مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره نوزدهم، بهار ۱۳۹۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۱۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۹/۱۸

صفحات: ۱۴ – ۱

پهنه‌بندی شوری خاک سطحی در اراضی شور بولاق ساوه با استفاده از روش‌های زمین‌آماری

عباس احمدی[۱*]، حمید ترنج زر[۲]، آزاده کاظمی[۳]

چکیده

پدیده شوری، یکی از مخرب_ترین فرآیندها به‌ویژه در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. لذا به منظور استفاده و بهره‌برداری از این خاک‌ها، پایش و تهیه نقشه شوری خاک ضرورت دارد. در این تحقیق به منظور پیش‌بینی و پهنه‌بندی خاک اقدام به برداشت ۱۰۰ نمونه از خاک سطحی اراضی شوره منطقه بولاق ساوه به روش شبکه‌ای شد. سپس در آزمایشگاه، مقادیر هدایت الکتریکی (EC) عصاره اشباع خاک به عنوان معرف شوری اندازه‌گیری گردید. سپس با انتقال داده‌ها به محیط نرم افزار ArcGIS 10 اقدام به تهیه نقشه پهنه-بندی EC شد. بدین منظور از مدل سمی واریوگرام کریجینگ استفاده شد. از طرفی مقدار نسبت اثر قطعه‌ای به حد آستانه برابر ۴۳/۸۴ درصد به دست آمد که حاکی از همبستگی مکانی متوسط مقادیر EC خاک در منطقه مطالعاتی است. همچنین دامنه تأثیر واریوگرام حدود ۲۶۱ متر به دست آمد. برآیند ارزیابی شاخص‌های مذکور مؤید این مطلب است که زمین آمار توانسته است با دقت و صحت متوسطی اقدام به پهنه‌بندی EC کند. نتایج تحقیق نشان داد از ۵ کلاس شوری خاک، EC خاک منطقه بولاق ساوه در چهار کلاس شامل غیرشور، تا اندازه‌ای شور، شوری متوسط و شوری زیاد قرار گرفته است که بیشترین مقادیر مربوط به میانه جنوبی منطقه مطالعاتی می-باشد. این نتایج نشان می‌دهد که شوری خاک در محدوده مطالعاتی از تغییرپذیری بالایی برخوردار است.

واژگان کلیدی: پهنه‌بندی خاک، زمین آمار، شوری خاک، کریجینگ، واریوگرام.

[۱]- استادیار، گروه علوم مرتع، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک(نویسنده مسئول) a-ahmadi@iau-arak.ac.ir

[۲]- استادیار، گروه علوم مرتع، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک h-toranjzar@iau-arak.ac.ir

[۳]- استادیار، گروه محیط زیست، دانشگاه اراک a_kazemi@alumni.ut.ac.ir

مقدمه

شورشدن و سدیمی شدن خاک، از مهمترین فرآیندهای مخرب خاک به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شوند (رنجبر و همکاران؛ ۲۰۱۶). در این مناطق تبخیر و تعرق بالقوه بیش از مقدار بارندگی است و به همین دلیل نمک‌های محلول در خاک انباشته شده و موجب افزایش شوری و کاهش باروری خاک می‌شود (دائم پناه و همکاران، ۱۳۹۰). شوری خاک دامنه وسیعی از اختلالات را در سلول‌ها و تمام گیاه ایجاد می کند و باعث ایجاد سلسله‌ای از فرایندهای معین می‌شود که منجر به تجمع کاتیون سمی Na^+ و یون Cl^- شده و بر جذب مواد غذایی از طریق اثرات متقابل رقابتی و یا نفوذپذیری انتخابی یون‌ها در غشاءها اثر می گذارند؛ بنابراین پایش شوری خاک به منظور مدیریت بهینه آب و خاک و پایداری اراضی کشاورزی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک (الدابع[1] و همکاران؛ ۲۰۱۵) و نیز به منظور کمی سازی پدیده شوری امری لازم است (بوعزیز و همکاران[2]؛ ۲۰۱۱).

اقدامات انجام شده برای پایش و ارزیابی شوری خاک به طور فزاینده‌ای در سطح دنیا در حال گسترش است. اما بررسی تغییرات شوری خاک بویژه در مناطقی با وسعت زیاد، گران و زمان بر است. لذا استفاده از تکنیک‌هایی که بتواند سطح وسیعی از اراضی را به آسانی پایش نموده و تغییرات در شوری و سدیمی شدن خاک را بررسی کند، ضرورت دارد (رنجبر و همکاران؛ ۲۰۱۶) و می‌تواند کمک بسیاری در امر مهار این پدیده داشته باشد. امروزه با پیشرفت علوم، استفاده از فناوری‌های جدید مانند دریافت و پردازش داده‌ها از طریق ماهواره و به کارگیری نرم افزارها و سیستم‌های پردازش اطلاعات مانند زمین آمار، نقش مهمی در مدیریت منابع آب و خاک دارد (دائم پناه و همکاران، ۱۳۹۱). به طور خاص زمین‌آمار پیوستگی طبیعی خاک را تشخیص داده و همچنین می‌تواند واریانس تصادفی در هنگام مدل‌سازی مکانی خاک را در همبستگی با سایر خصوصیات خاک نشان دهد (وات و پالمر[3]، ۲۰۱۵). روش‌های زمین‌آمار می‌تواند برای تولید نقشه‌های همتراز ویژگی‌های خاک از شبکه نمونه‌برداری نیز به کار می رود و به طور کل این روش موید برخی تصمیمات مدیریتی می‌باشد (لارکا[4]، ۲۰۰۴).

در سال‌های اخیر محققین زیادی از زمین آمار جهت پایش شوری خاک بهره برده‌اند. از جمه صدر و همکاران (۱۳۹۲) به استخراج پهنه‌های شوری خاک در مناطق خشک و نیمه خشک استان اصفهان با استفاده از نظریه زمین آمار پرداختند. خاکساران و همکاران (۲۰۱۳) نیز به بررسی تغییرپذیری مکانی شوری خاک به منظور مدیریت ویژه خاک‌های شور در دشت جنوبی ارومیه مبادرت نموده و نتیجه گرفتند مدل کریجینگ با ضریب همبستگی ۰/۹۷ و نیم تغییر نمای مدل گوسی از دقت بالایی برآورد مقادیر شوری در نقاط فاقد اطلاعات برخوردار است. کایدانی و دلبری (۱۳۹۱) با استفاده از روش‌های زمین آماری، پهنه‌بندی شوری خاک و ارزیابی ریسک شوری در منطقه میانکنگی سیستان را انجام دادند. در این پژوهش از دو روش زمین آماری کریجینگ معمولی و کریجینگ شاخص

1- Aldabaa
2- Bouaziz
3- Wat & Palmer
4- Larka

برای تهیه نقشه های شوری خاک در منطقه مورد مطالعه استفاده گردید. نتایج نشان داد که هر دو روش زمین آماری از دقت مشابهی در تخمین شوری خاک برخوردارند. دیانی و همکاران (۱۳۹۱) به پهنه‌بندی خطر شور و سدیمی شدن خاک سطحی را در منطقه اراضی غرب رود کارون در خوزستان پرداختند و برای تهیه نقشه‌ها از روش کریجینگ بهره بردند. نتایج نشان داد الگوی تغییر پذیری مکانی خواص شیمیایی به نوع مواد مادری خاک وابسته است.

ژوان و همکاران (۲۰۱۱)[1] با استفاده از یک مدل ترکیبی خطی گوسن از روش‌های زمین آماری، به تحلیل رابطه هدایت الکتریکی خاک و مقدار سدیم برای شناسایی تغییرات مکانی شوری خاک در جنوب اسپانیا پرداختند و به این نکته اشاره کردند که این تحلیل می‌تواند به منظور مدیریت اراضی و کشاورزی مفید واقع می‌شود.

نوار[2] و همکاران (۲۰۱۱) به تهیه نقشه شوری خاک در یکی از دشت‌های مصر با استفاده از تکنیک‌های زمین آماری کریجینگ معمولی و کریجینگ جهانی پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که مدل کریجینگ معمولی با سمی واریوگرام کروی بهترین مدل برای تولید نقشه شوری خاک بر اساس طبقه‌بندی استاندارد شوری خاک هستند. اکرم خانوف[3] و همکاران (۲۰۱۴) به پایش شوری خاک در ازبکستان با روش زمین آمار و نیز استفاده از دستگاه القاء گر الکترومغناطیس پرداختند. نتایج نشان داد بین سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۱ غالب سطح منطقه شور نبوده و تنها چند لکه با شوری حدود ۶ دسی زیمنس بر متر تخمین زده شد. همچنین احتمال رسیدن اراضی به آستانه شوری بحرانی (dsm/1 ۸) بسیار اندک پیش‌بینی شد.

با توجه به اینکه درصد قابل توجهی از اراضی مرتعی در استان مرکزی و نیز شهرستان ساوه با خطر بیابان‌زایی، شوری و سدیمی شدن مواجه‌اند، این پژوهش با هدف بررسی روند تغییرات شوری خاک در منطقه مورد مطالعه، مدلسازی ساختار تغییرپذیری شوری خاک توسط تابع واریوگرام و در نهایت تهیه نقشه پهنه‌بندی شور شدن خاک با استفاده از تکنیک زمین آمار در اراضی شور بولاق ساوه انجام پذیرفته است.

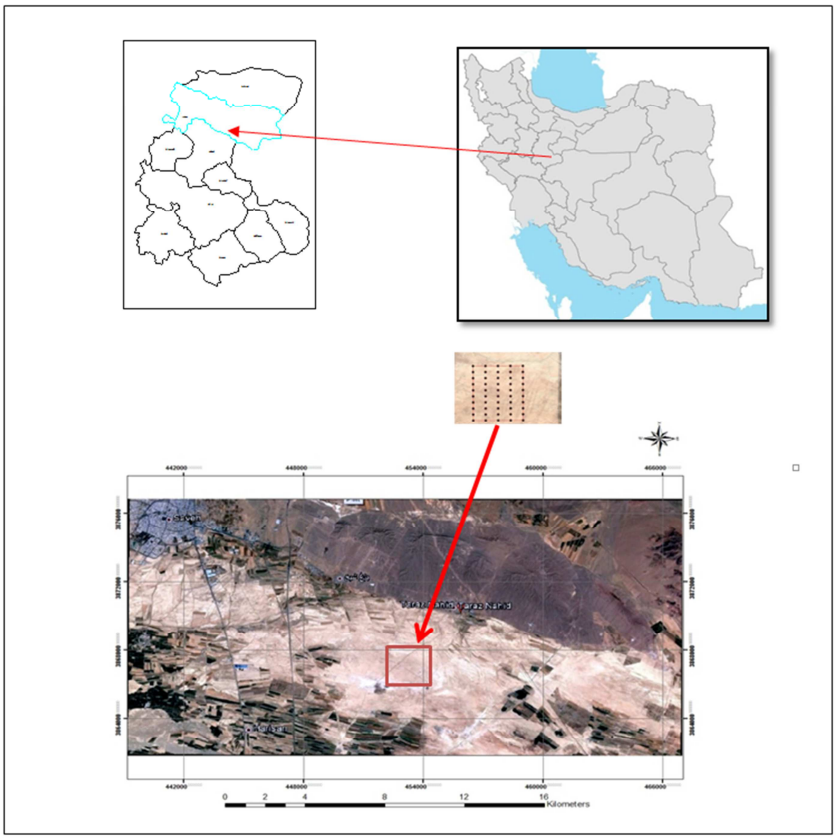
داده‌ها و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در منطقه طرح مرتعداری بولاق واقع در شهرستان ساوه استان مرکزی انجام شد. محدوده طرح مورد نظر به وسعت ۳۱۸۰ هکتار می‌باشد که در فاصله ۲۱ کیلومتری شرق شهرستان ساوه در موقعیت جغرافیایی "۳۸ '۳۱ °۵۰ الی "۰۵ '۲۷ °۵۰ طول شرقی و "۰۰ '۵۵ °۳۴ الی "۱۰ '۵۴ °۳۴ عرض شمالی واقع شده است. بلندترین ارتفاع منطقه ۹۷۰ متر و پست‌ترین نقطه آن ۹۴۰ متر از سطح دریا می‌باشد و متوسط ارتفاع ۹۵۵ متر از سطح

1 -Juan
2- Nawar
3- Akramkhanov

دریاست. درختچه گز *Tamarix sp.* پوشش گیاهی غالب منطقه را تشکیل می‌دهد. میزان بارنگی سالیانه منطقه حدود ۱۴۶ میلی‌متر برآورد شده است (طرح مطالعاتی مرتعداری بولاق، ۱۳۷۵). شکل ۱ موقعیت منطقه نمونه‌برداری نحوه شبکه‌بندی برای نمونه برداری را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور، استان و بر روی تصویر ماهواره‌ای و الگوی شبکه‌بندی برای نمونه‌برداری

۱) نمونه‌برداری خاک و آنالیز آزمایشگاهی

با مشخص شدن محدوده مطالعاتی، شبکه ۲۰۰* ۱۰۰ متری در پهنه ۷۲ هکتاری ترسیم گردید. سپس از گوشه شمال غربی محدود مطالعاتی با استفاده از بیلچه اقدام به حفر پروفیل از عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک شد و در عمق این پروفیل ها، نمونه خاک برداشته شد. همچنین با استفاده از دستگاه GPS مختصات UTM پروفیل‌ها نیز ثبت گردید. پس از نمونه‌برداری خاک، با انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه آب و خاک، مقادیر هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (EC) هر یک از نمونه‌ها با دستگاه EC متر تعیین شد.

پس از تحلیل آماری داده‌ها، تغییرنمای (واریوگرام) مستقیم تجربی برای ویژگی‌های خاک در دو عمق مختلف در منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10 تهیه شد. واریوگرام مناسب به داده‌های عامل‌های مؤثر در هر

تیپ از بین مدل‌های خطی، کروی، نمایی و گوسی برازش گردید واز بین مدل‌های برازش، مدل نمایی انتخاب شد. در مرحله آخر با استفاده از روش کریجینگ نقشه پهنه‌بندی توزیع مکانی هدایت الکتریکی خاک به صورت دو بعدی و سه بعدی تهیه شد و نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نقشه شوری نیز با نرم افزار Surfer رسم شد.

به منظور بررسی روابط مکانی بین نقاط اندازه‌گیری شده از مدلسازی "سمی واریوگرام"[۱] یا نیم تغییر نما استفاده شد. همچنین مدل واریوگرام نوع "ثابت"[۲] انتخاب شد. در نهایت ضمن بررسی پراکنش و خطای مقادیر برآوردی به ارزیابی کارایی مدل سمی واریوگرام بر اساس شاخص‌های آماری توصیفی نظیر Mean، RMSS[۳] و ASE[۴]، نقشه‌های پهنه بندی پارامترEC محدوده مطالعاتی تهیه گردید و به بررسی تغییرات در ارتباط با مقادیر آستانه پرداخته شد.

در کارهای زمین آمار سه مرحله برای تهیه نقشه پیش‌بینی طی می‌شود. مرحله اول شامل مطالعه آماری و نموداری داده‌ها بدون در نظر گرفتن توزیع جغرافیایی آنها است. چک کردن داده‌ها، حذف داده‌های پرت و تعیین ویژگی‌های آماری داده‌ها نیز در این مرحله قرار می‌گیرد. مرحله دوم در برگیرند تحلیل ساختار مکانی داده‌ها است. در این مرحله توزیع مکانی داده‌ها بررسی می‌شود. بررسی مکانی داده‌ها با استفاده از نیم تغییرنما صورت می‌گیرد. نیم تغییرنما نشان‌دهنده سیر کاهش همبستگی مکانی بین دو نقطه از فضا در زمانی که فاصله بین این دو نقطه در حال زیاد شدن است. اجزای نیم‌تغییرنما عبارتند از اثر قطعه‌ای[۶] که در واقع عرض از مبدأ منحنی است. دامنه تأثیر[۷] که عبارت است از فاصله مکانی یا زمانی بین نمونه‌ها که پس از آن متغیر ناحیه‌ای در نقاط مجاور هم تأثیر چندانی بر یکدیگر ندارند و مقداری نسبتاً ثابت بوده که تغییرات آن تصادفی است و آستانه[۸] نام دارد که معادل با واریانس کلی متغیر مورد بررسی است (جانسون و همکاران[۹]، ۲۰۰۱).

برای تعیین وابستگی مکانی از نسبت آستانه(C_1) به اثر قطعه‌ای(C_0) نسبت وابستگی(DR[۱۰]) استفاده می‌شود که فرمول آن به قرار زیر است:

$$DR = \frac{C_1}{C_0 + C_1} \times 100 \qquad (۱)$$

نسبت وابستگی نشان دهنده تناسب ساختار نیم‌تغییرنما برای داده‌هاست. کمترین مقدار DR نشان دهنده ضعیف-ترین وابستگی مکانی است.

1 - Semivariogram
2 - Stable
3 - Root Mean Square Error
4 - Root Mean Square Standardized
5 - Average Standard Error
6 - Nugget
7 - Range
8- Sill
9 - Johnston et al.
10 - dependence ratio

مرحله سوم مطالعه روش‌های زمین‌آماری پیش‌بینی است. زمین‌آمار روش‌های بسیار متنوعی را برای منطقه‌ای کردن دارد. عمده‌ترین این روش‌ها کریجینگ هستند. روش‌های مختلف درون‌یابی مثل رگرسیون خطی، کریجینیگ، کوکریجینگ و ... با روش ارزیابی متقاطع مقایسه و ارزیابی می‌شوند برای انتخاب مناسبترین روش درونیابی از میان سه روش مطرح شده از دو معیار ریشه دوم میانگین مربعات خطا[1] (RMSE) و خطای متوسط[2] (AE) برای ارزیابی متقاطع[3] استفاده شد. در این روش داده‌های مشاهداتی $Z(o_i)$ برای n پروفیل حذف و دوباره با روش‌های پیشنهادی متغیر $Z(p_i)$ تخمین زده می‌شود و خطای تجربی با فرمول زیر برآورد می‌شود:

$$\varepsilon = Z(o_i) - Z(p_i) \quad (۲)$$

معیارهای ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSE) و خطای متوسط (AE) برای مقایسه نتایج مدل پیش‌بینی با داده‌های مشاهداتی استفاده شد. معیار RMSE بر اساس خطای تخمین و انحراف معیار داده‌های مشاهداتی S است:

$$RMSE = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} [\varepsilon]^2 \right)^{1/2} \quad (۳)$$

خطای متوسط برای آزمون قابلیت پیش‌بینی مدل استفاده شده است:

$$AE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \frac{\varepsilon}{s} \quad (۴)$$

هر چه این معیار مربع میانگین خطا کوچکتر باشد و همچنین میانگین خطا هر چه نزدیک به صفر باشد، صحت پیش بینی بالاتر است. بر این اساس روش زمین آماری کریجینگ معمولی برای تمام خصوصیات خاک و در هر دو عمق RMSE کمتر و AE آنها به صفر نزدیک‌تر است و در نهایت برای پیش‌بینی خصوصیات خاک از روش کریجینگ معمولی استفاده شد.

یافته‌های تحقیق

ویژگی‌های آماری صفت شوری خاک در جدول ۱ ذکر شده است.

جدول۱: آماره های توصیفی داده های EC خاک در منطقه بولاق ساوه

پارامتر	تعداد نمونه	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	واریانس
EC	۵۰	۱/۵۰	۱۱/۶۰	۳/۹۳	۲/۰۲	۴/۰۷

1 - root mean square error
2- Average Error
3 - cross-validation

همچنین از معیار نسبت مؤلفه ساختاردار نیم تغییرنما به سقف، C/(C+C0) نیز برای بیان وجود ساختار فضایی استفاده شده است. اگر مقدار این معیار کوچکتر از ۰/۵ باشد، نقش مؤلفه بی‌ساختار بیشتر از مؤلفه‌های دارای ساختار است و در نتیجه ساختار فضایی ضعیف تلقی می‌گردد.

جدول۱ پارامترهای مدل تئوری برازش داده شده به هدایت الکتریکی منطقه بولاق را بازگو می‌کند. با توجه به این جدول، معیار نسبت مؤلفه ساختاردار نیم تغییرنما به سقف *C/(C+Co)* برابر ۰/۵۶۰ و نسبت اثر قطعه ای به حد آستانه (*nugget/sill*) برابر ۴۳/۸۴ درصد باشد که حاکی از آن است که وابستگی مکانی هدایت الکتریکی خاک در منطقه مطالعاتی در حد متوسط بوده و از پیوستگی بینابینی برخوردار است.

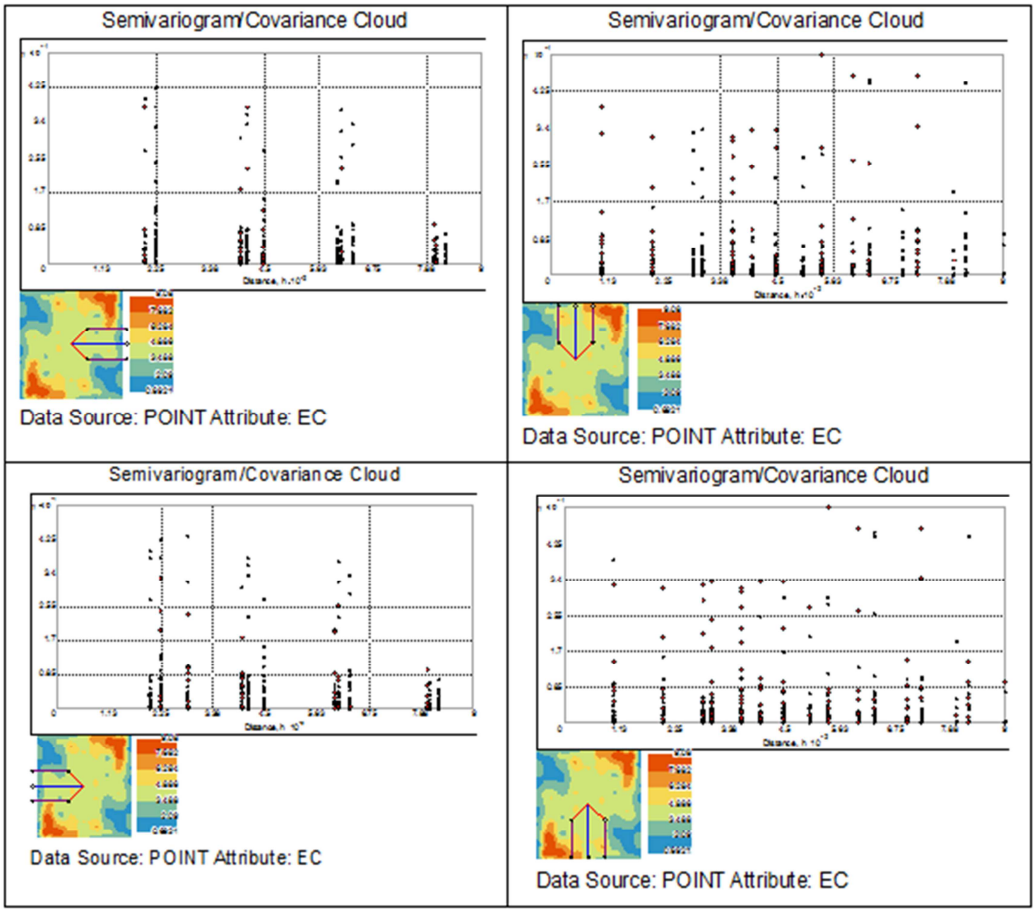
دامنه تأثیر حدود ۲۶۱ متر به دست آمده است. به این معنا که نمونه‌ها تا فاصله ۲۶۱ متری بر هم تأثیر می گذارند و دارای پیوستگی مکانی می‌باشند. پیوستگی مکانی بدین معناست که نمونه‌های مجاور تا فاصله معینی به هم وابستگی دارند و چنین فرض می‌شود که این وابستگی بین نمونه‌ها را می‌توان به صورت مدل ریاضی تحت عنوان تغییر نما (واریوگرام) ارائه کرد. بدیهی است که دامنه تأثیر بزرگتر دلالت بر پیوستگی مکانی گسترده‌تری دارد (حسنی پاک، ۱۳۸۹). با توجه به نتایج تحقیق، می‌توان از داده‌های موجود در محدوده ۲۶۱ متری، برای تخمین مقدار متغیر مجهول استفاده کرد؛ اما در خارج از این فاصله، نمونه‌ها به طور مستقل عمل می‌کنند.

جدول ۲: پارامترهای برازش داده شده به هدایت الکتریکی

پارامتر	مدل	C/(Co+C)	Effective Range (m)	Range ParameterAo	Sill (Co+C)	Nugget (Co)
EC	نمایی	۰/۵۶۰	۲۶۱	۸۰۰/۷۰	۰/۳۴۹	۰/۱۵۳

خودهمبستگی داده‌ها

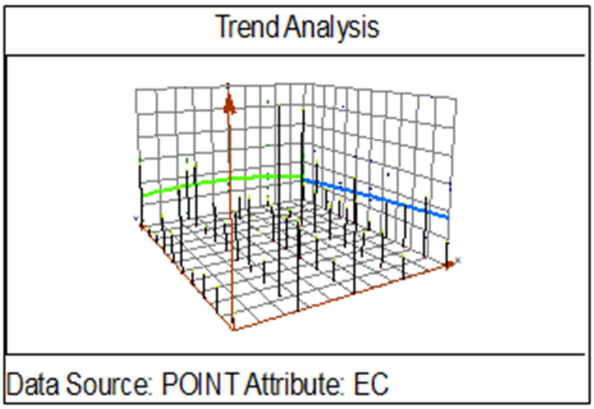
شکل ۲ نمودار خودهمبستگی سمی واریوگرام داده های EC خاک را در چهار جهت اصلی جغرافیایی نشان می‌دهند. نتایج نشان می‌دهد که همبستگی بین مقادیر کمتر داده‌های EC بیشتر از داده‌های با مقادیر بیشتر است.



شکل ۲: نمودار خودهمبستگی سمی واریوگرام مقادیر EC خاک در جهات چهارگانه منطقه بولاق

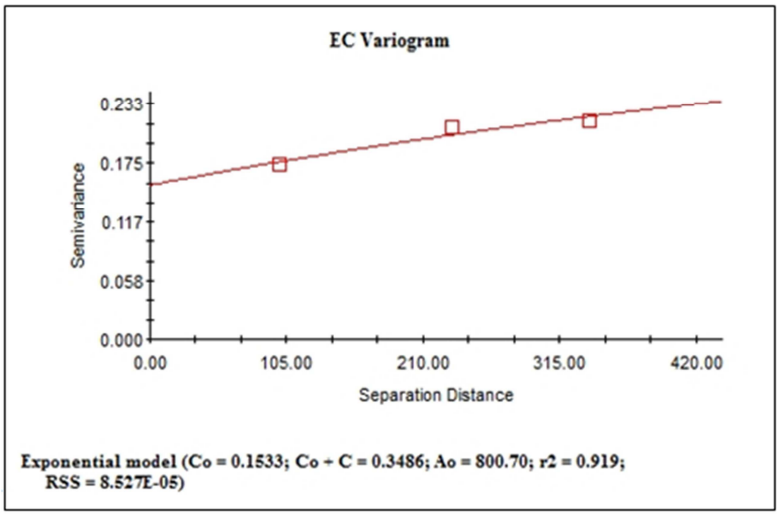
نتایج آزمون روند تغییرات مکانی EC خاک

شکل ۳، روند تغییرات مکانی و شکل ۵ نقشه سه بعدی توزیع مکانی EC خاک منطقه بولاق را نشان می‌دهد. خط روند سبز رنگ نشان می‌دهد که مقادیر EC در منتهی الیه محور Y (غرب منطقه) کم بوده و با حرکت در راستای محور X (شرق منطقه) مقادیر افزایش جزئی یافته و سپس مجدداً کاهش می‌یابد. خط روند آبی رنگ، روند کاهشی این پارامتر را از منتهی الیه محور X (جنوب منطقه) در راستای محور Y (شمال منطقه) نشان می‌دهد.



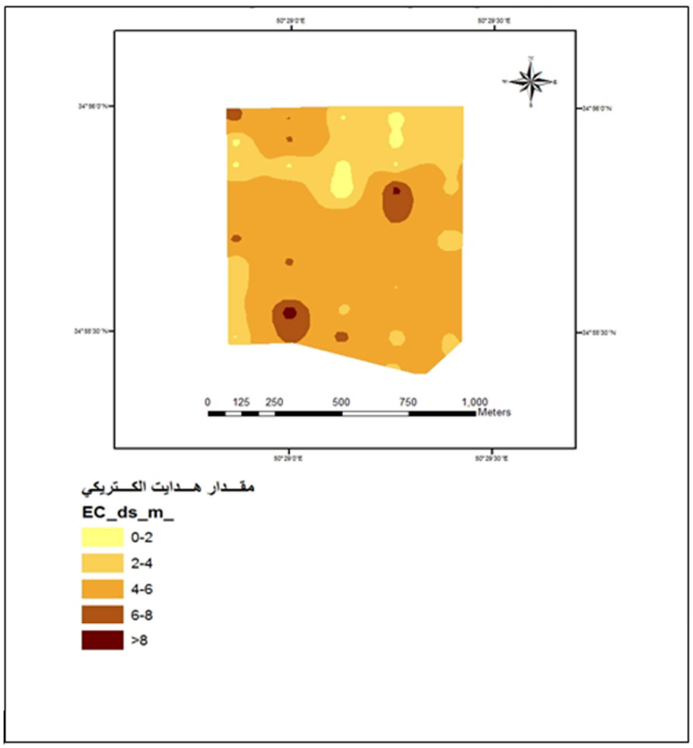
شکل۳: روند تغییرات مکانی هدایت الکتریکی رطوبت اشباع خاک منطقه بولاق

شکل ۴، واریوگرام تجربی و مدل تئوری برازش داده شده به هدایت الکتریکی منطقه بولاق را نشان می‌دهد. بر این اساس در بین مدل‌های خطی، نمایی، گوسی و کروی، مدل نمایی با بیشترین ضریب تبیین (R^2) برابر ۰/۹۱۹ و کمترین RSS برابر ۰/۰۰۸ بهترین مدل برای برازش نیم تغییرنما معرفی شد.

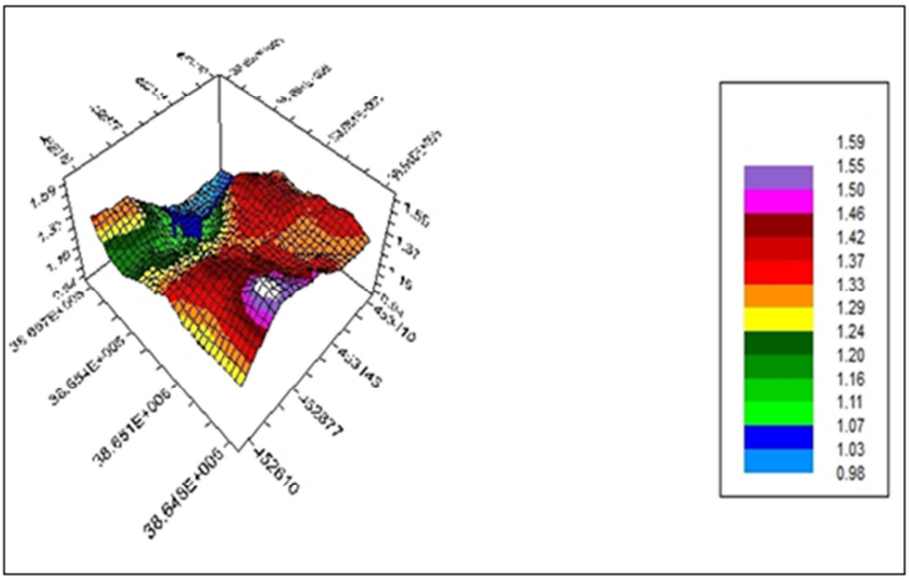


شکل۴: واریوگرام تجربی و مدل تئوری برازش داده شده به هدایت الکتریکی منطقه بولاق

شکل‌های ۵ نقشه توزیع مکانی هدایت الکتریکی (پهنه‌بندی) منطقه بولاق و شکل ۶ نیز نقشه سه بعدی توزیع مقادیر شوری در منطقه را نشان می‌دهد. هر چه رنگ به سمت قهوه‌ای تیره تر مایل می‌شود نشان دهنده افزایش شوری خاک سطحی است و بیشترین مساحت مربوط به شوری بین ۴ تا ۶ دسی زیمنس می‌باشد.



شکل ۵: نقشه پهنه بندی هدایت الکتریکی منطقه بولاق ساوه



شکل ۶: نقشه سه بعدی توزیع مقادیر هدایت الکتریکی در منطقه بولاق

نتایج و بحث

در مورد روند تغییرات مکانی EC نتایج نشان داد که در راستای غربی- شرقی، با حرکت به سمت شرق منطقه، EC خاک افزایش جزئی پیدا می‌کند و مجدداً کم می‌شود؛ بطوریکه این روند حالت کمان شکل دارد. اما با توجه به نتایج، در راستای جنوبی- شمالی، EC خاک با شیب ملایمی کاهش می‌یابد. بنابراین بیشترین مقدار EC خاک مربوط به میانه جنوب منطقه می‌باشد و کمترین آن مربوط به شمال شرق منطقه است.

در مورد هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک منطقه بولاق ساوه، آستانه جزئی برابر با ۰/۳۴۹ است که نشان می‌دهد خودهمبستگی در مقادیر پایین EC وجود دارد با توجه به نتایج، این خودهمبستگی در هر چهار جهت تقریباً به یک شکل می‌باشد.

بررسی کارایی مدل سمی واریوگرام

طبق روش کار در این تحقیق از روش کریجینگ معمولی به منظور پیش‌بینی و پهنه‌بندی EC عصاره اشباع خاک منطقه بولاق ساوه بهره گرفته شد. محمدی (۱۳۷۷) و الدیری و گارسیا[1] (۲۰۰۹) نیز روش کریجینگ معمولی را نسبت به کوکریجینگ روش ساده‌تر و مناسب تر جهت محاسبه تغییرات کوچک شوری، ارزیابی کردند. نتایج بیانگر این مطلب است که خطای اندازه‌گیری (نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه) با ۴۳/۸۴ درصد در کلاس ۷۵-۲۵ درصد قرار دارد که نشان می‌دهد این پارامتر در منطقه مطالعاتی از همبستگی مکانی متوسطی برخودار است.

در پژوهش حاضر، خطای اندازه‌گیری شده در واریوگرام روش کریجینگ برای برآورد مقادیر هدایت الکتریکی خاک ۴۳/۸۴ درصد می‌باشد که حاکی از پایین تر بودن دقت برآورد این روش نسبت به تحقیقات ذاکری انارکی (۱۳۹۱) می‌باشد.

در این مطالعه، دامنه تاثیر EC ۲۶۱ متر است که دلیل این امر، پراکنش بالای نمونه برداری در مساحت کم محدوده مطالعاتی (۷۲ هکتار) است. در صورتی که نمونه برداری‌ها با فاصله بیشتر در سطح بزرگتری انجام می‌شد، از دقت پیوستگی مکانی داده‌ها کاسته می‌شد، اما در عوض دامنه تأثیر افزایش می‌یافت. در مقایسه با پژوهش صورت گرفته توسط ذاکری انارکی (۲۰۱۲)، این دامنه همبستگی مکانی کمتر برآورد شده است.

با توجه به آنالیزهای انجام شده که خاک نسبتاً قلیایی و با شوری متوسط منطقه را تائید می‌نماید و با در نظر گرفتن بافت شنی خاک، در صورتی که امکان زهکش نمودن آب به منطقه فراهم باشد، احیای منطقه با انتخاب گونه هایی از گیاهان شن دوستی که منطقه را در معرض خطر شوری قرار ندهند، توصیه می‌گردد.

در نهایت می‌توان به این نتیجه اشاره کرد که تکنیک زمین آمار کریجینگ توانسته در برآورد شوری خاک عملکرد خوبی داشته باشد که این امر با نتایج تحقیقات اکثر محققین از جمله سکوتی سکوتی و مهدیان (۱۳۸۶)، خاکساران

1- Eldeiry & Garcia

و همکاران (۲۰۱۳)، دائم پناه و همکاران (۱۳۹۰)، دیانی و همکاران (۱۳۹۱)، ذاکری انارکی (۱۳۹۱)، و دلاوری و همکاران (۱۳۹۲) مطابقت دارد.

حد آستانه EC برابر ۴ دسی زیمنس بر متر می باشد. در مورد احتمال تجاوز EC خاک، نتایج نشان داد که در قسمت های شمالی محدوده مطالعاتی در راستای غرب به شرق، کمترین احتمال تجاوز EC از حد آستانه (۴ دسی زیمنس بر متر) وجود دارد. در حالی که در قسمت های شرقی و میانه جنوبی منطقه مطالعاتی، احتمال تجاوز EC از حد آستانه بصورت پراکنده بالا است. با توجه به نقشه پهنه‌بندی، منطقه از نظر خطر شور شدن خاک در طبقه متوسط و آستانه شوری قرار دارد که بیشترین خطر در بخش‌های جنوبی و شرقی محدوده مطالعاتی می‌باشد. طبق نظر کایدانی و دلبری (۱۳۹۱) در این کلاس عملکرد بسیاری از محصولات کاهش می‌یابد. در منطقه مورد مطالعه نیز استفاده از فناوری‌های نوین از قبیل زمین آمار بهترین روش‌هایی هستند که می‌توانند تجزیه و تحلیل و دسترسی به اطلاعات زیاد، متنوع و دقیق را آسان‌تر سازند. با در نظر گرفتن هزینه بالای نمونه‌برداری و دشواری کار و صرف زمان طولانی، استفاده از تکنیک زمین آمار برای تخمین مقدار پارامترهای مورد نظر در مناطق مشابه با دقت قابل قبول، به عنوان راه حلی مناسب پیشنهاد می‌گردد. اما روش زمین آمار نسبت به آمار کلاسیک پیچیده تر و استفاده از آن منوط به در اختیار بودن تعداد نمونه کافی است. بنابراین در انتخاب و استفاده از این روش با توجه به متغیر و محیط مورد بررسی باید بررسی‌های همه جانبه ای صورت گیرد.

ارزیابی کارایی مدل سمی واریوگرام مربوطه حاکی از کارایی قابل قبول مدل نمایی در پیش بینی و پهنه بندی بود. البته خاکساران و همکاران (۲۰۱۳) مدل گوسی و دیانی و همکاران (۱۳۹۱) الگوی کروی را بهترین مدل برازش داده شده در مطالعه خود تشخیص دادند.

نتایج تحقیق نشان داد از ۵ کلاس شوری خاک، EC خاک منطقه بولاق ساوه در چهار کلاس شامل غیرشور، تا اندازه‌ای شور، شوری متوسط و شوری زیاد قرار گرفته است که بیشترین مقادیر مربوط به میانه جنوبی منطقه مطالعاتی می‌باشد. دلیل این امر احتمالاً به به تمرکز گودال‌های لکه‌ای فاقد پوشش گیاهی بر می گردد که تبخیر آب پس از بارندگی و صعود نمک به طبقات فوقانی خاک در اثر پدیده مویینگی باعث شورتر شدن خاک شده است. این نتایج نشان می‌دهد که شوری خاک در محدوه مطالعاتی از تغییرپذیری بالایی برخوردار است که به عنوان یکی از محدودیت‌های اصلی در بخش کشاورزی محسوب می‌گردد. نتایج چنین تحقیقاتی می‌تواند در ارزیابی کیفی محیط زیست، برنامه‌ریزی و مدیریت مناطق بیابانی و اراضی شور من جمله انتخاب گونه گیاهی مناسب و کاربری اراضی متناسب با استعداد آنها به کار رود.

تقدیر و تشکر

نویسندگان، از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی اراک بواسطه حمایت مالی و معنوی از این تحقیق که مستخرج از طرح پژوهشی می‌باشد، کمال قدردانی را دارند.

منابع

تقی زاده مهرجردی، روح اله.، سرمدیان، فریدون؛ امید، محمود.؛ ثواقبی، غلامرضا.، روستا، محمد جواد و رحیمیان، محمد حسن، (۱۳۹۱). پهنه بندی شوری خاک با استفاده از تکنیک زمین آمار و دستگاه القاءگر الکترومغناطیس در منطقه اردکان. مجله پژوهش های خاک (علوم خاک و آب)، جلد ۲۶، شماره ۴. صص ۳۶۹-۳۸۰.

دائم پناه، راضیه؛ حق نیا، غلامحسین، علیزاده، امین؛ کریکی کارویه، علیرضا، (۱۳۹۰). تهیه نقشه شوری و سدیمی خاک سطحی با روش های دورسنجی و زمین آماری در جنوب شهرستان مه ولات. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۵، شماره ۳، صص ۴۹۸-۵۰۸.

دیانی، محمود؛ جعفری، سیروس؛ خلیل مقدم، بیژن؛ دهقانی، امیراحمد، (۱۳۹۱). پهنه بندی خطر شور و سدیمی شدن خاک سطحی با استفاده از زمین آمار (مطالعه موردی: اراضی غرب رودخانه کارون در استان خوزستان)، پژوهش های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، شماره ۹۴، صص ۹۵-۸۶.

ذاکری انارکی، سحر، (۱۳۹۱). پهنه بندی برخی خصوصیات خاک با استفاده از روش های زمین آماری (مطالعه‌ی موردی: منطقه بیابانی طراز ناهید شهرستان ساوه)، پایان نامه کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه آزاد اسلامی اراک، ۹۳ صفحه.

سکوتی اسکویی، رضا. و مهدیان، محمد حسین، (۱۳۸۶). مقایسه کارایی برخی روش های زمین اماری برای پیش بینی پراکنش مکانی شوری خاک سطحی، مطالعه موردی دشت ارومیه. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، ص ۶.

صدر، سمیه؛ افیونی، مجید؛ موحدی راد، زهرا، (۱۳۹۲). استخراج پهنه های شوری خاک در مناطق خشک و نیمه خشک با استفاده از نظریه زمین آمار (استان اصفهان)، نشریه جغرافیا و مخاطرات محیطی، جلد ۲، شماره ۷، صص ۲۷-۳۰.

قانعی مطلق، غلامرضا؛ پاشایی اول، عباس؛ خرمالی، فرهاد؛ و مساعدی، ابوالفضل، (۱۳۸۷). تهیه نقشه شوری خاک به منظور مدیریت ویژه خاک های شور (مطالعه موردی: بخشی از اراضی زراعی شمال شرقی دشت آق قلا). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۵، شماره ۶، صص ۷۵-۸۲.

قرنجیک، یوسف، (۱۳۷۶). طرح بیابان زایی بولاق، اداره منابع طبیعی ساوه.

کایدانی، مهدی؛ دلبری، معصومه، (۱۳۹۱). پهنه بندی شوری خاک و ارزیابی ریسک شوری در منطقه میانکنگی (سیستان) با استفاده از روشهای زمین آماری. علوم و مهندسی آبیاری (مجله علمی کشاورزی)، جلد ۳۵، شماره ۱. صص ۴۹-۵۹.

محمدی، جهانگرد، (۱۳۷۷). مطالعه تغییرات مکانی شوری خاک در منطقه رامهرمز (خوزستان) با استفاده از نظریه ژئواستاتیستیک کریجینگ. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۲، شماره ۴، صص ۴۹-۶۳.

Akramkhanov, A., Brus, D.J., Walvoort, D.J.J. (2014). Geostatistical monitoring of soil salinity in Uzbekistan by repeated EMI surveys. Geoderma,213, pp. 600–607.

Aldabaa, A.A. A., Weindorf, D. C., Chakraborty, S., Sharma, A., Li, B., (2015). Combination of proximal and remote sensing methods for rapid soil salinity quantification, Geoderma 239–240, pp. 34–46.

Bouaziz, M., Matschullat, J. and Gloaguen, R. (2011). Improved remote sensing detection of soil salinity from a semi-arid climate in Northeast Brazil. Geoscience 343, 795–803.

Corwin, D.L. and Lesch, S.M. (2005). Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity Part II. Case study. Computers and Electronics in Agriculture, 46:135–152.

Douaoui, A.E.K., Nicolas, H. and Walter, C. (2006). Detecting Salinity hazard within a semi-arid context by means of combining soil and remote – sensing data. Geoderma, 134, pp. 217-230.

Eldeiry, A. and Garcia, L.A. (2009). Comparison of regression kriging and cokriging techniques to estimate soil salinity using LANDSAT images. Hydrology Days, pp. 27-37.

Geostatistical Analyst Tutorial. Copyright © 1995-2010 Esri.

Johnston K, Ver Hoef, J.M., Krivoruchk, Krivoruchko, K., Lucas, N. (2001). Using ArcGIS Geostatistical Analyst. ESRI, 48 p.

Juan P., Mateu, J. Jordan, M.M, Mataix-Solera, J., Meléndez-Pastor, I., Navarro-Pedreño. J. (2011). Geostatistical methods to identify and map spatial variations of soil salinity. Journal of Geochemical Exploration, 108, pp. 62–72.

Khaksaran, D., Waismoradi, A., Moradi, S., Rahmati, H. (2013). Spatial and temporal changes in soil salinity with geostatistics: A case study in Urmia Plain. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, IJACS, 5-3, pp. 285-291.
Larka, F. (2004). Mapping risk of soil nutrient deficiency or excess by disjunctive and indicator kriging, Geoderma, 118, pp. 39–53.
Li, H.Y., Webster, R., Shi, Z. (2015). Mapping soil salinity in the Yangtze delta: REML and universal kriging (E-BLUP) revisited, Geoderma 237–238, pp. 71–77.
Moustafa, M. M., Yomota., A. (1998). Spatial modeling of soil properties for subsurface drainage projects. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 124(4), pp. 218-228.
Nawar, S., Reda, M., Farag, F., El-Nahry, A. (2011). Mapping soil salinity in El-Tina plain in Egypt using geostatistical approach. Geoinformatics Forum, Salzburg, Austria. PP. 211-216.
Ranjbar, F., Jalali, M. (2016). The combination of geostatistics and geochemical simulation for the site-specific management of soil salinity and sodicity, Computers and Electronics in Agriculture 121, pp. 301-312.
Triantafilis, J. I., Odeh, O. A., Mc Bratney, A. B. (2001). Five geostatistical methods to predict soil salinity from electromagnetic induction data across irrigated cotton. Soil Sci. Soc. Am. J., 65, pp. 869-878.
Watt, M., S., Palmer, D. J. (2010). Use of regression kriging to develop a Carbon: Nitrogen ratio surface for New Zealand. Geoderma 183–184, pp. 49–57.
Zhang, Y. M., Chen, T. B., G. Z., He. (2008). Multivariate Geostatistical analysis of heavy metals in topsoils from Beijing, China. J. Soil Sediments 8(1), pp. 51:58.

Mapping Soil Salinity in Boulagh (Saveh) Saline Lands Using Geostatistical Methods

Abbas Ahmadi*[1], Hamid Toranjzar[2], Azadeh Kazemi[3]

Received: 04-06-2017 Accepted: 09-12-2017

Abstract

Salinity is one of the most destructive processes in soils, particularly in arid and semi-arid areas. In order to use and exploitation of such soils, the soil monitoring and mapping are necessary. In this study, in order to zoning and mapping of soils, sampling was collected based on network method from Bolagh (Saveh) saline lands and the electrical conductivity of saturated soil extract was determined. Then the data had been transferred to the ArcGIS 10 software and soil mapping had been drawn. The exponential model of Semivariogram showed the best cross-validation and efficiency than the other models (spherical, linear and gussian). Also, the amount of nugget effect to the threshold was 84/43% which indicates that the medium spatial correlation for soil EC amounts in the study area. Also, the variogram effect range was calculated about 261 meters. Assessment of the resultant index indicates that the geostatistical has been able to soil salinity mapping with moderate accuracy and precision. The results showed that among five soil salinity classes, the soils of study area classifying in four Classes (including non-salinity, low salinity, medium salinity and high salinity) which highest quantities are related to middle southern regions. These results show that soil salinity in this area has high variability.

Keywords: Soil mapping, Geostatistical, Soil salinity, Kriging, Variogram.

[1]*- Assistant professor, Department of Rangeland Science, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
Email: a-ahmadi@iau-arak.ac.ir
[2]- Assistant professor, Department of Rangeland Science, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
[3]- Assistant professor, Department of Environment Sciences, Arak University, Arak, Iran