بررسي تغييرات مكاني فرسايش‌پذيري خاك با استفاده از روش زمين آمار و GIS (مطالعه موردي حوزه آبخيز مهر سبزوار)

شمسا... ايوبي*[۱]، محسن حسينعلي‌زاده[۲]
[۱] استاديار گروه خاكشناسي، دانشكده كشاورزي، دانشگاه صنعتي اصفهان، ايران
[۲] دانشجوي دكتري آبخيزداري دانشگاه تهران، ايران
(تاريخ دريافت: ۸۳/۹/۳، تاريخ تصويب: ۸۴/۱۲/۳)

چكيده

فرسايش‌پذيري خاك از عوامل‌كليدي دخيل در برخي مدل‌هاي فرسايش و رسوب از جمله USLE، RUSLE و MUSLE است كه به‌صورت عامل K نمايش داده مي‌شود و تابعي از توزيع اندازه ذرات، ماده آلي، ساختمان و نفوذپذيري است. روش‌هاي مرسوم، تغييرپذيري مكاني اين متغيرها را به‌صورت دقيق نشان نمي‌دهد و هيچ اطلاعاتي از دقت برآورد آنها به كاربر ارائه نمي‌كند و مقدار آنها در سراسر تيپ خاك ثابت است. بنابراين تحقيق موجود به منظور بررسي تغييرات مكاني عامل فرسايش‌پذيري خاک در حوزه آبخيز مهر سبزوار، صورت گرفت. طراحي شبكه نمونه‌برداري با ۱۱۰ نقطه به‌صورت سيستماتيك - آشيانه‌اي به فواصل ۵۰، ۱۰۰، ۲۵۰ و۵۰۰ متر در منطقه مورد بررسی در محيط GIS انجام گرفت. نمونه‌برداري در نقاط مورد بررسی. از عمق ۵-۰ سانتيمتري سطح خاك صورت گرفت و نفوذپذيري در عمق ۳۰-۵ سانتيمتری بررسي شد. برخي خصوصيات خاك شامل توزيع اندازه ذرات و مواد آلي در آزمايشگاه اندازه‌گيري شد. تغييرپذيري اين متغيرها به‌صورت مدل‌هاي تغييرنما و تهيه نقشه‌هاي كريجينگ و خطا صورت گرفت. آناليز زمين آماري نشان مي‌دهد كه متغيرهاي مورد بررسی خاك، بيشتر از مدل‌هاي گوسي، نمايي و كروي هستند و دامنه تأثير آنها از ۳۲۰ تا ۳۲۰۰ متر متغير است. مقدار فرسايش‌پذيري خاك از ۰/۱۳ تا ۰/۹۱ در تغيير است و حداكثر و حداقل آن در شرق و جنوب غربي محدوده مورد بررسی قرار دارد. الگوي پراكنش اين متغير با تغييرپذيري سيلت در مقايسه با متغيرهاي ديگر همخواني بسيارخوبي نشان می‌دهد كه اين ناشي از تأثير زياد سيلت در فرسايش‌پذيري است. الگوي تغييرپذيري فرسايش‌پذيري با واحدهاي زمين‌شناسي همخواني به‌نسبت خوبي نشان می‌دهد كه نمايانگر اين است كه مواد مادري منطقه با توجه به نوع خاك‌هاي حاصل، فرسايش‌پذيري خاك را كنترل مي‌كند.

واژه‌هاي كليدي: فرسايش‌پذيري خاك، زمين آمار، تغييرنما، GIS و حوزه آبخيز مهر سبزوار

* نويسنده مسئول: تلفن: ۰۳۱۱-۳۹۱۳۳۴۳ فاكس: ۰۳۱۱-۳۹۱۳۴۷۱ E-mail: ayoubi@cc.iut.ac.ir

مقدمه

فرسايش خاك عبارت از جداشدن و انتقال ذرات خاك به وسيله عوامل فرساينده آب يا باد است (۱۳). فرسايش‌پذيري خاك نيز عبارت است از مقدار هدر رفت خاك به ازاي يك واحد EI_{30} كه در پلات استاندارد (پلاتي با طول ۲۲ متر و شيب متوسط ۹ درصد) اندازه‌گيري مي‌شود. اين شاخص به ويژگي‌هاي خاك و حساسيت طبيعي آن نسبت به عامل فرسايش بستگی دارد و شن بسيار ريز و سيلت به عنوان مستعدترين متغيرها نسبت به جداسازي و انتقال خاك معرفي شده‌اند (۲۵). از طرف ديگر خصوصيات خاك دخيل در فرسايش‌پذيري مدل RUSLE به دو گروه تقسيم مي‌شوند. دسته اول خصوصيات مؤثر در نفوذپذيري و دسته دوم، خصوصيات مؤثر بر پراكنش، انتقال، سايش و حركت ذرات خاك به‌وسيله باران و رواناب هستند (۲۰).

به‌علت تغيير عوامل مؤثر در شكل‌گيري خاك، فرسايش‌پذيري خاك داراي تغييرات مكاني و زماني است كه بيشترين مقدار آن در فصل بهار و كمترين مقدار آن نيز در فصل های پاييز و زمستان برآورد شده‌است (۱۹). زمين‌آمار به عنوان يكي از شاخه‌هاي آمار عملي امكان بررسي همراه مقدار متغير و آرايش مكاني و زماني مشاهدات را در تحليل داده‌ها فراهم مي‌كند (۷).

تفاوت اساسي بين آمار كلاسيك و زمين‌آمار اين است كه در آمار كلاسيك فرض می‌شود نمونه‌های گرفته شده از جامعه مستقل از يكديگرند و بنابراين وجود يك نمونه, هيچ اطلاعاتي درباره نمونه بعدي كه در فاصله معين از آن واقع شده است به دست نمي‌دهد. اما در زمين‌آمار اين خصوصيت داراي وابستگي مكاني است، بدين ترتيب كه مقادير يك متغير محيطي در فاصله نزديك داراي تشابه بيشتري است كه با ازدياد فاصله اين همبستگي مكاني بين دو نمونه مورد نظر كاهش مي‌يابد. اين وابستگي مكاني بين نمونه‌ها، به صورت يك مدل رياضي با عنوان تغييرنما[1] صورت مي‌گيرد. اين مدل ابزاري است كه به كمك آن مي‌توان بسياري از جنبه‌هاي تغييرپذيري خاك را درك كرد.

يكي از بارزترين ويژگي‌هاي زمين آمار اين است كه با استفاده از آن می‌توان مقادير يك خصوصيت را در نقاط اندازه گيري نشده با استفاده از پارامترهاي مدل تغييرنما برآورد كرد. اين ويژگي زمين آمار با نام كريجينگ شناخته مي‌شود. يكي از مهم‌ترين خصوصيات كريجينگ اين است كه به ازاي هر تخمين، خطاي مرتبط با آن و همچنين دامنه اطمينان مقدار تخمين زده شده آن را محاسبه مي‌كند. زمين‌آمار به دليل توانايي زياد در تخمين و ميان‌يابي داده‌هاي مكاني در مباحث مختلف خاك‌شناسي به‌كار گرفته شده است. با وجود اين، ناگفته‌هاي بسياري دارد كه جنبه‌هاي آن در خاك‌شناسي هنوز مشخص نيست (۱۴).

تغييرات خصوصيات خاك داراي همبستگي مكاني است (۵). اختلاف اين تغييرات را مي‌توان بيشتر از جنبه واريانس بررسي كرد. واريانس متغير بين نقاطي به فاصله h از يكديگر, همبستگي متقابل مقدار متغيرها را در دو نقطه به فاصله مشخص بيان می‌كند. چنين واريانسي, معياري براي نمايش تأثيرگذاري يا تأثيرپذيري مقدار متغير برنقاط مجاور در محيط است (۲۱). شايان ذكر است نقاطي كه فاصله آنها از يكديگر بيش از دامنه تأثير باشد, داراي وابستگي مكاني نيستند, مگر اينكه اثري متناوب و دوره‌اي در خاك تكرار شود (۴).روش‌هاي درون‌يابي كريجينگ كه يك تخمين‌گر ناريب با خاصيت پيرايشي است و واريانس خطا را تنها ناشي از محل داده‌ها بدون در نظر گرفتن مقدار آنها مي‌داند، به عنوان يك پيش‌بيني‌كننده دقيق كه تغييرات‌مكاني‌و زماني‌كه‌ازلحاظ مي‌كند, جهت خصوصيات خاك پيشنهاد شده است (۲۴).

۱- Variogram

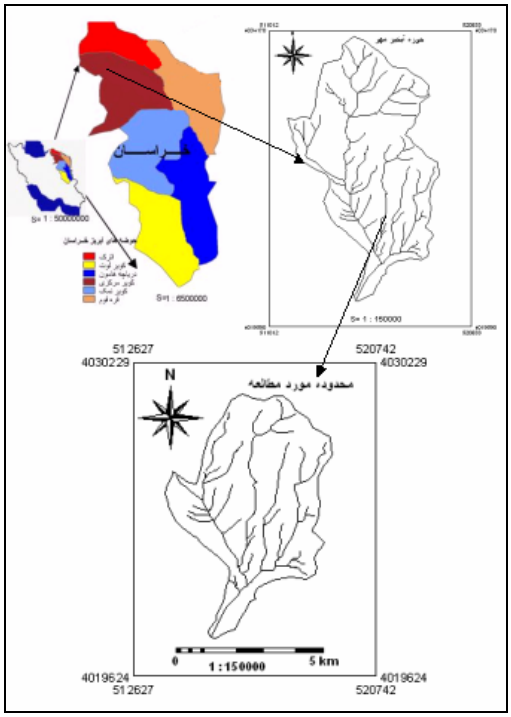
با توجه به مطالب ذكر شده در بررسي تغييرات مكاني فاكتور فرسايش‌پذيري خاك, پژوهش های اندكي صورت گرفته است. وانگ[۱] و همكاران (۲۴) در تعيين اين فاكتور تمام متغيرها را همسانگرد ذكر كرده‌اند. ميلر[۲] و همكاران (۱۱) در تحقيقي به وجود ساختار مكاني براي توزيع اندازه ذرات پي برده‌اند. ويه[۳] (۲۲) دربررسي تغييرات مكاني فرسايش‌پذيري خاك، مدل نمايي را براي متغير رس به عنوان يك مدل بهينه انتخاب كرده است. رحمان[۴] و همكاران (۱۸) در نتايج تحقيق خود به وجود همبستگي مكاني درمورد موادآلي اشاره‌كرده‌اند. با توجه به درنظر نگرفتن تغييرات مكاني متغيرهاي دخيل در فرسايش‌پذيري و همچنين متغير شن بسيار ريز، نقشه‌هاي منابع اراضي از جايگاه علمي مناسبی برای تعيين فاكتور فرسايش‌پذيري خاك برخوردار نيستند و اگر به عنوان يك نقشه ورودي در يك مدل مورداستفاده قرارگيرند، منجر به افزايش عدم‌قطعيت در پيش‌بيني می شود و قدرت تصميم‌گيري دقيق را كاهش مي‌دهند(۱۷ و ۲۴).

اين پژوهش به منظور بررسي تغييرپذيري مكاني فاكتور فرسايش‌پذيري خاك و فاكتورهاي ادافيكي دخيل در آن به كمك روش زمين‌آمار و GIS در بخشي از حوزه آبخيز مهر سبزوار استان خراسان شمالي صورت گرفته است.

مواد وروش‌ها

موقعيت منطقه موردبررسی

منطقه مورد بررسی در حوزه آبخيز مهر, در ۵۱ كيلومتري شهرستان‌هاي سبزوار - شاهرود واقع شده است. اين منطقه در زير زون البرز شرقي و حوزه كوير مركزي استان خراسان با مساحت ۲۵/۲۹ كيلومتر مربع بين طول‌هاي جغرافيايي "۱۰ ′۱۰ °۵۷ تا "۴۸ ′۱۱ °۵۷ شرقي و عرض‌هاي جغرافيايي "۳۶ ′۲۲ °۳۶ تا "۱۸ ′۲۳ °۳۶ شمالي قرار دارد و از نظر زمين‌شناسي داراي ۸ "۱۸واحد سنگي است بيشترين مساحت واحدهاي سنگي زمين‌شناسي را واحدهاي تركيبي كنگلومرا و مارن ميوسن و كمترين مساحت آن را سنگ‌هاي آتشفشاني آندزيت و بازالت با لايه‌هاي تحتاني برش و توف پوشش مي‌دهد. از نظر قابليت، اراضي دو واحد تپه و كوه را شامل مي‌شود. ارتفاع آن از ۱۱۵۸ متر تا ۲۴۶۸ متر در نوسان است. شيب غالب آن حدود ۵۶ درصد و متوسط بارندگي و دماي سالانه آن به ترتيب حدود ۲۶۵ ميليمتر و ۱۵ درجه سانتيگراد در سال مي‌باشد. اقليم منطقه با استفاده از روش دومارتن، خشك برآورد شده است. موقعيت منطقه مورد بررسی در ايران و استان خراسان در شكل ۱ نمايش داده شده است.



شكل ۱- موقعيت منطقه موردبررسی

۱- Wang
۲-Miller
۳- Veihe
۴-Rahman

مطالعات صحرايي و آزمايشگاهي

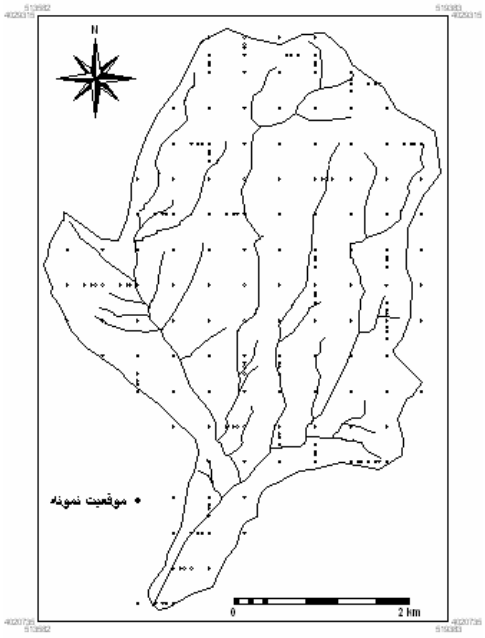
ابتدا نقشه واحدهاي‌كاري كه تلفيقي از نقشه‌هاي زمين‌شناسي، قابليت اراضي، شيب و كاربري اراضي است, در محيط GIS تهيه شد. آن‌گاه طراحي شبكه نمونه‌برداري براي تهيه نقشه نقطه‌اي به‌صورت سيستماتيك- آشيانه‌اي[1] با ۱۱۰ نقطه نمونه‌برداري به فواصل ۵۰، ۱۰۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ متري در محيط GIS به نحوي صورت گرفت كه همه منطقه مورد بررسی از نظر تنوع واحدهاي‌كاري را پوشش دهد. بعد از وارد كردن مختصات نقاط به‌صورت UTM به دستگاه GPS براي نمونه برداري آنها اقدام شد. شكل (۲) الگوي پراكنش نمونه‌ها را در منطقه مورد بررسی نشان مي‌دهد.

نمونه‌برداري خاك برای تعيين توزيع اندازه ذرات و مواد آلي از عمق ۵-۰ سانتيمتري صورت گرفت. در همين عمق، مشخصات ساختمان سطحي خاك به عنوان متغير دخيل در فرسايش‌پذيري مورد بررسي قرار گرفت. سپس براساس راهنماي ويشماير, كلاس ساختمان خاك تعيين شد. كلاس نفوذپذيري خاك به طور غير مستقيم و براساس مشاهدات منطقه‌اي از ساختمان خاك و وضعيت لايه‌هاي محدودكننده و بافت خاك به روش (SCS) تعيين شد. بعد از نمونه‌برداري، كارهای آزمايشگاهي شامل تعيين مواد آلي به روش اكسيداسيون تر (۱۵)، تعيين بافت خاك و توزيع اندازه ذرات به روش هيدرومتري (۱۰) صورت گرفت. مقدار شن بسيار ريز به روش الك تر اندازه‌گيري شد.

آناليزهاي آماري و زمين آماري

تجزيه و تحليل ساختار تغييرات مكاني با استفاده از تغييرنما صورت مي‌گيرد. تغييرنما تغييرات فاصله‌اي يا ساختار تغييرپذيري يك متغير خاص را نشان می‌دهد و از ابزارهاي اساسي زمين‌آمار برای بررسي تغييرات‌مكاني خصوصيات خاك است.

۱- Nested-Systematic



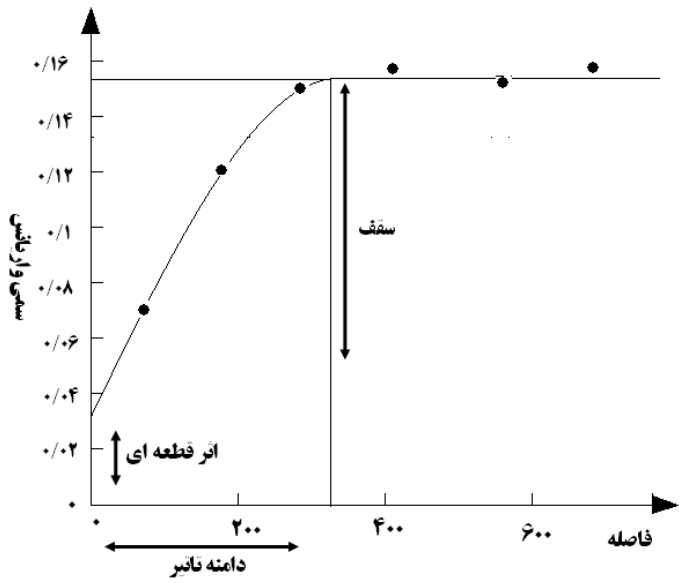
شكل ۲- الگوي پراكنش نمونه‌ها در منطقه مورد مطالعه

همچنين طبيعي‌ترين روش براي مقايسه دو كميت، برای مثال دو مقدار Z(x) و Z(x+h) در دو نقطه يكي به مختصات x و ديگري x+h كه به فاصله h از هم قراردارند، آن است كه اختلاف آنها را بررسي‌كنيم. بديهي است كه علامت اين اختلاف مهم نيست و براي تجزيه و تحليل، ميانگين Z(xi+h)-Z(xi) مورد نظر قرار مي‌گيرد. بنابراين بايد ميانگين |Z(x)-z(x+h)| را براي تمام موقعيت‌هاي x و x+h محاسبه كنيم و در نظر بگيريم. از آنجا كه متوسط اين كميت، صفر يا نزديك به صفر است در عمل، مجذوراختلاف را در نظرمي‌گيرند (۳). فرض مي‌كنيم كه درمجموع تعداد N(h) زوج نمونه كه به فاصله بردار h از يكديگر واقع شده‌اند, در دست باشد. براساس اين اطلاعات تغييرنما به صورت زير خواهد بود:

معادله ۱

$$2\gamma(h)=1/n\sum_{i=1}^{n}[Z(xi+h)-Z(xi)]^2$$

شكل ۳ يك تغييرنما به همراه پارامترهاي آن را نشان مي‌دهد.



شكل ۳- تغييرنما به همراه پارامترهاي مربوط به آن

مدل‌هاي تغيير نما به دو دسته بدون سقف و سقفدار تقسيم مي‌شوند. در مدل‌هاي بدون سقف اصل فاصله كمتر، شباهت بيشتر و فاصله بيشتر، شباهت كمتر حذف مي‌شود. در اين تحقيق از مدل‌هاي تواني[۱]، كروي[۲]، نمايي[۳] و گوسي[۴] استفاده شده كه معادلات مدل‌هاي سقفدار كروي (معادله ۱)، نمايي (معادله ۲) و گوسي (معادله ۳) به شرح زيرند:

معادله ۲

$$\hat{\gamma}(h)=\begin{cases} c_0+c_1\left[1-\exp\left(-\dfrac{3h}{a_0}\right)\right] & 0\le h<a_0 \\ c_0+c_1 & h\ge a_0 \end{cases}$$

معادله ۳

$$\hat{\gamma}(h)=\begin{cases} c_0+c_1\left[1.5\left(\dfrac{h}{a_0}\right)-0.5\left(\dfrac{h}{a_0}\right)^3\right] & 0\le h<a_0 \\ c_0+c_1 & h\ge a_0 \end{cases}$$

معادله ۴

$$\hat{\gamma}(h)=\begin{cases} c_0+c_1\left[1-\exp\left(-\dfrac{(3h)^2}{a_0^2}\right)\right] & 0\le h<a_0 \\ c_0+c_1 & h\ge a_0 \end{cases}$$

C_0: واريانس تصادفي

C_1: واريانس ساختاردار

a_0: دامنه تأثير

h: فاصله نمونه‌برداري

آزمون آماري كولموگراف – اسميرنوف به منظور نرمال بودن توزيع داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS صورت گرفت. سپس همسانگردي داده‌ها توسط تغييرنماي سطح بررسي و پس از اطمينان از همسانگرد بودن آنها، تغييرنماي همه‌جهته[۵] براي تمام متغيرهاي مورد بررسی، ترسيم شد. درمورد متغيرهاي رس، سيلت و موادآلي به‌علت نرمال نبودن (وجود تناسب بين واريانس با ميانگين) استفاده از روش‌هاي تخمين خطي معني‌دار نيست, به‌همين‌منظور از قابليت لاگ‌كريجينگ در نرم‌افزار GEOEAS (۶) براي نرمال كردن آنها، ترسيم تغييرنما و ارزيابي[۶] مدل تغييرنما و پارامترهاي آن استفاده شد. محاسبه و ترسيم تغييرنماي اوليه در متغيرهاي نرمال با تفسير چشمي‌از برنامه رايانه‌اي Variowin ۲/۲ صورت گرفت (۱۶). تغييرنما,

۱- Power
۲- Spherical
۳- Exponential
۴- Gaussian
۵- Omni directional
۶- Cross Validate

ابزار اساسي براي تخمين به‌وسيله انواع كريجينگ و تشريح پديده‌هاي زمين‌شناسي است كه به قلب زمين‌آمار معروف است، از اين‌رو انتخاب مدل مناسب و تعيين پارامترهاي دقيق آن از اهميت بسيار زيادی برخوردار است و صحت مدل‌هاي تغييرنما بايد به نحو بهينه‌اي كنترل شود (۲۳). در تخمين كريجينگ, به‌دليل وابستگي شديد دقت نتايج به مدل مفروض، اين كنترل‌ها به‌طور خاص، دو چندان اهميت مي‌يابد. علاوه بر اين، انتخاب مدل تغييرنما، كاری حياتی است و به دليل اينكه شكل دقيق تغييرنما هرگز معلوم نيست، مدل بالا به‌طور تقريبي از تابع آن تغييرنما تبعيت مي‌كند، بنابراين بايد اعتبار آن به دقت كنترل شود. كنترل اعتبار در واقع تخمين هر نقطه نمونه‌برداري شده در يك ناحيه با استفاده از مقادير نمونه‌هاي همسايه (بدون در نظر گرفتن مقدار خود آن نمونه) با روش كريجينگ است. به منظور آگاهي از اينكه آيا مدل تغييرنماي فرضي و پارامترهاي تجسس همسايگي (سقف، اثرقطعه‌اي، دامنه‌تأثير) در تخمين كريجينگ، به‌درستي تغييرات فاصله‌اي مقادير اندازه‌گيري‌شده نمونه‌ها را لحاظ مي‌كنند، مقادير تخميني با مقادير واقعي مقايسه مي‌شوند (۱). به منظور بررسي اعتبار تغييرنما، انتخاب پارامترهاي مدل به نحوي صورت گرفت كه مدل بهينه نهايي، داراي شاخص‌هاي حداقل واريانس(MSE[1]) و ميانگين خطا (ME[2]) باشد

همان‌طور كه ذكر شد, در مورد متغيرهاي رس، سيلت و موادآلي به‌علت نرمال نبودن از قابليت لاگ‌كريجينگ در نرم‌افزارGEOEAS استفاده شد كه پس از اتمام عمليات تعيين مدل تغييرنماي بهينه، در محيط GIS با عمل معكوس لگاريتم، درون‌يابي كريجينگ صورت گرفت. در مورد متغيرهاي نرمال نيز , درون‌يابي كريجينگ معمولي در محيط GIS انجام گرفت. تهيه نقشه واريانس تخمين متغيرها نيز همزمان با كريجينگ در محيط GIS صورت گرفت.

در نهايت به منظور تهيه نقشه فرسايش‌پذيري خاك همه متغيرهاي ورودي معادله۵ به‌صورت نقشه وارد معادله شدو حل آن نيز در محيط GIS انجام پذيرفت (۲۴).

معادله ۵

$$K = \frac{۲/۱ \times ۱۰^{-۴}(۱۲ - \mathrm{OM})\,M^{۱/۱۴} + ۳/۲۵(S-۲) + ۲/۵(P-۳)}{۷/۵۹ \times ۱۰۰}$$

K: فاكتور فرسايش‌پذيري خاك

OM: موادآلي

P: كلاس نفوذپذيري

M: (درصد سيلت + درصد شن بسيار ريز) (درصد رس×۱۰۰)

S: كد ساختمان خاك

عدد ۷/۵۹ در مخرج معادله مزبور, جهت تبديل واحد فاكتور فرسايش‌پذيري خاك از سيستم انگليسي به متريك است (۲۵).

نتايج

آمار توصيفي تمام متغيرهاي مورد بررسی در جدول۱ آورده شده است. برای بررسي شرط نرمال‌بودن از آزمون آماري اسميرنوف – كولموگراف استفاده شد. از بين متغيرهاي مورد بررسی، شن بسيار ريز داراي توزيع نرمال است و متغيرهاي رس، سيلت و موادآلي از توزيع نرمال تبعيت نكرده‌اند كه مقادير چولگي در جدول ۱ نيز اين مسئله را تأييد مي‌كند. نرمال كردن متغيرهاي غير نرمال در نرم‌افزار زمين‌آماري GEOEAS انجام گرفت.

۱- Mean Square Error

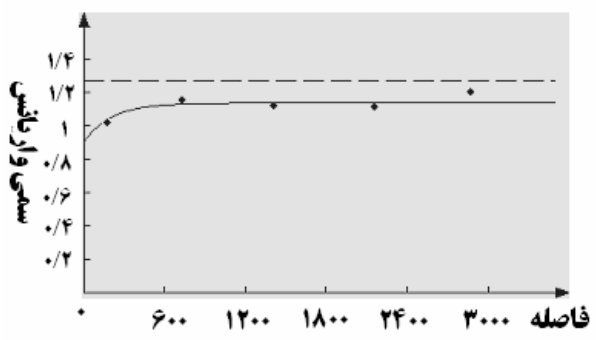
۲- Mean Error

جدول ۱- آمار توصيفي متغيرهاي مورد مطالعه (%)

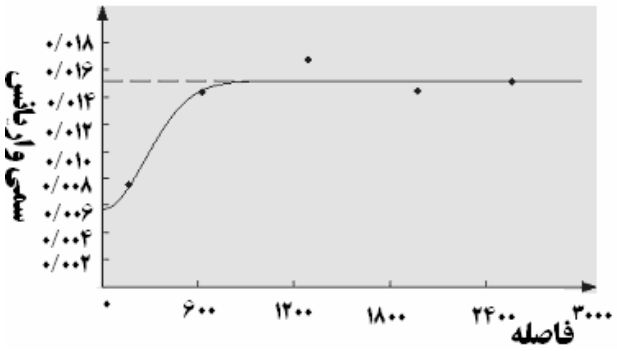
متغير	متوسط	حداقل	حداكثر	ضريب تغييرات	انحراف معيار	دامنه تغييرات	چولگي
رس	۱۰/۳۶	۲/۱	۲۶/۱	۴۸/۹	۵/۰۷	۲۴	۱/۰۴
سيلت	۴۱/۱۹	۰	۴۹	۱۸/۹۳	۷/۸	۴۱/۱۹	-۳/۱
شن‌بسياررريز	۲۴/۷	۷/۷	۴۵/۷	۳۶	۸/۹	۳۸	۰/۱۱
موادآلي	۰/۵۹	۰	۲/۷	۱۰۳/۵	۰/۵۷	۲/۷	۱/۷۱

به‌طوركلي ضريب تغييرات براي همه متغيرها بين ۱۸/۹۳ تا ۱۰۳/۵ درصد درتغيير است. كمترين و بيشترين مقدار ناهمگني يا عدم تجانس مكاني[1] آن به ترتيب به سيلت و موادآلي تعلق دارد. با توجه به بررسي ناهمسانگردي تمام متغيرها با استفاده از تغيير نماي سطحي هيچ گونه ناهمسانگردي در متغيرها وجود ندارد.

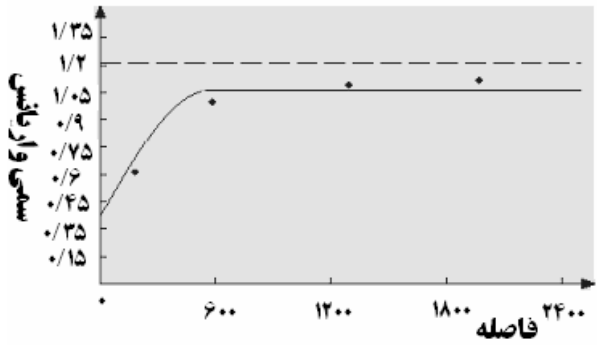
شكل های۴ تا۸ مدل‌هاي تغييرنماي متغيرها را نشان مي‌دهد. شايان ذكر است كه همه اين متغيرها جزو مدل‌هاي سقفدار و داراي ساختار مكاني هستند كه اين نمايانگر وابسته بودن نمونه‌هاي موجود در مكان هاي مختلف نسبت به يكديگر است و وجود ساختار فضايي را نشان مي‌دهد.



شكل ۴- تغييرنماي همه‌جهته رس (%)

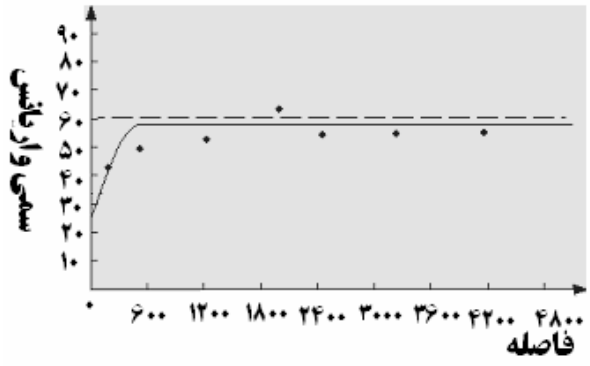


شكل ۵- تغييرنماي همه‌جهته سيلت (%)

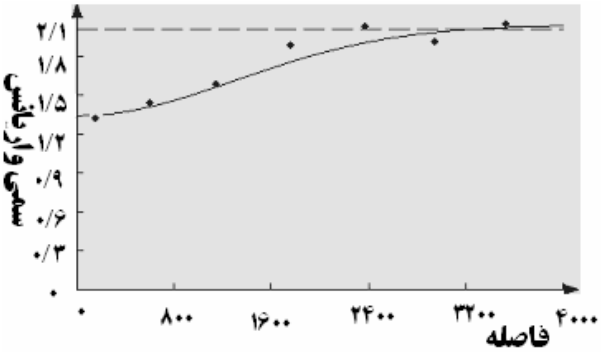


شكل ٦- تغييرنماي همه‌جهته شن بسيار ريز (%)

۱- Spatial heterogeneity



شكل ۷- تغييرنماي همه‌جهته موادآلي (%)



شكل ۸- تغييرنماي همه‌جهته كلاس نفوذپذيري

پارامترهاي تغييرنماي متغيرهاي مورد بررسی به همراه معيارهاي انتخاب مدل در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲ - پارامترهاي تغييرنماي متغيرهاي مورد مطالعه به همراه معيارهاي انتخاب

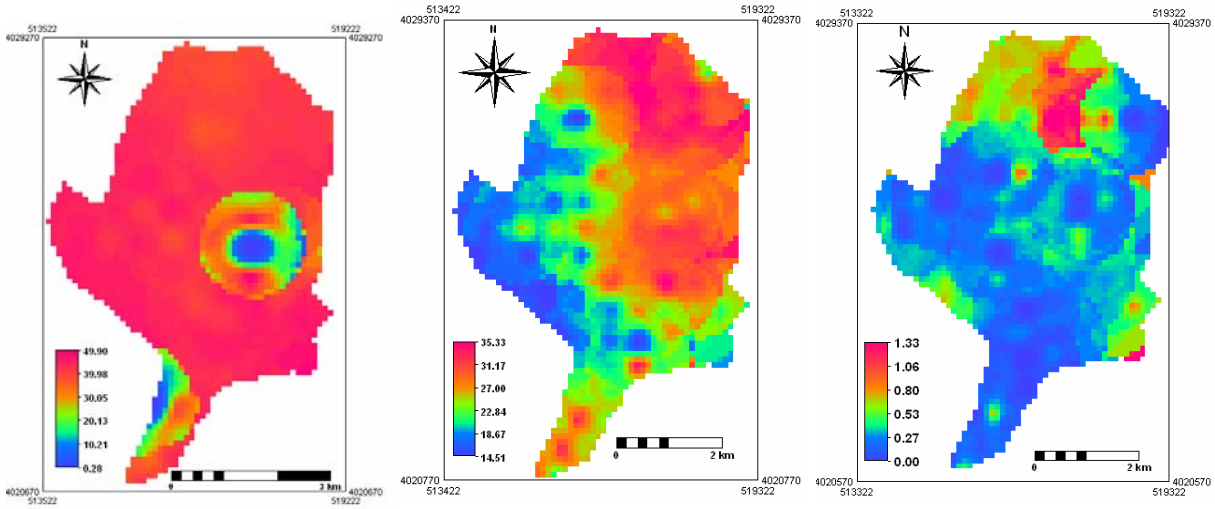
متغير	مدل	اثر قطعه‌اي (%)	*سقف (%)	وابستگي مكاني	دامنه تاثير (متر)	ميانگين خطا (ME)	واريانس خطا (MSE)	نوع كريجينگ
رس	نمايي	۰/۹۹	۰/۰۹	۰/۹۱۶	۴۰۰	-۰/۰۰۰۶	۰/۲۴	**Ln**
سيلت	گوسي	۰/۰۰۶	۰/۰۰۹	۰/۴	۳۲۰	۰/۰۰۳۱	۰/۰۲	**Ln**
شن بسيار ريز	كروي	۲۸	۴۱	۰/۴۰۵	۴۲۰	۰/۰۰۷۸	۷۸/۶۹	-
موادآلي	كروي	۰/۴	۰/۶۲	۰/۳۹۲	۳۲۰	۰/۰۴۷۵	۰/۳۰	**Ln**
كلاس نفوذپذيري	گوسي	۰/۷	۱/۴۵	۰/۳۲۵	۳۲۰۰	۰/۰۲۲	۱/۷۸	-

***** مقدار سقف (**C**) در اين نرم‌افزارها بدون در نظر گرفتن اثر قطعه‌اي (**C_0**) است.

همان‌طور كه نتايج جدول۲ نشان مي‌دهد، مدل‌هاي كروي و گوسي داراي تكرار مساوي هستند و بعد از آنها مدل نمايي در جايگاه دوم قرار دارد. نسبت اثر قطعه‌اي به سقف به عنوان مقادير وابستگي مكاني[1] تعريف شده‌است, به نحوي كه مقادير كمتر از ۲۵درصد نمايانگر وابستگي مكاني قوي، مقادير ۲۵ درصد تا ۷۵ درصد به عنوان وابستگي مكاني متوسط و مقادير بيشتر از ۷۵ درصد معرف وابستگي مكاني ضعيف است (۸). با توجه به اين، هيچ‌كدام از متغيرها وابستگي قوي را نشان نمي‌دهند. متغيرهاي سيلت، شن بسيار ريز، مواد آلي و نفوذپذيري داراي وابستگي مكاني متوسط و رس داراي وابستگي مكاني ضعيف است. وابستگي مكاني رس را مي‌توان به ناهمگني محيط نسبت به توزيع مكاني رس و همچنين فيت شدن

۱- Spatial dependency

مدل نمايي به دليل بزرگي دامنه تاثير نسبت به ابعاد تحت پوشش نمونه‌برداري نسبت داد (۲). حداقل دامنه تأثير ۳۲۰ متر به متغيرهاي سيلت و موادآلي و حداكثر آن به متغير نفوذپذيري معادل ۳۲۰۰ متر مربوط مي‌شود. بديهي است كه دامنه تأثير بزرگ‌تر، دلالت بر ساختار مكاني گسترده‌تر دارد. به عبارت ديگر, هر چه اين دامنه گسترده‌تر باشد, به تعداد نمونه كمتري نياز است كه در اين تحقيق حداقل تعداد نمونه به متغير نفوذپذيري اختصاص دارد. كريجينگ با فرض نامعلوم بودن ميانگين (كريجينگ معمولي) براي تمام متغيرها انجام گرفته است كه سه متغير رس، سيلت و موادآلي ازلاگ‌كريجينگ معمولي و متغير شن بسيار ريز از كريجينگ معمولي تبعيت كرده‌اند. شكل‌هاي۹ تا۱۲ پهنه‌بندي متغيرها را نمايش مي‌دهند. در ضمن نقشه خطاي تخمين براي تمام متغيرها مورد بررسي قرار گرفت كه براساس آن بيشترين خطاي تخمين براي تمام متغيرها در شرق حوزه واقع شده است كه اين به‌علت وجود نمونه كم در اين قسمت از منطقه است. شكل۱۳ نقشه خطاي تخمين سيلت را نمايش مي‌دهد. در نهايت با استفاده از معادله۳ نقشه فاكتور فرسايش‌پذيري خاك تهيه شد (شكل۱۴). جدول۳ تغييرات فاكتور فرسايش‌پذيري خاك در محدوده مورد بررسي را نشان مي‌دهد.

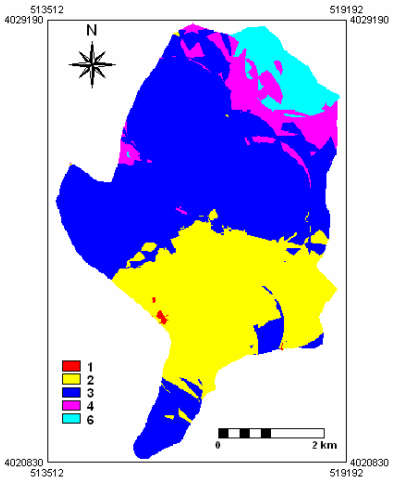


شكل۹- نقشه كريجينگ شن‌بسياراريز(%) شكل۱۰- نقشه كريجينگ موادآلي(%) شكل۱۱- نقشه كريجينگ سيلت (%)

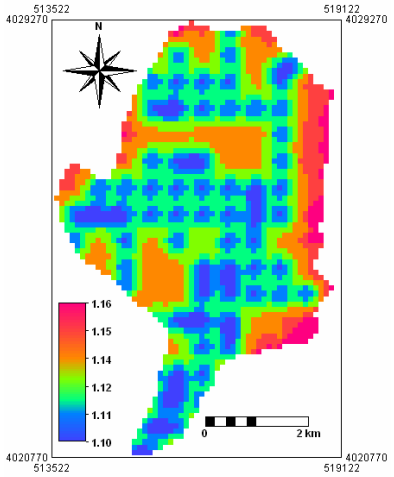
همان‌طور كه نتايج جدول ۳ نشان مي‌دهد, حداقل و حداكثر مقدار فاكتور فرسايش‌پذيري به ترتيب ۰/۱۳ و ۰/۹۱ است كه از نظر موقعيت مكاني به ترتيب در جنوب‌غرب و شرق حوزه واقع شده‌اند. نقشه تغييرپذيري فاكتور فرسايش‌پذيري خاك پس از مقايسه با نقشه‌هاي دخيل در معادله ۳ با نقشه سيلت تقارن بيشتري را نشان مي‌دهد اين موضوع اهميت سيلت را به عنوان عاملي مستعد در فاكتور فرسايش‌پذيري نمايان مي‌كند.

جدول ۳- تغييرات فاكتور فرسايش‌پذيري خاك

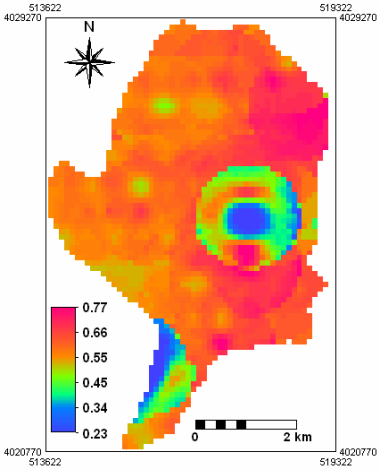
متغير	متوسط	حداقل	حداكثر	دامنه تغييرات
فاكتور فرسايش‌پذيري	۰/۶	۰/۱۳	۰/۹۱	۰/۷۸



شکل ۱۲- نقشه کریجینگ کلاس‌هاي نفوذپذيري



شکل ۱۳- نقشه خطاي تخمين سيلت (%)



شکل ١٤- نقشه کریجینگ فاکتور فرسایش‌پذیري خاك

مقايسه نقشه حاصل با نقشه‌هاي شيب، زمين‌شناسي و قابليت اراضي به‌صورت جداگانه, نشان می‌دهد كه الگوي تغييرات اين متغير با توزيع واحدهاي زمين‌شناسي منطقه نسبت به نقشه‌هاي ديگر همخواني بيشتر داشته است. به عبارتي واحدهاي مختلف زمين‌شناسي نسبت به ساير فاكتورهاي خاكسازي، خصوصيات مؤثر در فاكتور K را كنترل كرده‌اند. يكي از دلايل مهم اينكه فاكتور K الگوي پراكنش مشابهي با واحدهاي منابع اراضي (تيپ‌خاك) نشان نداده، اين است كه تفكيك واحدهاي خاك بر اساس فاكتورهاي مؤثر در فرسايش‌پذيري صورت نمي‌گيرد و بيشتر بر اساس خصوصيات تكاملي پروفيل انجام می‌شود, بنابراين دقت كافي در برآورد فاكتور فرسايش‌پذيري را ندارند.

بحث

در مقايسه نتايج به‌دست‌آمده از اين تحقيق با ساير پژوهش‌های انجام شده در اين مورد در مناطق مختلف، همه متغيرهاي مورد بررسی در اين تحقيق همسانگرد بوده‌اند كه در اين مورد نتايج با نتايج تحقيقات وانگ و همكاران (۲۴) همسويي دارد. همگن‌بودن متغيرها دليل بر عدم تغيير ناموزون آن در جهت‌های مختلف نيست، بلكه به‌دليل تكرارهاي مكرر پيچيدگي طبيعي (شكل و جهت شيب، تنوع زمين‌شناسي و ...) اين همگني و يكنواختي حاصل شده است. وجود ساختار ارتباط‌مكاني براي توزيع اندازه ذرات در اين تحقيق با نتايج تحقيقات ميلر و همكاران (۱۱) نيز شباهت دارد كه ضعيف بودن ساختار مكاني رس در مقابل متغيرهاي ديگر به‌علت زياد بودن ناهمگني محيط نسبت به توزيع مكاني رس و همچنين نوع مدل مربوطه در مقايسه با متغيرهاي ديگر است. در اين تحقيق متغير رس مدل نمايي را به عنوان بهترين مدل به خود اختصاص داده است كه با نتايج

تحقيقات ويه (۲۲) مطابقت دارد. وجود همبستگي مكاني در متغير مواد آلي با نتايج تحقيقات رحمان و همكاران (۱۸) همخواني دارد و در اين تحقيق مدل كروي را به عنوان بهترين مدل به خود اختصاص داده است. وجود وابستگي مكاني براي تمامي متغيرها با درنظرگرفتن فاصله نمونه‌برداري كمتر از دامنه تأثير با نتايج تحقيقات برگس[1] و همكاران (۴) شباهت زيادي دارد كه در مورد رس اين مقدار بسيار كم است. تشابه و تبعيت زياد فرسايش‌پذيري خاك از سيلت نسبت به متغيرهاي ديگر دخيل در فرسايش‌پذيري خاك با نتايج پژوهش‌های رنارد و فريرا[2] (۱۹) شباهت بسياري دارد.

با توجه به اينكه همه متغيرهاي مورد مطالعه جزو مدل‌هاي سقفدار و داراي ساختارمكاني هستند استفاده از روش زمين‌آمار در مقايسه با آمار كلاسيك در منابع طبيعي با توجه به عدم پراكنش تصادفي متغير پيشنهاد مي‌شود. ارائه نقشه خطا توسط كريجينگ و كاهش واريانس تخمين در وزن‌دهي جهت تخمين، از مزاياي مهم اين روش در مقايسه با روش‌هاي ديگر درون‌يابي است كه به‌علت مستقل بودن خطا از مقدار متغير و وابسته بودن آن به محل نمونه، در مراحل مختلف نمونه‌برداري بهترين مكان نمونه‌برداري توسط متخصص قبل از نمونه‌برداري قابل پيش‌بيني است.

با توجه به اينكه نقشه‌هاي منابع اراضي، جايگاه علمي مناسبی برای تعيين فاكتور فرسايش‌پذيري خاك ندارند و اگر به عنوان يك نقشه ورودي در يك مدل مورد استفاده قرارگيرند، به افزايش عدم قطعيت در پيش‌بيني می‌انجامند و قدرت تصميم‌گيري دقيق را كاهش مي‌دهند. پيشنهاد می‌شود روش معرفي شده در اين تحقيق با توجه به در نظر گرفتن تغييرات مكاني متغير و همچنين توزيع خطاي تخمين برای افزايش دقت و مديريت مطلوب‌تر در تهيه نقشه‌هاي پايه مورد استفاده قرار گيرد. تهيه تغييرنماي مجزا به‌ازاي هر واحد زمين‌شناسي در مقياس‌هاي بزرگ با تأمين اعتبار زياد برای تعداد نمونه كافي در مراحل واريوگرافي و كاهش معيارهاي ME و MSE و همچنين افزايش صحت و دقت پيش‌بيني برای تهيه نقشه فرسايش-پذيري به عنوان يك نقشه پايه در آبخيزداري و پديده فرسايش و رسوب,راهگشاي تصميم‌گيري دقيق‌تري در اين زمينه و زمينه‌هاي مربوطه خواهد بود.

تقدير و تشكر

بدين وسيله از آقاي مهندس ابوالقاسم دادرسي سبزوار عضو هيات علمي مركز تحقيقات منابع طبيعي و امور دام شهرستان سبزوار و رياست آن مركز كه امكانات رفاهي را در اختيار دارند, قدرداني مي‌شود.

۱- Burgess

۲- Rennard & Ferreira

منابع

۱- بقايي، ا. ۱۳۸۲. تجزيه و تحليل زمين‌آماري تغييرات مكاني برخي فلزات سنگين در اطراف ذوب آهن اصفهان و مجتمع فولاد مباركه. پايان‌نامه كارشناسي‌ارشد، دانشگاه صنعتي اصفهان، دانشكده كشاورزي، ۹۸ص.

۲- حسني پاك، ع. ۱۳۷۷. زمين آمار، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۱۴ ص.

۳- مدني، ح.۱۳۷۳ . مباني زمين‌آمار، دانشگاه صنعتي اميركبير، ۶۵۹ ص.

4- Burgess, T. M. & R. Webster. 1980. Optimal Interpolation and Isarithmic Mapping of Soil Properties. I-The Semi- Variogram and Punctual Kriging. Soil Science Journal. 31: 315-331.

5- Burrough, P. A. 1991. Sampling Designs for Quantifying Map Unit Composition. In: Mausbach, M. j. and Wilding, L. P. (Eds), Spatial Variability of Soils and Landforms, Soil Science Society American Journal.28. Madison, WI.

6- England, E. 1980. Geoeas. USEPA. 600/4-88/033.

7- Goovaert, P. 1999. Geostatistic in Soil Science: State of the Art and Perspective, Geoderma .38: 45-93.

8- 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.

9- ITC. 2001. Ilwis 3, Academic. Unit RSG/GSD, May 2001.

10- Klute, A. 1986. Methods of Soil Analysis Part: I. Physical and Mineralogical Methods. 2nd Ed. Soil Science Society American Journal. 1188 pp.

11- Miller, M. P., M J Singer & D. R. Nielsen. 1988. Spatial Variability of Wheat Yield and Soil Properties on Complex Hills, SSSAJ. 52:1133-1141.

12- Moehansyah1, H., B. L. Maheshwari1; J. Armstrong Maheshwari1 & J. Armstrong. 2004. Field Evaluation of Selected Soil Erosion Models for Catchment Management in Indonesia. Biosystems Engineering, 88 (4): 491–506.

13- Morgan, R. P. C. 1986. Soil Erosion and Conservation. 298 pp.

14- Myers, D. E, 1994. Spatial Interpolation: An Overview, Geoderma. 62 : 17- 28.

15-Page, A. L., R. H. Miller & M. Keeney. 1992. Methods of Soil Analysis. Part II: Chemical and Mineralogical Properties 2nd Ed. Soil Science American Society. 1159 pp.

16- Pannatier. 1996. Y., VARIOWIN: Software for Spatial Data Analysis in 2D, Springer-Verlag. New York, NY.

17- Parysow, P., G. Wang., G. Gertner & A. B. Anderson. 2003. Spatial Uncertainty Analysis for Mapping Soil Erodibility Based on Joint Sequential Simulation. Catena. 736 :1-14.

18- Rahman .S., L. C. Munn, R. Zhang. 1996. Spatial Variability of Rocky Mountain Forest Soils. Soil Science Journal. 76: 501-507.

19- Renard, K. G & V. A Ferreira. 1993. RUSLE Model Description and Database Sensitivity. Environmental Utility Journal, 22: 458-466.

20- Renard, K. G., Foster, G. R. Weesies, G. A., McCool, D. K & D.C Yoder. 1997. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised

Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Agricultural Handbook 703. U. S. Department of Agriculture. Washington, D.C., 404 pp.

21- Russo, R. & W. A. Jury. 1987. ´A Theoretical Study of the Estimation of the Correlation Scale in Spatially Variable Field II- Non Stationary Field, Water Resources Research Journal. 23:1269-1279.

22- Veihe, A. 2002. The Spatial Variability of Erodibility and its Relation to Soil Types: A Study From Northern Ghana. Geoderma. 10:101-120.

23- Voltz, M. 1997. Prediction Soil Properties Over a Region Using Sample Information From a Mapped Reference Area, Soil Science. 48: 19-30.

24- Wang, G., Gertner, G. Z., Liu, X & A. B Anderson. 2001. Uncertainty Assessment of Soil Erodibility Factor For Revised Universal Soil Loss Equation, Catena . 46: 1-14.

25-Wischmeier, W. H. & D. D. Smith. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses. A Guide to Conservation Planning. USDA. Agr. Res. Serve. Handbook., 537pp.

Assessment spatial variability of soil erodibility by using of geostatistic and GIS (Case study MEHR watershed of SABZEVAR)

Sh. Ayoubi*[1], M. Hossein Alizadeh[2]
[1] Assistant Prof, Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, 83111-84156, I.R. Iran
[2] Ph.D Student of Watershed Management, University of Tehran, I.R. Iran
(Received 23 November 2004, Accepted 22 February 2006)

Abstract

Soil erodibility is one of the key factors affecting certain sediment and soil erosion models such as USLE, RUSLE and MUSLE, and is represented as K factor that is the function of particle size distribution, organic content, soil structure and permeability. Traditional methods do not depict spatial displacement and fail to provide information on the precision of approximations by these methods. This study was performed to assess spatial variability of soil erodibility and its relevant variables in Mehr watershed, Sabzevar. The sampling network included 110 nested-systematic points with distance about 50, 100, 250 and 500 meter across the study area at GIS. Sampling was done at depth of 0-5 cm beneath the ground surface and permeability was studied at depth of 5-30 cm. Some soil properties such as particle distribution and organic content were measured at laboratory. Spatial variability of these variables were examined with means such as variogram models, kriging and error maps. Statistical analysis of the soil shows that the studied variables following the gaussian, exponential and spherical models and their range were changed from 320 to 3,200 m. Soil erodibility magnitude ranges from 0.13 to 0.91 and maximum and minimum values were identified in the east and southwest of the studied area. Soil spatial variability pattern is highly corresponds the silt pattern due to high effect of silt on soil erodibility. Spatial variability pattern is also in agreement with geological maps satisfactorily that reveals parental materials controls erodibility of soil with respect to the soil's type.

Keywords: Soil Erodibility, Spatial Variability, Geostatistics, Variogram, GIS, Mehr Watershed of Sabzevar

* Corresponding author: Tel: 0311-3913343 , Fax: 0311-3913471 E mail: ayoubi@cc.iut.ac.ir