = \frac{2.1 \times 10^{-4} \cdot M^{1.14} (12 - OM) + 3.25 (S - 2) + 2.5 (P - 3)}{100 \times 7.59} \quad (1)$$

که در آن، K فاکتور فرسایش‌پذیری خاک ( $t \ m^2 \ h \ ha^{-1}$ )، OM درصد ماده آلی خاک، P کلاس نفوذپذیری، S کد ساختمان خاک و M (درصد سیلت + درصد شن بسیار ریز) × (درصد رس - ۱۰۰) می‌باشد. ضمناً عدد ۷/۵۹ در مخرج معادله به‌منظور تبدیل واحد فاکتور فرسایش‌پذیری خاک از سیستم انگلیسی به متریک است.

### ۳.۲.۲. آزمایش‌های خاک

برای تعیین درصد هر کدام از ذرات اصلی نمونه‌های خاک و همچنین بافت آن از روش تعیین بافت هیدرومتر و برای تعیین درصد شن ریز از روش الک تر استفاده شد (فیض‌نیا، ۱۳۸۷). درصد کربن آلی خاک نیز با استفاده از روش اکسیداسیون مرطوب تعیین شده و با ضرب عدد به‌دست‌آمده در ثابت ۱/۷۲۴، درصد ماده آلی خاک مشخص شد (شوماخر<sup>۱</sup>، ۲۰۰۲).



شکل (۱): موقعیت نقاط نمونه‌برداری و آزمایش نفوذ و همچنین نقشه واحدهای خاک در منطقه مورد مطالعه

### ۲.۲. روش انجام پژوهش

#### ۱.۲.۲. نمونه‌برداری

در این مطالعه ابتدا به‌صورت تصادفی در ۳۴ نقطه از حوضه اقدام به نمونه‌برداری خاک شد. نمونه‌برداری از لایه ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری سطحی خاک صورت پذیرفت. همچنین در ۲۷ نقطه از این نقاط، آزمایش نفوذسنجی به روش استوانه مضاعف انجام پذیرفت. شکل (۱) پراکندگی نقاط نمونه‌برداری و آزمایش

نمونه‌برداری است که توسط آرایه  $h$  از هم جدا شده‌اند و از رابطه زیر محاسبه می‌شود (محمدی، ۱۳۷۷):

$$\hat{y}(h) = \frac{1.1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} (z(x_{i+h}))^2 \quad (2)$$

$N(h)$ ، عبارت از جفت نمونه‌های جدا شده توسط  $h$  است.

یکی از فاکتورهای که از روی تغییرناهما می‌توان به آن دست یافت، وابستگی مکانی<sup>۲</sup> است. نسبت اثر قطعه‌ای به سقف  $(C_0/(C_0+C))$  به عنوان مقادیر وابستگی مکانی تعریف شده است، به نحوی که مقادیر کمتر از ۲۵ درصد نمایانگر وابستگی مکانی قوی، مقادیر ۲۵ تا ۷۵ درصد به عنوان وابستگی مکانی متوسط و مقادیر بیشتر از ۷۵ درصد معرف وابستگی مکانی ضعیف است (سادلر<sup>۳</sup> و همکاران، ۱۹۹۸؛ گاناوا و شریف<sup>۴</sup>، ۲۰۰۳؛ آورسوالد<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۹).

به طور کلی، تخمین زمین آماری فرایندی است که طی آن می‌توان مقدار یک کمیت در نقاطی با مختصات معلوم را با استفاده از مقدار همان کمیت در نقاط دیگری با مختصات معلوم به دست آورد. در زمین آمار، روش‌های مختلفی برای تخمین وجود دارد که یکی از بارزترین آن‌ها کریجینگ است.

از آنجاکه لازمه تحلیل‌هایی از قبیل محاسبه تغییرنا و همچنین استفاده از روش‌های میان‌یابی مانند کریجینگ، استفاده از داده‌های نرمال است، قبل از وارد کردن داده‌ها به محیط نرم‌افزار  $GS^+$ ، نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلو موگروف - اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفته و از نرمال بودن داده‌ها اطمینان حاصل شد.

پس از محاسبه فاکتور  $K$  در هر نقطه با استفاده از نرم‌افزار 9  $GS^+$ ، مدل‌های مختلف تغییرنمای تجربی برای داده‌ها محاسبه و مناسب‌ترین مدل براساس پایین‌ترین مقدار  $R.S.S$  و بالاترین مقدار  $R^2$  تعیین گردید و سپس ساختار مکانی داده‌ها در کل حوضه بررسی شد. در ادامه، مشخصات مربوط به مدل تغییرنمای انتخاب‌شده به محیط نرم‌افزاری Arc GIS منتقل شد و نقشه مربوط به فاکتور فرسایش‌پذیری خاک ( $K$ ) با استفاده از روش

همچنین به منظور تعیین کلاس نفوذپذیری خاک‌ها برای ۲۷ نقطه از محل‌های نمونه‌برداری از داده‌های آزمایش نفوذسنجی خاک به روش استوانه مضاعف استفاده شد. در این نقاط با توجه به سرعت نفوذ آب در خاک کلاس نفوذپذیری خاک تعیین شد. تعیین کلاس نفوذپذیری برای شش نقطه دیگر نیز با استفاده از جداول مربوطه و بر مبنای بافت خاک تعیین شد (رنارد و همکاران، ۱۹۹۷).

کد ساختمان خاک نیز طی مشاهدات صحرایی و آزمایشگاهی با توجه به شکل خاکدانه‌ها تعیین شد.

## ۴.۲.۲. مقایسه فاکتورهای مربوط به محاسبه $K$ در تیپ‌های مختلف خاک

در این تحقیق برای بررسی تأثیر تیپ‌های مختلف خاک بر فاکتورهای مربوط به محاسبه  $K$  از آزمون آماری مدل خطی عمومی ( $GLM$ )<sup>۱</sup> چندمتغیره استفاده شد. همچنین برای مقایسه میانگین‌های این فاکتورها در تیپ‌های مختلف خاک حوضه از آزمون  $S.N.K$  با سطح معنی‌داری ۹۵٪ استفاده شد. این آزمون با این هدف انجام پذیرفت که مشخص شود آیا فاکتورهای مربوط به محاسبه فرسایش‌پذیری در تیپ‌های مختلف خاک دارای تغییرات آماری معنی‌داری هستند یا خیر؟ بدین منظور از متغیرهای درصد رس، درصد سیلت، درصد شن، درصد ماده آلی، ساختمان خاک و نفوذپذیری و همچنین فاکتور  $K$  به عنوان متغیر وابسته و تیپ‌های مختلف خاک به عنوان فاکتور کنترل استفاده شد. همه آزمون‌های آماری فوق با استفاده از نرم‌افزار SPSS-18 انجام پذیرفت.

## ۵.۲.۲. تهیه نقشه فاکتور فرسایش‌پذیری خاک با استفاده از زمین‌آمار به منظور تهیه نقشه پراکنش مکانی فاکتور $K$ در این پژوهش، از میان‌یابی نقاط با استفاده از زمین آمار استفاده شد.

تجزیه و تحلیل ساختار تغییرات مکانی در زمین‌آمار با استفاده از تغییرنما (واریوگرام) صورت می‌گیرد. تابع واریوگرام، ابزار کلیدی در نظریه متغیرهای ناحیه‌ای است. مقدار واریوگرام  $(\hat{y}(h))$ ، عبارت از متوسط مجذور اختلافات بین دو مشاهده  $(Z(x), Z(x+h))$  در دو موقعیت مکانی واقع در فضای

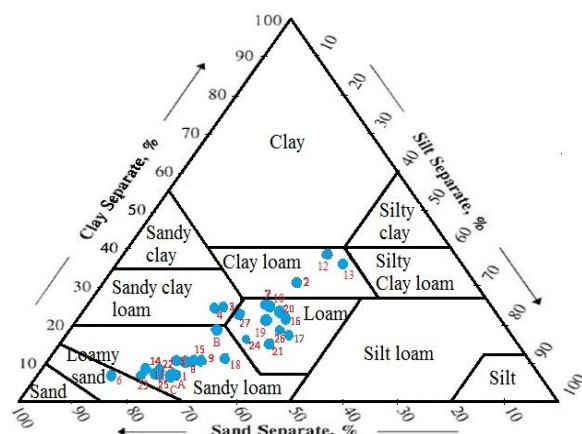
2. Dependence Variability

3. Sadler

4. Ganawa and Sharif

5. Auerswald

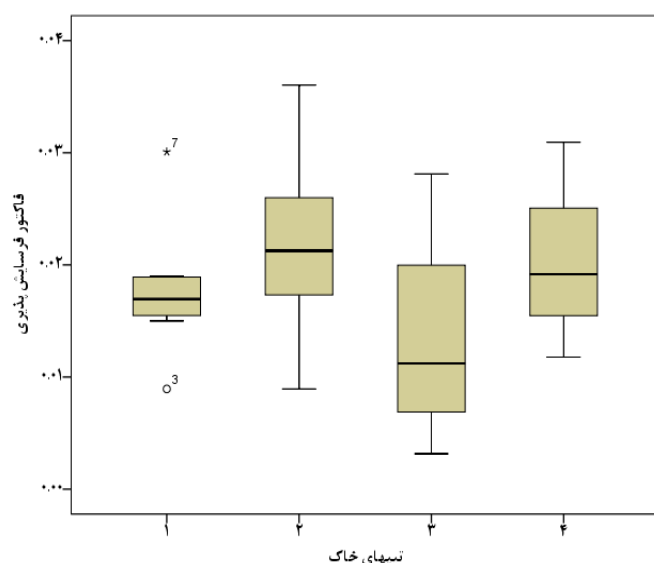
1. General Linear Model



شکل ۳: بافت خاک مربوط به نقاط مختلف آزمایشی در مثلث بافت

## ۲.۴. بررسی تغییرات فاکتورهای مربوط به محاسبه K در تیپ‌های مختلف خاک

نتایج به دست آمده درباره فاکتور فرسایش پذیری در تیپ‌های مختلف خاک در شکل (۴) و جدول (۲) نشان داده شده است.



شکل (۴): نمودار جعبه‌ای تغییرات فاکتور فرسایش پذیری در تیپ‌های مختلف خاک

علی‌رغم اینکه در بین خاک‌های مختلف تفاوت‌هایی از نظر فاکتور فرسایش‌پذیری دیده شد، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری در بین تیپ‌های مختلف دیده نشد. شکل (۴) نمودار جعبه‌ای فاکتور فرسایش‌پذیری را نشان می‌دهد. در این شکل مقادیر میانگین، حداکثر و حداقل فاکتور فرسایش‌پذیری در تیپ‌های چهارگانه خاک حوضه دیده می‌شود. نتایج حاصل از

کریجینگ ترسیم گردید. این روش یک سطح برآورد شده‌ای از توزیع پراکنده نقاط نمونه‌برداری را تولید می‌کند. روش کریجینگ فرض می‌کند که پارامتر میان‌یابی شده می‌تواند به صورت یک متغیر منطقه‌ای شده عمل کند (رودریگوئز و همکاران، ۲۰۰۷).

پس از تهیه این نقشه، به منظور بررسی هم‌خوانی تیپ‌های مختلف خاک حوضه با پراکنش فاکتور K هر دوی این نقشه‌ها روی هم انداخته شد و به صورت بصری مورد تفسیر قرار گرفت.

## ۴. نتایج

### ۱.۴. آماره‌های توصیفی پارامترهای مختلف خاک

نتایج آزمایش‌های انجام‌شده روی ۳۴ نمونه خاک برداشت‌شده از حوضه در جدول (۱) نشان داده شد. نتایج حاصل از این جدول نشان داد که بیشترین تغییرات ممکن مربوط به سرعت نفوذپذیری خاک بوده که دارای دامنه تغییرات  $928/75 \text{ mm/hr}$  و ضریب تغییرات  $1/08$  (۱۰۸ درصد) است. از پارامترهای خاک نیز درصد رس با ضریب تغییرات  $0/53$  بیشترین تغییرات را داشته است. کمترین تغییرات نیز مربوط به پارامتر M با ضریب تغییرات  $0/21$  بود. این امر به این دلیل است که پارامتر M برآیندی از سهم تمامی ذرات اصلی خاک است. از این رو در تغییر این عامل سه فاکتور درصد رس، سیلت و شن ریز دخالت داشته که تغییر این فاکتورها روی یکدیگر تأثیر گذاشته و همین امر سبب شده که این فاکتور دارای تغییرات کمی در حوضه باشد.

پس از محاسبه پارامترهای لازم برای معادله (۱) فاکتور فرسایش‌پذیری برای تمامی نمونه‌ها به دست آمد. متوسط این فاکتور در کل نمونه‌ها  $0/02 \text{ t m}^2 \text{ h ha}^{-1} \text{ hJ}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  بوده که واحد فوق بر مبنای سیستم متریک است و براساس سیستم انگلیسی متوسط این فاکتور در حوضه  $\text{t.acre.h}/100\text{acre.ft-tonf.inch}$   $0/152$  می‌باشد (جدول ۱).

نتایج آزمایش بافت خاک روی نمونه‌های برداشت‌شده از نقاط مورد آزمایش نفوذسنجی نشان داد که در بیشتر نقاط حوضه، بافت خاک از نوع Sandy loam و Loam بوده، ولی در نقاط محدودی هم بافت‌های Clay loam، Sandy clay loam و Loamy sand مشاهده شد (شکل ۳).

دیگر نتایج حاصل از شکل (۴) نشان داد که در داخل هر تیپ نیز تغییرات فاکتور فرسایش پذیری بسیار بالاست. با توجه به شکل، در هر تیپ مقادیر حداکثر و حداقل، قاصه زیادی نسبت به مقدار متوسط فاکتور فرسایش پذیری دارند.

این شکل نشان داد که کمترین مقدار میانگین و همچنین کمترین مقدار حداقل فاکتور فرسایش پذیری در تیپ ۳ یا همان خاکهای مناطق آبرفتی و دشت های سیلابی می باشد. همچنین بیشترین مقادیر میانگین و حداکثر فرسایش پذیری نیز در تیپ ۲ دیده شد.

جدول (۱): آماره های توصیفی پارامترهای مختلف خاک برای ۳۴ نمونه خاک مورد آزمایش

| فاکتور خاک          | آماره های توصیفی |       |        |         |              |              |
|---------------------|------------------|-------|--------|---------|--------------|--------------|
|                     | دامنه تغییرات    | حداقل | حداکثر | میانگین | انحراف معیار | ضریب تغییرات |
| رس (%)              | ۳۲/۰۶            | ۶/۵۶  | ۳۸/۶۲  | ۱۷/۳۸   | ۹/۲۸         | ۰/۵۳         |
| شن (%)              | ۵۷/۸۸            | ۲۱/۷۴ | ۷۹/۶۲  | ۵۳/۱۶   | ۱۵/۱۱        | ۰/۲۸         |
| سیلت (%)            | ۲۹/۹۴            | ۱۳/۷۶ | ۷۰/۴۳  | ۲۹/۴۶   | ۷/۵۳         | ۰/۲۵         |
| ماده آلی (%)        | ۲/۷۹             | ۱/۲۱  | ۴/۰۰   | ۳/۳۵    | ۰/۸۶         | ۰/۲۶         |
| شن ریز (%)          | ۱۶/۰۰            | ۳/۰۰  | ۱۹/۰۰  | ۹/۲۶    | ۳/۶۸         | ۰/۴۰         |
| M                   | ۲۳۸۴             | ۲۰۴۰  | ۴۴۲۴   | ۳۱۴۷    | ۶۶۶          | ۰/۲۱         |
| نفوذپذیری (mm/hr)   | ۹۲۸/۷۵           | ۳۸/۲۵ | ۹۶۷/۰۰ | ۲۵۹/۴۵  | ۲۸۰/۲۱       | ۱/۰۸         |
| کلاس ساختمان        | ۲/۰۰             | ۱/۰۰  | ۳/۰۰   | ۱/۹۴    | ۰/۴۲         | ۰/۲۲         |
| فاکتور فرسایش پذیری | ۰/۰۳۳            | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۳۶  | ۰/۰۲۰   | ۰/۰۰۸        | ۰/۳۹         |

### ۳.۴. تغییر پذیری مکانی فاکتور فرسایش پذیری خاک

به منظور بررسی ساختار مکانی فاکتور فرسایش پذیری خاک (K)، با استفاده از نرم افزار زمین آمار GS<sup>+</sup>9 و با روش آزمون و خطا مدل های مناسب (با کمترین مقدار RSS و بیشترین مقدار R<sup>2</sup>) تغییرنمای تجربی برای هریک از پارامترها تعیین شد. برای بررسی ساختار مکانی از تغییرنمای همه جانبه که بیانگر متوسط تغییرات مکانی پارامترها در تمام راستاهاست، استفاده شد. شکل (۵) تغییرنمای همه جانبه را برای متغیر فاکتور فرسایش پذیری خاک نشان می دهد. همان طور که در شکل دیده می شود، این مدل سقف دار و از نوع کروی است. شکل (۵) نشان می دهد که همبستگی مکانی فاکتور K به ترتیب پس از رسیدن به شعاع (دامنه) ۱۶۶۰ متر حالت تصادفی پیدا کرده است، از آنجایی که دامنه تأثیر بزرگ تر، نشان دهنده ساختار مکانی گسترده تر می باشد.

نتایج آزمون GLM درخصوص مقایسه میانگین پارامترهای مختلف محاسبه کننده فرسایش پذیری خاک با استفاده از روش دانکن نشان داد که پارامترهای درصد رس، درصد شن، درصد ماده آلی، M و نفوذپذیری خاک، در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری در تیپ های چهارگانه خاک نداشته اند. این نتایج بدین معناست که فاکتورهای ذکر شده در تمامی خاک های مورد مطالعه یکسان بوده و از لحاظ آماری تفاوتی در تیپ های مختلف وجود ندارد.

همچنین نتایج این آزمون درباره درصد سیلت نشان داد که تیپ ۴ که در قسمت های پایین دست و شمالی حوضه است، اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد با تیپ ۲ دارد، اما تیپ های ۱ و ۳ با دو تیپ دیگر اختلاف معنی داری ندارد.

درباره پارامتر ساختمان خاک نیز بین تیپ های ۱ و ۲ اختلاف معنی داری مشاهده نشده و هر دو در یک گروه قرار گرفتند، اما تیپ های ۳ و ۴ هر کدام به صورت جداگانه با سایر تیپ ها اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد دارند.

جدول (۲): نتایج آزمون GLM و مقایسه میانگین پارامترهای محاسبه فاکتور فرسایش پذیری (K) در واحدهای مختلف خاک با استفاده از روش دانکن

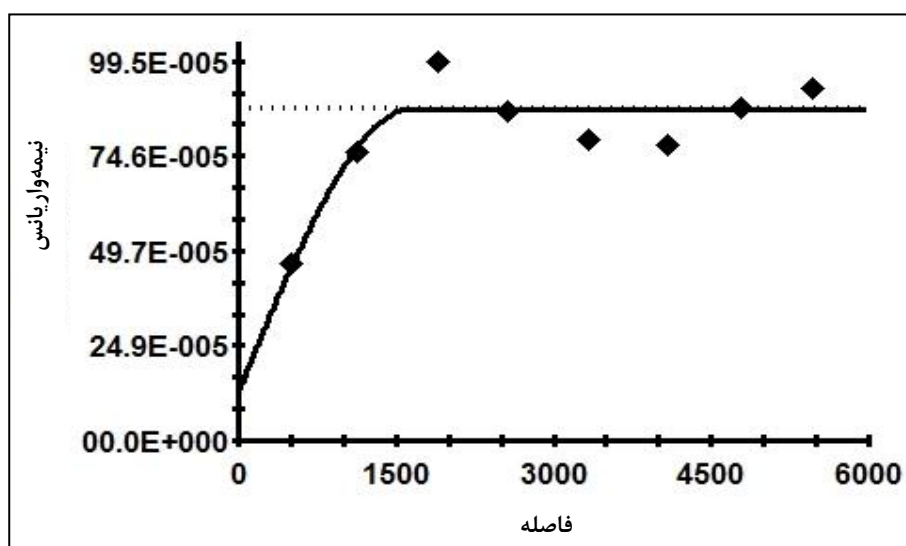
| واحد خاک | تعداد نمونه | درصد رس |              | درصد سیلت |              | درصد شن |              |
|----------|-------------|---------|--------------|-----------|--------------|---------|--------------|
|          |             | میانگین | انحراف معیار | میانگین   | انحراف معیار | میانگین | انحراف معیار |
| ۱        | ۷           | ۱۸/۴۸   | ۹/۳۴         | ۲۸/۷۹     | ۵/۷۵         | ۵۲/۷۳   | ۱۴/۱۰        |
| ۲        | ۲۰          | ۱۸/۲۲   | ۹/۵۲         | ۳۱/۴۴     | ۷/۵۰         | ۵۰/۳۳   | ۱۴/۷۳        |
| ۳        | ۴           | ۱۲/۹۹   | ۸/۴۸         | ۲۲/۲۱     | ۸/۲۹         | ۶۴/۷۹   | ۱۶/۳۱        |
| ۴        | ۳           | ۱۵/۰۲   | ۱۱/۴۱        | ۲۷/۵۱     | ۶/۸۳         | ۵۷/۴۷   | ۱۸/۲۰        |
| کل       | ۳۴          | ۱۷/۳۸   | ۹/۲۸         | ۲۹/۴۶     | ۷/۵۳         | ۵۳/۱۶   | ۱۵/۱۱        |

| واحد خاک | تعداد نمونه | درصد شن ریز |              | M       |              | ساختمان خاک |              |
|----------|-------------|-------------|--------------|---------|--------------|-------------|--------------|
|          |             | میانگین     | انحراف معیار | میانگین | انحراف معیار | میانگین     | انحراف معیار |
| ۱        | ۷           | ۸/۳۱        | ۲/۷۲         | ۲۹۸۹/۱۲ | ۴۳۷/۱۵       | ۱/۹۳        | ۰/۳۷         |
| ۲        | ۲۰          | ۹/۹۳        | ۴/۰۸         | ۳۳۳۹/۳۸ | ۷۹۴/۹۳       | ۲/۰۵        | ۰/۲۱         |
| ۳        | ۴           | ۸/۷۵        | ۲/۷۸         | ۲۶۳۳/۱۷ | ۵۸۱/۳۹       | ۱/۲۲        | ۰/۸۹         |
| ۴        | ۳           | ۷/۷۳        | ۴/۵۱         | ۲۹۱۲/۱۷ | ۵۵۳/۸۶       | ۲/۶۷        | ۰/۵۷         |
| کل       | ۳۴          | ۹/۲۶        | ۳/۶۸         | ۳۱۴۶/۵۷ | ۶۶۵/۵۷       | ۱/۸۴        | ۰/۴۲         |

| واحد خاک | تعداد نمونه | نفوذ پذیری (mm/hr) |              | درصد ماده آلی |              | فاکتور فرسایش پذیری |              |
|----------|-------------|--------------------|--------------|---------------|--------------|---------------------|--------------|
|          |             | میانگین            | انحراف معیار | میانگین       | انحراف معیار | میانگین             | انحراف معیار |
| ۱        | ۵           | ۱۹۹/۵۰             | ۱۶۹/۲۲       | ۳/۳۴          | ۰/۹۷         | ۰/۰۱۸               | ۰/۰۰۶        |
| ۲        | ۱۶          | ۱۸۱/۱۰             | ۲۱۶/۷۶       | ۳/۳۸          | ۰/۷۲         | ۰/۰۲۲               | ۰/۰۰۷        |
| ۳        | ۳           | ۶۰۷/۶۰             | ۴۹۶/۷۱       | ۲/۷۵          | ۱/۴۶         | ۰/۰۱۳               | ۰/۰۱۱        |
| ۴        | ۳           | ۴۲۹/۱۷             | ۲۸۵/۰۱       | ۳/۹۱          | ۰/۱۶         | ۰/۰۲۱               | ۰/۰۱۰        |
| کل       | ۲۷          | ۲۵۹/۴۶             | ۲۸۰/۲۱       | ۳/۳۵          | ۰/۸۶         | ۰/۰۲۰               | ۰/۰۰۸        |



شکل ۵: مدل تغییرنمای همه جانبه کروی برای فاکتور فرسایش پذیری

نتایج آن در شکل (۶) ارائه شد. این شکل نشان می‌دهد که به‌طور کلی قسمت‌های بالادست (جنوبی) و همچنین پایین‌دست حوضه دارای بیشترین مقادیر فاکتور فرسایش‌پذیری بوده و این پارامتر در قسمت‌های شرقی دارای کمترین مقدارند.

در شکل (۶) واحدهای مختلف نقشه خاک‌شناسی حوضه نیز روی فاکتور فرسایش‌پذیری قرار گرفته است. با توجه به تفسیر بصری این نقشه مشخص شد که پراکنش و همچنین تغییرات مکانی مقادیر فاکتور K از تیپ‌های مختلف خاک تبعیت نمی‌کند.

همچنین مشخصات مختلف مدل تغییرنمای تئوری برای فاکتور K در جدول (۳) ارائه شد. با توجه به نتایج این جدول، مدل مذکور دارای ضریب همبستگی  $0.81$  و مقدار RSS برابر با  $3.38 \times 10^{-8}$  است. وابستگی مکانی این فاکتور  $0.15$  بوده که بیان‌گر وابستگی مکانی قوی می‌باشد. این امر نمایانگر این است که در مکان‌های مختلف، مقادیر این متغیر به یکدیگر وابسته بوده و وجود ساختار فضایی را نشان می‌دهد.

پس از تعیین مدل تغییرنمای مناسب و محاسبه پارامترهای مختلف آن در نهایت نقشه‌های مربوط به درون‌یابی فاکتور K با استفاده از روش کریجینگ در محیط نرم‌افزار Arc GIS تهیه و

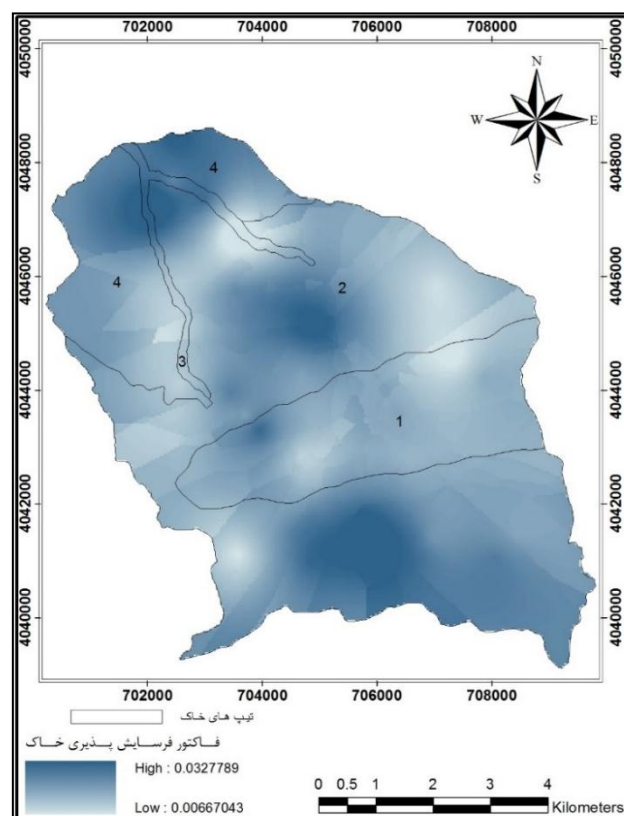
جدول (۳): پارامترهای تغییرنمای فاکتور فرسایش‌پذیری خاک به همراه معیارهای انتخاب مدل

| مدل  | شعاع تأثیر (m) | سقف $(C_0+C)$        | اثر قطعه‌ای $(C_0)$   | وابستگی مکانی | $R^2$  | RSS                   |
|------|----------------|----------------------|-----------------------|---------------|--------|-----------------------|
| کروی | ۱۶۶۰           | $8.7 \times 10^{-4}$ | $1.27 \times 10^{-4}$ | $0.15$        | $0.81$ | $3.38 \times 10^{-8}$ |

\* مقدار سقف با احتساب اثر قطعه‌ای محاسبه شده است.

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

مقدار متوسط فاکتور فرسایش‌پذیری خاک برای کل حوضه با استفاده از معادله ۱،  $0.2 \text{ t m}^2 \text{ h ha}^{-1} \text{ hJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$  به‌دست آمد. مقایسه این عدد با متوسط مقادیر محاسبه‌شده توسط پاناکوس (۲۰۱۲) برای کشورهای حوضه مدیترانه مانند اسپانیا، ایتالیا، یونان و پرتغال که بین  $0.39$  تا  $0.42 \text{ t m}^2 \text{ h ha}^{-1} \text{ hJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$  به‌دست آمده، نشان می‌دهد که این مقادیر تقریباً در یک محدوده‌اند. نتایج حاصل از مقایسه آماری پارامترهای محاسبه فرسایش‌پذیری در تیپ‌های مختلف خاک نشان داد که پارامترهای کلاس ساختمان خاک، درصد سیلت و میزان نفوذپذیری دارای تفاوت‌های آماری معنی‌داری در برخی کلاس‌ها بوده و سایر پارامترها تغییرات معنی‌داری ندارند. این یافته با نتایج تحقیقات رودریگوئز و همکاران (۲۰۰۷) درباره درصد سیلت و ساختمان خاک که دارای تفاوت معنی‌داری در تیپ‌های مختلف خاک بودند، مطابقت دارد. اما درباره پارامتر نفوذپذیری مشابهنی وجود ندارد. دلیل این امر این است که در تحقیق حاضر به‌جای کلاس نفوذپذیری در نمونه‌ها (که یک



شکل (۶): نقشه میان‌یابی فاکتور فرسایش‌پذیری و همچنین تیپ‌های مختلف خاک در منطقه مورد مطالعه

می‌کند، این در حالی است که نقشه‌های خاک در طول زمان و مکان ثابت‌اند.

یکی از ایراداتی که رودریگوئز و همکاران (۲۰۰۷) نیز به نقشه‌های فرسایش‌پذیری تهیه‌شده از نقشه‌های خاک‌شناسی گرفته‌اند، این است که بین طبقات مختلف مقادیر فرسایش‌پذیری در این نقشه‌ها مرز مشخص و واضحی وجود دارد، در صورتی که در شرایط واقعی مرز مشخص و واضحی از فرسایش‌پذیری خاک وجود ندارد. بنابراین ارائه مناسب فرسایش‌پذیری خاک بیشتر به صورت تدریجی بوده و این امر نیز از طریق زمین‌آمار میسر شده است. از این رو محاسبه نقطه‌ای فرسایش‌پذیری و سپس میان‌یابی آن با استفاده از زمین‌آمار می‌تواند جایگزین مناسبی برای تهیه نقشه‌های فاکتور K با استفاده از نقشه واحدهای خاک باشد.

پارامتر کیفی می‌باشد) از مقادیر نفوذپذیری حاصل از آزمایش‌های استوانه مضاعف استفاده شده است. البته این نتایج درخصوص پارامترهای نفوذپذیری و ساختمان خاک با نتایج البلدجو و همکاران (۱۹۹۵) نیز مطابقت ندارد. عدم معنی‌داری برخی از این پارامترها در تیپ‌های مختلف بیانگر این است که تیپ‌های مختلف خاک این حوضه در مورد این پارامترها (درصد رس، درصد شن، ماده آلی، M) قابلیت استفاده برای محاسبه فرسایش‌پذیری را ندارند. درخصوص درصد ماده آلی به دلیل اینکه میزان آن در اکثر نمونه‌ها بالا بود، تغییرات کمی در بین کل نمونه‌ها داشته و از این رو در بین تیپ‌های خاک اختلاف معنی‌داری دیده نشد. درباره درصد رس نیز هرچند که بسیاری از نویسندگان آن را یک پارامتر کلیدی برای محاسبات فاکتور K می‌دانند (رودریگوئز و همکاران، ۲۰۰۷؛ فراسر<sup>۱</sup>، ۱۹۹۹؛ دینویانیس<sup>۲</sup>، ۱۹۸۸)، در مطالعه حاضر علی‌رغم ضریب تغییرات بالا در بین کل نمونه‌ها، در بین تیپ‌های مختلف معنی‌دار نشد.

هدف از تحقیق حاضر بررسی قابلیت نقشه تیپ‌های مختلف خاک به منظور محاسبه فاکتور فرسایش‌پذیری بود. با توجه به یافته‌های حاصل از این تحقیق در یک نتیجه‌گیری نهایی می‌توان اظهار نمود که نقشه تیپ‌های خاک در منطقه مورد مطالعه فاقد این قابلیت است. به منظور توجیه این نتیجه، دلایل زیر را می‌توان بیان کرد: دلیل اول این است که تهیه نقشه‌ها و همچنین طبقه‌بندی‌های خاک براساس روش‌های F.A.O و USDA براساس پارامترهای مرتبط با فرسایش‌پذیری صورت نمی‌پذیرند. بنابراین همان‌طور که در منطقه مورد مطالعه دیده شد، تغییرات این پارامترها در تیپ‌ها نیز معنی‌دار نشد.

دلیل دوم این است که فاکتور فرسایش‌پذیری خاک براساس اطلاعات مربوط به نمونه‌برداری از لایه سطحی خاک محاسبه می‌شود، در صورتی که نقشه‌های خاک براساس پروفیل‌های عمقی حفر شده و افق‌های مختلف تهیه می‌گردند.

دلیل دیگر این است که لایه سطحی خاک و به تبع آن، فاکتور فرسایش‌پذیری در زمان‌ها و مکان‌های مختلف تغییر

1. Fraser

2. Dinoyiannis

## منابع

1. Albaladejo J, Ortiz R, Guillén F, Álvarez J, Martínez-Mena M, Castillo V., 1995. Erodibility of agricultural soil in the semiarid mediterranean area of Spain. *Arid Soil Res Rehabil*, 9:219–26.
2. Auerswald K., Wittmer M. H. O. M., Mannel T. T., Bai Y. F., Schaufele R. and Schnyder H., 2009. Large regional-scale variation in C3/C4 distribution pattern of Inner Mongolia steppe is revealed by grazer wool carbon isotope composition. *Journal of Biogeosciences*, 6, 795–805.
3. Chiles J. P., Delfiner P., 1999. *Geostatistics Modeling Spatial Uncertainty*. New York: Wiley, 695 pp.
4. Dinoyiannis D. G., Tsadilas C. D., Valmis S., 1998. Factors affecting aggregate instability of Greek agricultural soils. *Commun Soil Sci Plant Anal*; 29:1239–51.
5. Fraser R.H., 1999. *SEDMOD: a GIS-based delivery model for diffuse source pollutants*: New Haven, Conn., Yale University PhD, Thesis, 99 pp.
6. Feyznia S., 2008. *Applied sedimentology with emphasis on soil erosion and sediment production*. Gorgan University of agricultural sciences and natural resources press, p: 356.
7. Ganawa, E. S. M. & A. R. Mohammad Sharif. 2003. Spatial Variability of Total Nitrogen, and Available Phosphorus of Large Rice Field in Sawah Sepadan Malaysia. *Science Asia Journal* 29:7-12.
8. Garcia-Fayos P, Hernandez JL, Rubio JL. Relaciones, 1989. Entre parámetros ambientales y erodibilidad en suelos de las comarcas de Ayora y Hoya de Buñol (Valencia). *Options Méditerranée Sér. A: Sémin Méditerranée*, 3:327–30.
9. Goovaerts P., 1998. Geostatistical tools for characterizing the spatial variability of microbiological and physico-chemical soil properties. *Biol Fert Soils*, 27:315–34.
10. International Soil Conservation Organization (ISCO), 2002. 12th ISCO Congress Conference, May 26-31, Beijing, China.
11. Isaaks EH, Srivastava RM, 1989. *An introduction to applied geostatistics*. New York: Oxford Univ. Press, 561 pp.
12. Kinnell, P.I.A., 2010. Event soil loss, runoff and the Universal Soil Loss Equation family of models: a review. *J. Hydrol.* 385, 384e397.
13. Mati BM, Morgan RPC, Gichuki FN, Quinton JN, Brewer TR, Liniger HP. 2000. Assessment of erosion hazard with the USLE and GIS: a case study of the Upper Ewaso Ng'iro North basin of Kenya. *JAG*, 2(2):78–86.
14. Mohammadi J., 1998. Study of the Spatial Variability of Soil Salinity in Ramhormoz Area (Khuzestan) Using Geostatistical Theory. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science*, vol. 2 (4), pp: 49-63.
15. Morgan RPC. 1995. *Soil erosion and conservation*. England: Longman, Essex; 198 pp.
16. Panagos P., Meusburger K., Alewell C., Montanarella L., 2012. Soil erodibility estimation using LUCAS point survey data of Europe. *Environmental Modelling & Software* 30: 143-145.
17. Parysow P, Wang G, Gerther GZ, Anderson A., 2001. Assessing uncertainty of erodibility factor in national cooperative soil surveys, a case study at Fort Hood. Texas. *J Soil Water Conserv*; 56:207–11.
18. Renard K., Foster G., Weesies G., McCool D., Yoder, D., 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised soil loss equation (RUSLE), CHAPTER 3. SOIL ERODIBILITY FACTOR (K), Contributors: M. J.M. Romkens, R.A. Young, J.W.A. Poesen, D.K. McCool, S.A. El-Swaify, J.M. Bradford.
19. Renard KG, Foster GR, Laflen JM, McCool DK., 1994, The revised universal soil loss equation. In: Lal R. (Ed.), *Soil erosion: research methods, soil and water conservation society*, Chapter 5. Ankeny, IA and St. Lucie Press, Delray Beach, Florida, pp 105–124.
20. Rodríguez-Rodríguez A, Arbelo CD, Guerra JA, Mora JL., 2002. Erosión hídrica en andosoles de las islas canarias. *Edafología*, 9(1): 23–30.
21. Roose E, Sarrailh J., 1990. Erodibilité de quelques sols tropicaux. *Ving Années de mesure en parcelles d'érosion sous pluies naturelles. Cah ORSTOM Pedol*, 25(1–2):7–30.
22. Sadler, E. J., Busscher, W. J., Bauer, P. J. & Karlen, D. L., 1998. Spatial scale requirements for precision farming: A case study in the southeastern USA. *Agron. J.* 90(2): 191-197.
23. Schumacher B. A., 2002. Methods for the determination of total organic carbon (TOC) in soils and sediments. *Ecological Risk Assessment Support Center, Office of Research and Development, US. Environmental Protection Agency*.

24. Vaezi A.R., Bahrami H.A., Sadeghi S.H.R., Mahdian M.H., 2008. Study of factors affecting erodibility based on the universal soil loss equation in calcareous soils. *Journal of Agric. Sci. Natur. Resour.*, Vol. 14(5).
25. Van Beurden SAHA, Riezebos HTh. 1988. The application of geostatistics in erosion hazard mapping. *Soil Technol*, 4(1):349–64.
26. Veihe A. 2002. The spatial variability of erodibility and its relation to soil types: a study from northern Ghana. *Geoderma*, 10:101–20.
27. Wang G, Gertner GZ, Liu X, Anderson AB., 2001. Uncertainly assessment of soil erodibility factor for revised universal soil loss equation. *Catena*, 46:1–14.
28. Wischmeier WH, Smith DD., 1978. Predicting rainfall erosion losses — a guide to conservation planning. Handbook no 537. Washington, D.C.: USDA; 58 pp.
29. Zhang K., Li S, Peng W, Yu B., 2004. Erodibility of agricultural soils on the Loess Plateau of China. *Soil Tillage Res.*, 76:157–65.
30. Zhu A-X., Wang P., Zhu T., Lajiao Chen, Qiangguo Cai, Huiping Liu, 2013. Modeling runoff and soil erosion in the Three-Gorge Reservoir drainage area of China using limited plot data. *Journal of Hydrology*, Vol. 492, pp: 163–175.

## Investigation of Applicability of Soil Map Units to Estimate the Spatial Variability of Soil Erodibility

Ebrahim Omidvar<sup>1\*</sup>, Ataollah Kavian<sup>2</sup>, Karim Solaimani<sup>3</sup>, Somayeh Mashari<sup>4</sup>

Received: Jan/21/2015

Accepted: Feb/25/2015

### Abstract

Soil erodibility is one of the six components affecting water erosion of the universal soil loss equation (USLE). K-factor is best obtained from direct measurements on natural plots. This is an infeasible task on large scales. To overcome this problem, measured K-factor values have been related to soil properties and the soil classification maps are used. The current research examines the ability of the soil maps for calculation of erodibility factor in the watershed scale. This subject was followed by investigation of difference of erodibility components among the soil types of Darabkola Watershed. Also, geostatistical technique with Kriging method are used for representation of the spatial distribution of K-factor. Results showed that among the K-factor components, percent of silt, structure class and permeability had significant difference between some of soil types, and other components and K-factor didn't have significant difference. In conclusion, any coincidence seemed between erodibility map and soil type map.

**Keywords:** Soil map, Erodibility factor, GLM, Geostatistic, Kriging.

1. Corresponding author: Assistant prof., Dep. of range and watershed management, Faculty of Natural Resources and Geosciences, University of Kashan, Ebrahimomidvar@kashanu.ac.ir

2. Associated prof., Dep. of range and watershed management, Sari university of agricultural sciences and natural resources

3. Professor, Dep. of range and watershed management, Sari university of agricultural sciences and natural resources

4. PhD Student of Watershed management engineering and Sciences, University of Hormozgan