



دانشگاه گوارن و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و سوم، شماره دوم، ۱۳۹۵

<http://jwsc.gau.ac.ir>

تأثیر تراکم نمونه‌برداری بر کارایی نقشه شوری خاک (مطالعه موردی: ایستگاه تحقیقاتی کرکج، دانشگاه تبریز)

*فرزین شهبازی^۱، حسین رضائی^۲، لیلا علیدخت^۳، صابر حیدری^۴، زهرا کاظمی^۵ و سیدمحمد مهدوی^۶

^۱دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز، دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۷

چکیده

سابقه و هدف: شناسایی و تهیه نقشه خاک‌ها با اهداف مختلف برای کاربران در عرصه‌های مختلف علوم خاک اهمیت زیادی دارد. در مطالعاتی که همراه با دورسنجی یا تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک مطرح می‌باشد، مقیاس مطالعه و تطابق داده‌های برآورد شده با داده‌های حقیقی و در نتیجه دقت نقشه‌های تهیه شده از جمله عواملی است که همواره بایستی مورد توجه واقع شود. علی‌رغم آن‌که پژوهش‌های زیادی در خصوص تخمین تغییرپذیری مکانی پارامترهای مختلف خاک و تهیه نقشه‌های خاک صورت گرفته است ولی در اغلب موارد متأسفانه صحت و کارایی مناسب آن‌ها در ارائه صحیح اطلاعات ارزیابی نشده است. شوری‌زایی از جمله مهم‌ترین مسائل خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد، بنابراین با توجه به وجود اقلیم نیمه‌خشک در استان آذربایجان شرقی و سهل‌الوصول بودن مقدار شوری خاک می‌توان تأثیر تراکم نمونه‌برداری در نقشه‌های شوری خاک را بررسی نمود.

مواد و روش‌ها: محدوده مورد مطالعه در این پژوهش شامل قسمتی از اراضی ایستگاه تحقیقاتی کرکج متعلق به دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز به مساحت تقریبی ۴/۲ هکتار می‌باشد. تراکم نمونه‌برداری از جمله مواردی است که نه تنها بر دقت مطالعات بلکه بر کارایی نقشه نیز تأثیر می‌گذارد. بدین منظور دو نوع تراکم نمونه‌برداری زیاد و کم به ترتیب شامل شبکه‌بندی با فواصل ۲۵ متری و ۵۰ متری طراحی و تعداد ۱۰۶ نمونه خاک سطحی تهیه و مقادیر شوری آن‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. تجزیه‌های آماری، مقایسه میانگین، آزمون F و t-test با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام گرفت. همچنین نرم‌افزار GS+ برای تجزیه‌های زمین‌آماري به‌کار برده شد. اعتبارسنجی مدل‌ها به دو روش جک‌نایف و ارزیابی مستقیم داده‌ها صورت گرفت تا دقت نقشه‌ها مورد آزمون قرار گیرد. از تلفیق نتایج روش زمین‌آماري کریجینگ و GIS برای تهیه نقشه‌های شوری خاک استفاده شده است. کارایی نقشه از چهار جنبه مقیاس و بافت نقشه، راهنمای نقشه، کیفیت نقشه مبنا و صحت مکانی نقشه روی زمین مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و به‌طور کلی با شاخص‌های مختلفی مانند حداقل محدوده قابل ترسیم، حداکثر کاهش و عدد مقیاس مؤثر نقشه قابل تفسیر می‌باشد. بنابراین در این پژوهش نیز شاخص‌های فوق برای هر دو نقشه شوری خاک حاصل از تأثیر تراکم نمونه‌برداری تعیین شدند.

* مسئول مکاتبه: shahbazi@tabrizu.ac.ir

یافته‌ها: نتایج نشان داد که نقشه حاصل از نمونه‌برداری با تراکم کم‌تر در مقایسه با تراکم بیش‌تر به حالت ایده‌آل نزدیک‌تر می‌باشد. همچنین علی‌رغم وجود اختلاف در تعداد پلی‌گون‌های ایجاد شده در هر دو نقشه شوری خاک، مقایسات آماری نشان داد که اختلاف مشاهده شده در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار نیست.

نتیجه‌گیری: در نهایت می‌توان گزارش نمود که کاهش دو برابری تعداد نمونه‌ها علاوه بر این‌که موجب افزایش تراکم ایده‌آل محدوده‌ها می‌شود اثر چشمگیری در کاهش دقت نقشه شوری خاک نیز ندارد. بنابراین کاربرد تعداد نمونه‌های بیش‌تر در همه موارد اقتصادی نبوده و به‌منظور صرفه‌جویی در هزینه و زمان، می‌توان استفاده از نقشه‌هایی با تراکم پایین‌تر را توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: تراکم نمونه‌برداری، زمین‌آمار، شوری خاک، کارایی نقشه، کرکج

مقدمه

کسب اطلاعات دقیق از وضعیت خاک‌ها، نحوه پراکنش مکانی ویژگی‌های آن‌ها و همچنین مشکلات و محدودیت‌های موجود در ارتباط با مسائل کشاورزی و منابع طبیعی از اهداف تهیه نقشه خاک می‌باشد. پژوهشگران زیادی در راستای دستیابی به اهداف فوق اقدام به تهیه نقشه و بررسی تغییرپذیری برخی ویژگی‌های مهم خاک از جمله کربن آلی خاک (۳)، جرم مخصوص ظاهری (۱۶)، میزان عناصر غذایی (۲)، خصوصیات وابسته به بافت (۵) و شوری خاک (۱۳، ۱۴) نموده‌اند.

شوری از جمله مهم‌ترین مسائل خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. خاک‌های شور حاوی مقادیر قابل‌توجهی از نمک‌های محلول می‌باشند که در رشد طبیعی بسیاری از گیاهان زراعی ایجاد اختلال نموده و باروری خاک را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند (۸). علاوه بر این، گرایش منابع آب و خاک کشور به شوری باعث تشدید بیابانزایی در عرصه‌های منابع طبیعی گردیده و در نتیجه روز به روز بر وسعت بیابان‌های کشور افزوده می‌شود. بنابراین بررسی و تخمین تغییرپذیری مکانی شوری خاک، امکان اصلاح خاک را در صورت به‌کار بردن مدیریت‌های ویژه

مکانی، مطلوب خواهد نمود. در این رابطه، روش‌های زمین‌آماري نظیر تخمین‌گرهای آماری غیرپارامتری مانند میانگین متحرک وزن‌دار و یا روش‌های پارامتری زمین‌آماري نظیر کریجینگ و کوکریجینگ مطرح می‌باشند. این روش‌ها به‌دلیل در نظر گرفتن فاصله نقاط، ناهمسانگردی و همبستگی مکانی داده‌ها از اهمیت زیادی در بررسی‌های مربوط به پراکنش داده‌های زمینی برخوردار هستند و تخمین‌های بهتری از ویژگی مورد مطالعه به‌دست می‌دهند (۱۰). سکوتی و همکاران (۲۰۰۷) با هدف ارزیابی و تحلیل تغییرات مکانی شوری، روش‌های مختلف زمین‌آماري را در برآورد و تهیه نقشه پراکنش مکانی شوری خاک مورد مقایسه قرار دادند. نتایج این پژوهشگران نشان داد که روش کریجینگ با ضریب همبستگی ۰/۹۸ و نیم‌تغییرنمای مدل گوسی از دقت بالایی برای تخمین مقادیر شوری خاک برخوردار است (۲۲). احمدالی و همکاران (۲۰۰۸) برای بررسی و تعیین پراکنش مکانی شوری و اسیدیته خاک در سه عمق ۰-۳۰، ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری از دو روش کریجینگ معمولی و کوکریجینگ استفاده کردند. نتایج نشان داد که روش کوکریجینگ برتری محسوسی نسبت به روش کریجینگ معمولی ندارد و با توجه به پیچیدگی‌های روش

و در نواحی خشک و نیمه‌خشک مهم می‌باشد، بنابراین جهت نیل به هدف اصلی و همچنین تغییرپذیری مکانی شوری خاک سطحی (۲۵-۰ سانتی‌متری) در بخشی از اراضی ایستگاه تحقیقاتی کرکج دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، نقشه‌های شوری خاک متأثر از فواصل نمونه‌برداری ۲۵ و ۵۰ متری با استفاده از روش زمین‌آماری کریجینگ تهیه و کارایی آن‌ها در تخمین مقدار شوری خاک از لحاظ کمی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

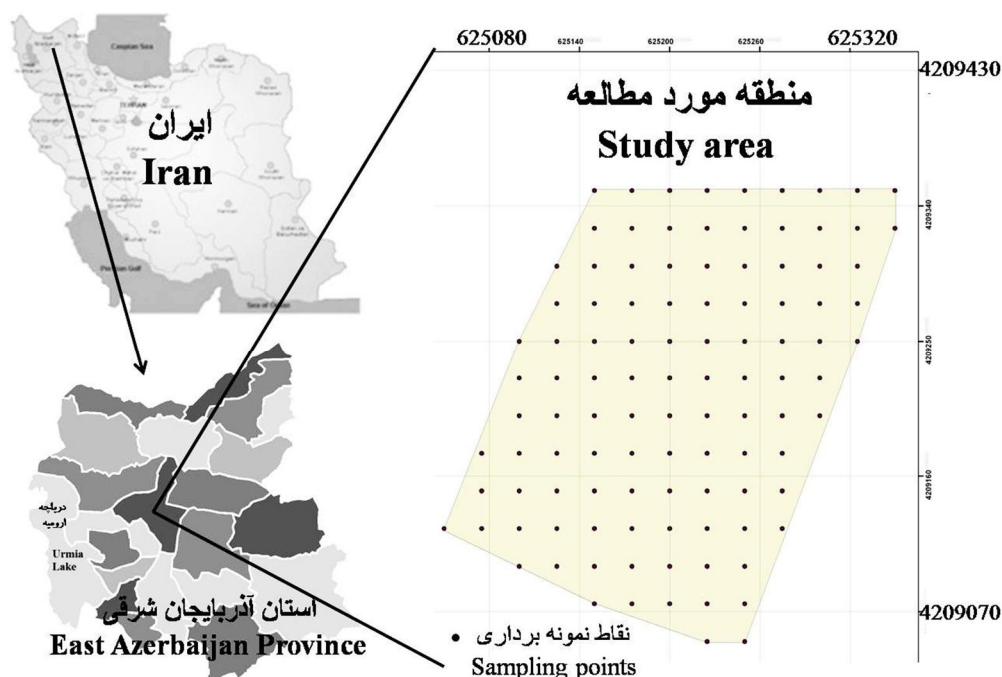
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و نمونه‌برداری از خاک: اراضی ایستگاه تحقیقاتی کرکج دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، واقع در شرق تبریز در مسیر جاده تبریز- باسمنج دارای اقلیم نیمه‌خشک، رژیم حرارتی خاک مزیک و رژیم رطوبتی زیریک می‌باشد. مطالعه حاضر در قسمتی از اراضی موجود در ایستگاه مذکور، در محدوده طول شرقی ۴۶ درجه و ۲۵ دقیقه و ۲۷ ثانیه تا ۴۶ درجه و ۲۵ دقیقه و ۴۱ ثانیه و عرض شمالی ۳۸ درجه و ۱ دقیقه و ۱۳ ثانیه تا ۳۸ درجه و ۱ دقیقه و ۲۱ ثانیه به مساحت تقریبی ۴/۲ هکتار صورت گرفت (شکل ۱). در این پژوهش، نمونه‌برداری به روش شبکه‌بندی منظم انجام شد. بدین منظور، شبکه‌ها با استفاده از مختصات جغرافیایی نقاط حاصل از ناوبری GPS به فاصله‌های ۲۵ و ۵۰ متری بر روی منطقه ایجاد شد. نمونه‌برداری از عمق ۲۵ سانتی‌متری سطح خاک در مجموع به تعداد ۱۰۶ عدد انجام و نمونه‌ها برای تعیین شوری خاک به آزمایشگاه منتقل شدند. عصاره سوسپانسیون‌های ۱:۱ خاک به آب مقطر با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ تهیه و هدایت الکتریکی آن‌ها با استفاده از دستگاه EC سنج اندازه‌گیری شد (۴).

کوکریجینگ، روش کریجینگ را برای تخمین توصیه کردند (۱). تقی‌زاده مهرجردی و همکاران (۲۰۱۳) به‌منظور پیش‌بینی پراکنش مکانی شوری خاک در عمق‌های ۳۰-۰ و ۱۰۰-۰ سانتی‌متری و در اراضی به وسعت ۷۸۰۰۰ هکتار در منطقه اردکان، از روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ استفاده کردند. نتایج این پژوهشگران نشان داد که برای پهنه‌بندی شوری خاک، روش کوکریجینگ با نیم‌تغییرنمای کروی و نمایی به همراه متغیر کمکی هدایت‌گر الکترومغناطیسی دارای دقت مناسب‌تری در تخمین داده‌ها می‌باشد (۲۳). همچنین بررسی تغییرات مکانی شوری خاک در ارومیه نشان داد که روش کریجینگ با نیم‌تغییرنمای کروی در پیش‌بینی سطح شوری خاک کم‌ترین خطا را دارد (۱۷).

در مطالعاتی که همراه با دورسنجی یا تخمین یک ویژگی از خاک می‌باشند توجه به مقیاس مطالعه و تطابق داده‌های برآورد شده با داده‌های حقیقی و در نتیجه دقت نقشه‌های تهیه شده از عواملی است که همواره بایستی مورد توجه واقع شود (۷، ۲۵). علی‌رغم وجود مطالعات متعدد و ارزشمند در خصوص تخمین تغییرپذیری مکانی پارامترهای مختلف خاک و تهیه نقشه‌های خاک، در اغلب موارد صحت و کارایی مناسب نقشه‌های تهیه شده در ارائه صحیح اطلاعات مورد بررسی قرار نگرفته است. از دیدگاه هنگل و هاسنجاک (۲۰۰۶) کارایی نقشه از چهار جنبه مقیاس و بافت نقشه، راهنمای نقشه، کیفیت نقشه مبنا و صحت مکانی نقشه روی زمین مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و به‌طور کلی با شاخص‌های مختلفی مانند حداقل محدوده قابل ترسیم، حداکثر کاهش و عدد مقیاس مؤثر نقشه قابل تفسیر می‌باشد (۱۲).

در این مطالعه، به‌منظور بررسی تعیین تأثیر تراکم نمونه‌برداری بر کارایی نقشه‌های خاک با توجه به این‌که شوری خاک یک پارامتر سهل‌الوصول می‌باشد



شکل ۱- شمایی از منطقه مورد مطالعه به همراه نقاط نمونه‌برداری با شبکه ۲۵ متری.

Figure 1. Scheme of study area with sampling points (grid of 25 m).

آستانه^۲ و دامنه تأثیر^۳ تعیین می‌شوند که در این پژوهش، مدل کروی (رابطه ۱) حائز شرایط فوق بوده و به تفکیک برای هر تراکم نمونه‌برداری با فواصل ۲۵ و ۵۰ متری ایجاد شد.

$$\gamma(h) = c \left\{ \frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right\} \quad (1)$$

for $h \leq a$ & $\gamma(h) = c$ for $h > a$

که در آن، پارامترهای γ ، C ، h و a که به ترتیب عبارت از نیم‌تغییرنما، سقف، فاصله گام و دامنه تأثیر می‌باشند به‌عنوان داده‌های ورودی در محیط GIS وارد می‌شوند تا در تهیه نقشه مورد استفاده قرار گیرند.

تست نرمال بودن داده‌ها، محاسبه واریانس، انحراف معیار و سایر پارامترهای آماری مورد نیاز نیز توسط نرم‌افزار MSTATC انجام شد.

تجزیه آماری و زمین‌آماری: برای تجزیه‌های آماری، مقایسه میانگین، آزمون F و t-test از نرم‌افزار MSTATC استفاده شد. همچنین از نرم‌افزار GS+ برای تخمین مقادیر شوری خاک در نقاط اندازه‌گیری نشده با استفاده از مقادیر نقاط معلوم استفاده گردید. پارامترهای نیم‌تغییرنما و تغییرنما برای مدل‌سازی زمین‌آماری محاسبه شدند. زمانی که تکنیک‌های تخمینی مانند وزندهی معکوس فاصله برای به‌دست آوردن ساختارهای مکانی از خصوصیات خاک در دسترس نباشند یا مفید واقع نشوند، می‌توان با استفاده از نیم‌تغییرنما اطلاعات مکانی را به‌دست آورد که در تخمین مناطقی که اطلاعات آن‌ها در دسترس نمی‌باشد مفید واقع شود (۲۱). مدل‌های مختلفی مانند گوسی، نمایی، خطی و کروی در زمین‌آمار وجود دارند که پس از مدل‌سازی نیم‌تغییرنما بهترین مدل با استناد به مقادیر ضریب تبیین بالا (R^2) و مجموع مربعات باقی‌مانده پایین (RSS) انتخاب و پارامترهای سقف^۱

2- Sill (C_0+C)

3- Range of parameter (A_0)

1- Nugget (C_0)

در این پژوهش، به منظور ارزیابی دقت و صحت تخمین مقادیر شوری خاک با روش کریجینگ در نقشه‌ای که فواصل نمونه‌برداری ۲۵ متر در نظر گرفته شده است با توجه به در اختیار نبودن مقادیر واقعی متغیر مورد نظر در فواصل بین نقاط معلوم، از روش ارزیابی جک‌نایف^۳ استفاده شد. ارزیابی جک‌نایف در شرایط محدود بودن تعداد داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و بر حذف موقت یک نمونه و تخمین آن و سپس برگرداندن نمونه مورد نظر به مجموعه داده‌ها و تکرار این عمل برای تمام نمونه‌های موجود استوار است که نتیجه نهایی ارزیابی جک‌نایف دو دسته مقادیر عددی، شامل مقادیر عددی واقعی (مشاهدات) و مقادیر تخمینی می‌باشد (۱۹). پارامترهای آماری میانگین خطای اریب^۴ و میانگین خطای مطلق^۵ برای بررسی دقت و صحت تخمین مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر این پارامترها صفر و یا نزدیک به صفر باشند نشان‌دهنده این است که روش استفاده شده، واقعیت را به خوبی شبیه‌سازی کرده است و با فاصله یافتن از صفر، کمی دقت و یا زیاد بودن انحراف را نشان می‌دهند. نحوه محاسبه پارامترها به صورت روابط ۴ و ۵ می‌باشد.

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n [Z^*(x_i) - \bar{Z}(x_i)]}{n} \quad (4)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |Z^*(x_i) - \bar{Z}(x_i)|}{n} \quad (5)$$

که در آن‌ها، n ، $Z^*(x_i)$ و $\bar{Z}(x_i)$ به ترتیب نشان‌دهنده تعداد نقاط مشاهده‌ای، مقدار برآوردی برای نقطه i ام و میانگین مقادیر مشاهده‌ای می‌باشند.

در مرحله دوم، مدل‌سازی با استفاده از ۵۳ نمونه به فواصل ۵۰ متری انجام گرفته و تست مدل مذکور

برآزش و تست مدل: با استفاده از تخمین‌گر کریجینگ می‌توان تخمین‌هایی در مورد مکان‌هایی که نمونه‌برداری نشده‌اند با استناد به اطلاعات حاصله از تغییرنا انجام داد که در این روش علاوه بر خطای مرتبط، دامنه اطمینان تخمین نیز قابل محاسبه است (۱۱). با توجه به این که محاسبه نیم‌تغییرنا برای همه جامعه مورد مطالعه امکان‌پذیر نمی‌باشد، این پارامتر در یک فاصله تفکیک مشخص و به وسیله رابطه ۲ تخمین زده می‌شود (۲۰).

$$\gamma = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [z(x+h) - z(x)]^2 \quad (2)$$

که در آن، γ مقدار نیم‌تغییرنا برای جفت نقاطی است که به فاصله h از هم قرار دارند، $n(h)$ تعداد زوج نقاطی است که به فاصله h از هم قرار دارند، $z(x)$ مقدار متغیر در نقطه‌ای به مختصات x و $z(x+h)$ مقدار متغیر در نقطه‌ای به مختصات $(x+h)$ می‌باشد.

در گام بعد، پارامترهای حاصل از مدل‌سازی در محیط GIS (نرم‌افزار ArcGIS10.1) وارد شده و نقشه‌های شوری خاک منطقه مورد مطالعه در دو تراکم نمونه‌برداری به روش کریجینگ تهیه شد. روش تخمین زمین‌آماری کریجینگ بر مبنای میانگین متحرک وزن‌دار^۱ استوار است و به عنوان بهترین تخمین‌گر ناریب^۲ شناخته شده است. این تخمین‌گر با استفاده از فرمول ارائه شده توسط کریج (۱۹۵۱) به صورت رابطه ۳ تعیین می‌شود (۱۸).

$$Z(x) = \sum_{i=\lambda}^n \lambda_i z \quad (3)$$

که در آن، λ_i وزن یا اهمیت کمیت وابسته به نمونه i ام است. بهترین روش تخمین روشی است که بهترین شیوه وزن‌دهی را برای متغیر $Z(x)$ پیدا کند.

3- Jackknife

4- Mean Biased Error (MBE)

5- Mean Absolute Error (MAE)

1- Weighting Moving Average (WMA)

2- Best Linear Unbiased Estimator (BLUE)

برخی منابع مقدار عددی MLD را برابر ۰/۲۵ سانتی‌متر مربع بیان نموده‌اند (۲۶) ولی برخی دیگر مقدار عددی آن را ۰/۴ سانتی‌متر مربع گزارش کرده‌اند (۲۴) و در این پژوهش نیز عدد ۰/۴ به‌عنوان مبنای محاسبه MLD در نظر گرفته شد. میانگین اندازه محدوده‌ها نیز از رابطه ۸ محاسبه می‌شود (۹).

$$ASD = \frac{\sum_{j=1}^m A_j}{m} \quad (8)$$

که در آن، A_j مساحت i امین پلی‌گون و m تعداد کل پلی‌گون‌ها می‌باشد.

همچنین برای به‌دست آوردن نقشه خوانا نیز بایستی تراکم ایده‌ال محدوده‌ها ۵٪ باشد و بدین‌منظور میانگین اندازه محدوده‌ها باید ۲۰ برابر بزرگ‌تر از حداقل اندازه محدوده قابل ترسیم باشد (۲۴). تراکم محدوده‌ها از رابطه ۹ محاسبه می‌شود که با افزایش تعداد پلی‌گون در سطح مشخصی از یک نقشه، خوانا بودن نقشه کاهش می‌یابد.

$$D = \frac{MLD}{ASD} \times 100 \quad (9)$$

نتایج و بحث

برای نیل به اهداف تعیین شده پژوهش، پس از نمونه‌برداری از شبکه‌های ۲۵ و ۵۰ متری، هدایت الکتریکی نمونه‌ها اندازه‌گیری و در جدول ۱ تنظیم شده است. نتایج نشان داد که دامنه تغییرات مقدار هدایت الکتریکی از ۰/۲۴۲ تا ۴/۲۹ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد.

علاوه بر روش جک‌نایف، به‌صورت مقایسه مقادیر تخمین با مقادیر واقعی بین نقاط نیز انجام گرفت. بدین‌منظور، مقادیر واقعی اندازه‌گیری شده برای نقاط در فواصل ۲۵ متری معیار ارزیابی خواهد بود.

معیار ارزیابی کارایی نقشه خاک: به‌منظور بررسی کارایی نقشه‌های شوری خاک تهیه شده با دو تراکم مختلف، پارامترهای مقیاس مؤثر نقشه، میانگین اندازه محدوده‌ها در هر نقشه^۱، شاخص حداکثر کاهش^۲ و عدد مقیاس مؤثر^۳ مورد استفاده قرار می‌گیرند (۹). از شاخص‌های مذکور برای کارایی نقشه خاک کشور کرواسی نیز استفاده شده و نتایج نشان داد که ترسیم نقشه‌ها با دقت خوب و با استفاده از بانک اطلاعاتی خاک‌ها مقدور می‌باشد (۱۲).

دو پارامتر عدد مقیاس و شاخص حداکثر کاهش به‌عنوان عوامل مؤثر در عدد مقیاس مؤثر محسوب می‌شوند. با توجه به این‌که در این پژوهش خروجی نقشه‌ها دارای مقیاس یکسان خواهند بود بنابراین، شاخص حداکثر کاهش به‌عنوان تنها عامل دخیل در مقدار عدد مقیاس مؤثر مدنظر می‌باشد. شاخص حداکثر کاهش نیز بیان‌کننده این است که مقیاس یک نقشه چقدر می‌تواند کوچک شود بدون این‌که وضوح نقشه کاهش یابد (روابط ۶ و ۷).

$$ESN = NSN \left(\frac{IMR}{2} \right) \quad (6)$$

$$IMR = \sqrt{\frac{ASD}{MLD}} \quad (7)$$

که در آن‌ها، NSN^۴، ASD و MLD^۵ به‌ترتیب نشان‌دهنده مقیاس اسمی میانگین اندازه محدوده‌ها و حداقل محدوده قابل ترسیم بر روی نقشه می‌باشد.

- 1- Average Size Delineation (ASD)
- 2- Index of Maximum Reduction (IMR)
- 3- Effective Scale Number (ESN)
- 4- Nominal Scale Number (NSN)
- 5- Minimum Legible Delineation (MLD)

جدول ۱- مقادیر هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شده نمونه‌های خاک.

Table 1. Measured electrical conductivity of soil samples.

هدایت الکتریکی EC (dSm ⁻¹)	شماره نقطه Sampling Point	هدایت الکتریکی EC (dSm ⁻¹)	شماره نقطه Sampling Point	هدایت الکتریکی EC (dSm ⁻¹)	شماره نقطه Sampling Point	هدایت الکتریکی EC (dSm ⁻¹)	شماره نقطه Sampling Point
0.378	82	0.902	55	0.89	28	0.875	1
0.242	83	0.775	56	0.49	29	4.29	2
0.766	84	0.393	57	0.418	30	1.141	3
0.434	85	0.44	58	0.315	31	0.401	4
0.863	86	0.345	59	0.816	32	0.87	5
0.589	87	0.331	60	0.79	33	1.399	6
1.664	88	0.371	61	0.279	34	0.431	7
1.024	89	2.48	62	0.347	35	0.365	8
1.738	90	1.112	63	1.044	36	0.585	9
0.512	91	0.778	64	0.443	37	0.932	10
0.414	92	1.286	65	0.469	38	0.599	11
0.73	93	0.398	66	0.476	39	0.415	12
0.584	94	0.688	67	0.401	40	0.277	13
0.559	95	0.722	68	0.376	41	0.242	14
0.575	96	0.466	69	0.5	42	0.437	15
0.503	97	0.62	70	1.075	43	0.301	16
0.389	98	0.674	71	1.644	44	0.718	17
0.586	99	0.454	72	2.28	45	0.648	18
0.747	100	0.729	73	0.478	46	0.443	19
0.868	101	0.76	74	0.602	47	0.543	20
0.477	102	0.695	75	0.688	48	0.589	21
0.678	103	0.746	76	0.567	49	0.331	22
0.523	104	0.752	77	0.666	50	0.373	23
0.435	105	0.754	78	0.502	51	0.606	24
0.613	106	0.447	79	0.397	52	1.793	25
		0.454	80	0.849	53	0.522	26
		0.676	81	2	54	0.442	27

EC: Electrical conductivity (dSm⁻¹).

نسبت مزبور از ۰/۲۵ نیز بیانگر قوی بودن ساختار مکانی و وابستگی شدید تغییرات مکانی به عوامل ذاتی (نظیر فاکتورهای متأثر از مواد مادری خاک) می‌باشد (۶). شاخص‌های برازش شده برای بهترین مدل تغییرنما (جدول ۲) نشان داد که مقدار نسبت سقف به آستانه در هر دو مدل کروی ایجاد شده برای شبکه‌های ۲۵ و ۵۰ متری که به نوعی تراکم

نقشه‌های شوری خاک: کمبردلا و همکاران (۱۹۹۴) گزارش نموده‌اند که وقتی نسبت اثر قطعه‌ای بزرگ‌تر از ۰/۷۵ باشد متغیر مورد نظر دارای ساختار مکانی ضعیف و وابسته به عامل مدیریت است ولی اگر این نسبت بین ۰/۲۵ تا ۰/۷۵ باشد، متغیر مورد نظر دارای ساختار مکانی متوسطی بوده که می‌تواند به هر دو عامل ذاتی و مدیریتی وابسته باشد. کوچک بودن

نقشه پهنه‌بندی شوری با فواصل نمونه‌برداری ۲۵ متری (شکل ۳) نشان داد که ۴۸۳۸ مترمربع از اراضی دارای شوری کم‌تر از ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر، ۲۶۱۱۸ مترمربع دارای شوری بین ۰/۵ تا ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر، ۷۹۲۳ مترمربع دارای شوری ۰/۸ تا ۱/۱ دسی‌زیمنس بر متر و بقیه اراضی دارای شوری بیش از ۱/۱ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. با کاهش تراکم نمونه‌برداری یعنی تولید نقشه با فواصل نمونه‌برداری ۵۰ متری (شکل ۴)، مساحت هر یک از سطوح شوری مذکور بر حسب مترمربع به ترتیب برابر ۹۰۹۲، ۲۳۸۸۱، ۶۸۹۹ و ۲۰۸۵ محاسبه گردید. با توجه به امکان وجود روش‌های مختلف برای طبقه‌بندی در محیط GIS به دلیل پایین بودن مقادیر شوری خاک در منطقه مورد مطالعه معیار طبقه‌بندی در این پژوهش به صورت خودکار و طبیعی بوده است.

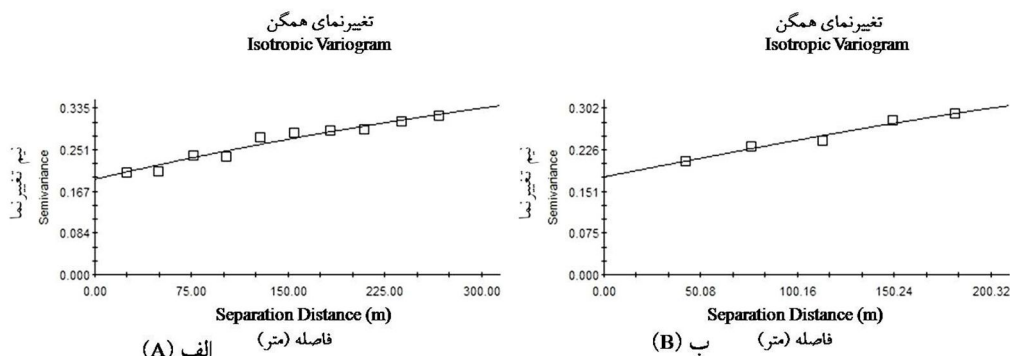
نمونه‌برداری را نشان می‌دهد بین ۰/۲۵ و ۰/۷۵ می‌باشد، بنابراین می‌توان بیان نمود که وابستگی مکانی تغییرات شوری خاک در محدوده مطالعاتی متوسط بوده و این تغییرات هم ذاتی و هم وابسته به مدیریت می‌باشد. کلکلی و همکاران (۲۰۱۴) وابستگی مکانی تغییرات شوری در قسمتی از منطقه جیرفت استان کرمان را طی پژوهشی قوی بیان نموده و مدل نمایی را به‌عنوان بهترین مدل معرفی کرده است (۱۵). نیم‌تغییرنمای برازش داده شده در هر دو تراکم نمونه‌برداری در شکل ۲ نشان داده شده است که آنالیزهای زمین‌آماري نشان داده است در منطقه مورد مطالعه روندی برای تغییرات EC وجود ندارد که در صورت تعمیم مدل تجربی استفاده شده به فواصل بزرگ‌تر می‌توان عدم وجود روند را نیز در نیم‌تغییرنما مشاهده نمود.

جدول ۲- شاخص‌های برازش شده برای بهترین مدل تغییرنما.

Table 2. Fitted indices for the best model of semivariogram.

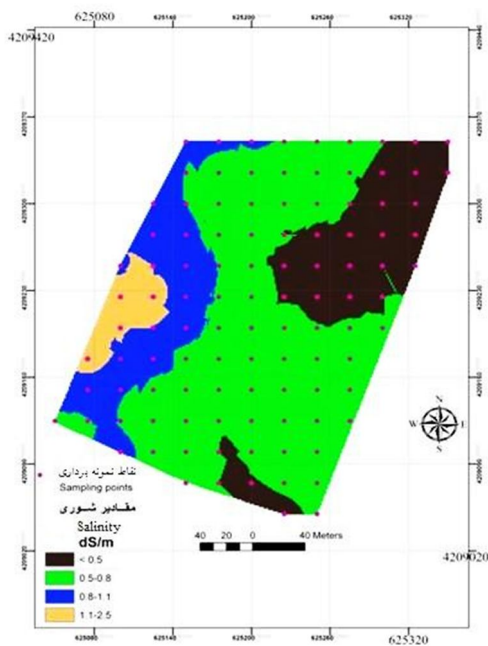
مجموع مربعات باقی‌مانده (RSS)	ضریب همبستگی (R ²)	نسبت آستانه به سقف $\frac{C_0}{C_0 + C}$	سقف (C ₀ + C)	دامنه تأثیر (A ₀)	آستانه (C ₀)	مدل Model	شاخص Index
8.136*10 ⁻⁴	94.5	0.514	0.3972	577.4	0.1931	کروی spherical	شبکه ۲۵ متری grid of 25 m
1.387*10 ⁻⁴	97.1	0.506	0.3584	400.4	0.1772	کروی spherical	شبکه ۵۰ متری grid of 50 m

C₀: Nugget; C₀+C: Sill; A₀: Range of parameter; R²: Correlation coefficient; RSS: Reduced sums of squares.



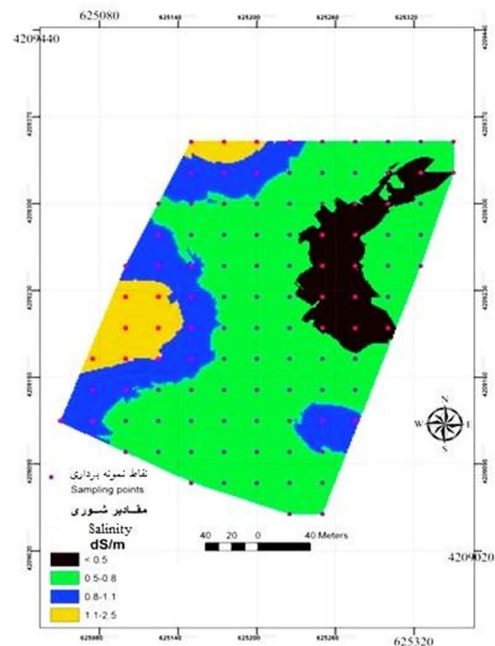
شکل ۲- نیم‌تغییرنمای برازش داده شده برای مدل‌سازی (الف: شبکه نمونه‌برداری ۲۵ متری؛ ب: شبکه نمونه‌برداری ۵۰ متری).

Figure 2. Fitted semivariograms for modeling (A: grid of 25 m; B: grid of 50 m).



شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی شوری منطقه با استفاده از شبکه‌های ۵۰ متری.

Figure 4. Area salinity zoning map using grid of 50 m.



شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی شوری منطقه با استفاده از شبکه‌های ۲۵ متری.

Figure 3. Area salinity zoning map using grid of 25 m.

تخمین مقادیر شوری خاک به تراکم نمونه‌برداری نسبت داده می‌شود. به‌منظور بررسی دقت مقادیر تخمین زده شده توسط مدل کریجینگ، داده‌های مربوط به تراکم‌های نمونه‌برداری با مقادیر واقعی مورد مقایسه آماری قرار گرفته و نتایج نشان داد که برای هر دو تراکم نمونه‌برداری آزمون F معنی‌دار بوده ولی آزمون t معنی‌دار نمی‌باشد. به‌عبارت دیگر نتیجه می‌شود که فرض تساوی میانگین‌ها در مقادیر واقعی و تخمینی برابر است و مقادیر تخمینی می‌توانند جایگزین مقادیر اصلی در نقشه شوند بدون این‌که تغییر معنی‌داری در نقشه به وجود آید. علی‌رغم وجود اختلاف در تعداد پلی‌گون‌های ایجاد شده در نقشه‌های شوری خاک (شکل‌های ۳ و ۴)، مقایسات آماری نشان داد که اختلاف مشاهده شده در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار نیست (جدول ۴).

بنابراین در حالت کلی می‌توان نتیجه گرفت که کاهش ۲ برابری تعداد نمونه‌ها علاوه بر این‌که

کارایی نقشه‌های شوری خاک: با توجه به این‌که مقیاس هر دو نقشه برابر $\frac{1}{2000}$ می‌باشد بنابراین حداکثر صحت مکانی، حداقل مساحت محدوده قابل ترسیم و همچنین محدوده قابل ترسیم بهینه برای هر دو نقشه برابر بوده و به‌ترتیب ۰/۵ متر، ۰/۰۸ مترمربع و ۰/۳۲ مترمربع می‌باشد (جدول ۳).

از آن‌جایی که نزدیکی مقدار عددی تراکم محدوده‌ها در نقشه به ۵٪ نشان‌دهنده تراکم ایده‌آل آن نقشه می‌باشد، بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده نقشه حاصل از نمونه‌برداری با فواصل ۵۰ متری نسبت به ۲۵ متری تراکم ایده‌آل‌تری دارد ولی مقایسه عددی شاخص حداکثر کاهش در هر دو نقشه نشان داد که با کاهش تراکم نمونه‌برداری امکان کاهش مقیاس نقشه کم‌تر می‌شود.

با توجه به این‌که دقت مدل‌سازی در هر دو تراکم نمونه‌برداری مفروض با استناد به مقادیر R^2 و RSS آن‌ها مورد تأیید می‌باشد بنابراین وجود اختلاف در

استفاده از فن‌آوری دورسنجی در تخمین مقادیر شوری خاک می‌تواند هزینه‌ها را بیش‌تر هم تقلیل دهد. از سوی دیگر به این نکته نیز بایستی توجه نمود که دقت نقشه شوری تهیه شده به روش دورسنجی حدود ۸۱ درصد بوده و لی دقت روش زمین‌آماری حدود ۶۰ درصد است (۷).

موجب افزایش تراکم ایده‌آل محدوده‌ها می‌شود، اثر چشمگیری نیز در کاهش دقت نقشه شوری خاک نداشته و بنابراین به‌منظور صرفه‌جویی در هزینه و زمان پیشنهاد می‌شود از تراکم نمونه‌برداری کم‌تر استفاده شود. علاوه بر این نتایج پژوهشگران نشان داده است که با توجه به همبستگی مناسب بین داده‌های ماهواره‌ای و مقادیر عددی شوری خاک،

جدول ۳- پارامترهای نقشه‌های تهیه شده برای هر دو فاصله نمونه‌برداری.

Table 3. Parameters of created maps for two sampling distances.

تراکم نمونه‌برداری Sampling density	میانگین اندازه محدوده‌ها (ASD)	تراکم محدوده‌ها (DD)	شاخص حداکثر کاهش (IMR)	عدد مقیاس مؤثر (ESN)
شبکه ۲۵ متری grid of 25 m	1310	3	5.72	5720
شبکه ۵۰ متری grid of 50 m	1160	3.44	5.38	5380

ASD: Average Size Delineation (mm^2); DD: Delineation density (%); IMR: Index of Maximum Reduction; ESN: Effective Scale Number.

جدول ۴- مقایسه میانگین برای دو تراکم نمونه‌برداری.

Table 4. Mean comparison of two sampling density.

تراکم نمونه‌برداری Sampling density	مقادیر Value	درجه آزادی df	میانگین mean(dSm^{-1})	انحراف معیار Sd	مقادیر F F value	مقادیر t t value
۲۵ متر 25 m	واقعی real	105	0.721	0.539	17.94**	1.62 ^{ns}
	تخمینی estimated	105	0.638	0.127		
۵۰ متر الف 50 m	واقعی real	52	0.702	0.456	14.48**	1.21 ^{ns}
	تخمینی estimated	52	0.627	0.120		
۵۰ متر ب 50 m	واقعی real	52	0.758	0.629	10.335**	1.044 ^{ns}
	تخمینی estimated	52	0.669	0.195		

^{ns} و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

الف: با استناد به اعتبارسنجی روش جک‌نایف.

ب: با استناد به اعتبارسنجی مقادیر واقعی موجود بین شبکه‌های ۵۰ متری.

^{ns}, ** not significant and significant at $P < 0.01$, respectively.

A: According to Jackknife validity method.

B: According to real data validity using grid of 50 m.

منابع

1. Ahmadauli, Kh., Nikmeht, S., and Liagat, A.M. 2008. A Comparison between Kriging and Cokriging methods in estimating soil salinity and pH (Case study: Boukan region). IWRJ. 2: 3. 55-63. (In Persian)
2. Ayoubi, Sh., and Khormali, F. 2009. Spatial variability of soil Surface nutrients using principal component analysis and geostatistics: A case study of Appaipally Village, Andhra Pradesh, India. JWSS - Isfahan University of Technology. 12: 46. 609-622. (In Persian)
3. Bameri, A., Khormali, F., Kiani, F., and Dehghani, A.A. 2012. Spatial variability of soil organic carbon on different slope positions of loess hillslopes in Toshan area, Golestan Province. JWSC. 19: 2. 43-62. (In Persian)
4. Bower, C.A., and Wilcox, L.V. 1965. Soluble salts, P 933-951. In: C.A. Black (Ed.), Methods of soil analysis, Soil Sci. Soc. Amer.
5. Brevik, E.C., and Fenton, T.E. 2002. Influence of soil water, clay, temperature, and carbonate minerals on soil electrical conductivity readings taken with an EM-38. Soil Surv. Horiz. 43: 1. 9-13.
6. Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Novak, J.M., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Turco, R.F., and Konopka, A.E. 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. SSSAJ. 58: 1501-1511.
7. Daempanah, R., Haghnia, Gh., Alizadeh, A., and Karimi, A. 2011. Mapping salinity and sodicity of surface soil by remote sensing and geostatistic methods in south side of MahValat County. JSW. 25: 3. 498-508. (In Persian)
8. Farifte, J., Farshad, A., and George, R.J. 2005. Assessing salt-affected soils using remote sensing, solute modeling and geophysics. Geoderma. 130: 3-4. 191-206.
9. Forbes, T.R., Rossiter, D., and Van Wambeke, A. 1982. Guidelines for evaluating the adequacy of soil resource inventories. SMSS Tech. Monogr. 4. Cornell University Department of Agronomy, Ithaca, NY.
10. Golizadeh, A.Gh., Momeni, A., Bahrami, H.A., and Banaei, M.H. 2001. Investigation of geopedologic method and common pedology in Iran to increase of map unit purity and reduction of pedologic studying charges. ISRJ. 15: 3. 13-30. (In Persian)
11. Hasanipak, A.A. 2013. Geostatistic. Tehran University Press, 314p. (In Persian)
12. Hengl, T., and Husnjak, S. 2006. Evaluating adequacy and usability of soil maps in Croatia. Soil Sci. Soc. Am. J. 70: 3. 920-929.
13. Herrero, J., Ba, A.A., and Aragues, R. 2003. Soil salinity and its distribution determined by soil sampling and electromagnetic techniques. Soil Use Manage. 19: 2. 119-126.
14. Kaffka, S.R., Lesch, S.M., Bali, K.M., and Corwin, D.L. 2005. Site-specific management in salt-affected sugar beet fields using electromagnetic induction. Comput Electron Agr. 46: 329-350.
15. Kalkali, M., Karimi, A., Haghnia, G., and Esfandiarpour, I. 2014. Comparison of Geostatistical and Conventional Mapping Methods in Determining the Variation of Selected Soil Properties (Case study: Jiroft, Kerman Province). JWS. 28: 2. 353-364.
16. Keskin, S.G., Khalilian, A., Han, Y.J., and Dodd, R.B. 2011. Variable depth tillage based on geo-referenced soil compaction data in coastal plain region of South Carolina. IJAST. 1: 2. 22-32.
17. Khaksaran, D., Waismoradi, A., Moradi, S., and Rahmati, H. 2013. Spatial and temporal changes in soil salinity with geostatistics: A case study in Urmia Plain. IJACS. 5: 3. 285-291.
18. Krige, D.G. 1951. A statistical approach to some mine valuation allied problems of the Witwatersrand. Master's thesis of the University of Witwatersrand. 272p.
19. Lu, G.Y., and Wong, D.W. 2008. An adaptive inverse-distance weighting spatial interpolation technique. Comput Geosci. 34: 9. 1044-1055.
20. Mohammadi, J. 2006. Pedometry (Spatial statistics). Pelk Press, 453p. (In Persian)
21. Outeiro, L., Aspero, F., and Ubeda, X. 2008. Geostatistical methods to study spatial variability of soil cations after a prescribed fire and rainfall. Catena. 74: 3. 310-320.

22. Sokouti, R., Mahdian, M., Mahmoodi, Sh., and Ghahremani, A. 2007. Comparing the applicability of some geostatistic methods to predict the variability of soil salinity, a case study of Uromieh plain. *Pajauhsh and Sazandegi*. 74: 90-98. (In Persian)
23. Taghizadeh-Mehrjardi, R., Sarmadian, F., Omid, M., Savaghebi, Gh., Rousta, M.J., and Rahimian, M.H. 2013. Mapping of soil salinity using geostatistic and electromagnetic induction methods in Ardakan. *IJSR*. 26: 4. 369-380.
24. Rossiter, D.G. 2000. Methodology for Soil Resource Inventories. Lecture notes, 2nd Revised Version. Soil Science Division, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC). Enschede, the Netherlands, 132p.
25. Tajgardan, T., Ayoubi, Sh., Shataii, Sh., and Khormali, F. 2009. Mapping soil surface salinity using remote sensing data of ETM+ (Case study: North of AghGhala, Golestan Province). *JWSC*. 16: 2. 1-18. (In Persian)
26. Vink, A.P.A. 1975. Land use in advancing agriculture. Springer –Verlag, Berlin, 394p.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 23(2), 2016
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Impact of sampling density on efficiency of soil salinity map (A case study: Karkaj Research Station, University of Tabriz)

***F. Shahbazi¹, H. Rezaei², L. Alidokht², S. Heidari², Z. Kazemi² and S.M. Mahdavi²**

¹Associate Prof., Dept. of Soil Science and Engineering, University of Tabriz,

²Ph.D. Student, Dept. of Soil Science and Engineering, University of Tabriz

Received: 02/01/2015; Accepted: 07/29/2015

Abstract

Background and Objectives: Soil surveying and mapping emphasize in various aims at different soil science aspects for applicants. Paying attention for scale and reconciliation of estimated with real data should be considered in all studies related to remote sensing and soil spatial variability. Although estimating of spatial variability of various soil parameters and soil surveying were studied many times, unfortunately the map accuracy and efficiency were not assessed in many cases. Salinization is one of the most important problems in arid and semi-arid regions. Therefore, it is essential to be studied the spatial variability of soil salinity in east Azerbaijan province because of its climatic condition. As well as easy readily of salinity measuring, it was used to assess the map efficiency.

Materials and Methods: This study was carried out in the part of Karkaj Agriculture Research Station belongs to the university of Tabriz in an area of about 4.2 ha. Sampling density is one of the parameters which influences not only on observation accuracy but also on map efficiency. Accordingly, two kinds of high and low sampling density including grids of 25 m and 50 m were designated, respectively. The numbers of 106 samples were taken at surface soil which its salinity was then measured in the laboratory. Statistical analysis, mean comparison, F-test and t-test performed by using MSTATC software. GS+ software was also used for geostatistical analysis. Two methods of Jackknife and direct evaluating were applied for validity of models in order to testing maps accuracy. Soil salinity maps created with integrating the kriging geostatistics procedure and GIS. The map efficiency is being evaluated using four aspects: (1) map scale and texture, (2) map legend, (3) base map quality and (4) ground truth, as well as may be interpreted by average size delineation, density of delineation, index of maximum reduction, effective scale number, maximum location accuracy and minimum legible delineation. Therefore, above indices were determined for two created maps according to sampling density.

Results: The results revealed that the provided map at low sampling density is closed to the optimum condition compared with high sampling density. In despite of various number of polygons in both soil salinity maps, statistical analysis showed that there are no significant differences ($P < 1\%$).

Conclusions: It can be finally reported that reducing the number of soil samples may not decrease the optimum density of delineations nor has distinct impact on soil salinity map. Thus, to exploit more number of samples is not economic in all cases. On the other hand, using low density maps can be recommended to save money and time.

Keywords: Geostatistic, Karkaj, Sampling density, Soil salinity, Map efficiency

* Corresponding Author; Email: shahbazi@tabrizu.ac.ir

