



## محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

## تهیه نقشه شوری خاک در جنوب استان ایلام با استفاده از روش‌های زمین آماری

علی‌اکبر نوروزی<sup>۱</sup>، مصطفی کریمیان اقبال<sup>۲</sup>، الهام شهراینی<sup>۳</sup><sup>۱</sup> دانشجوی دکتری خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران<sup>۲</sup> دانشیار سنجش از دور، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران<sup>۳</sup> دانشیار خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران

## چکیده

پیش بینی مکانی، یک رویکرد مهم برای به دست آوردن محل و مقادیر هدایت الکتریکی خاک (EC) است که برای مدیریت کشاورزی و امنیت مواد غذایی در مناطق خشک و نیمه خشک بسیار مهم است. مطالعه حاضر در خاک‌های استان ایلام در ایران برای درک تغییرات مکانی شوری خاک با استفاده از مدل‌های زمین آماری انجام شد. هدایت الکتریکی (EC)، سدیم، کلسیم و منیزیم محلول اندازه‌گیری شد و سپس SAR محاسبه شد. نقشه‌های شوری خاک از سطح تا یک متری با استفاده از مدل‌های نیم تغییرنمای مناسب با تکنیک کوکریجینگ با استفاده از پارامتر EC به عنوان متغیر اصلی و SAR به عنوان متغیر کمکی تهیه شد. مقادیر نسبت اثر قطعه‌ای به سقف ۰/۲۵-۰/۷۵ بود که نشان‌دهنده ساختار مکانی متوسط برای شوری در این منطقه می‌باشد. نتایج اعتبارسنجی با پارامترهای  $R^2$ , RMSE, MBE پیش بینی مکانی خوبی با این مدل را نشان داد. این مطالعه نشان می‌دهد که مدل‌های زمین آماری می‌توانند به طور مستقیم تغییرات مکانی شوری خاک را نشان دهند و به کشاورزان و تصمیم گیرندگان برای بهبود مدیریت آب و خاک کمک خواهد کرد.

**کلمات کلیدی:** روش‌های زمین آماری، شوری خاک، نیم تغییر نما، کوکریجینگ

## مقدمه

برآورد دقیق اطلاعات کمی تغییرات مکانی خاک برای دستیابی به کشاورزی پایدار و مدیریت منابع طبیعی بسیار مهم است (Karlen و همکاران ۲۰۱۱). برآورد خصوصیات خاک از طریق ابزارهای آمار مکانی کمک به پیش بینی مقادیر نمونه برداری نشده با در نظر گرفتن ارتباطات جغرافیایی بین نقاط دارای مختصات و نمونه برداری شده با در نظر گرفتن کاهش واریانس خطای ارزیابی و همچنین کاهش هزینه‌های اجرایی امکان پذیر است (Behera and Shukla, 2015). در زمین آمار وابستگی مکانی پارامترهای اندازه‌گیری شده به وسیله نیم تغییرنما رسم می‌شود. پارامترهای این تغییرنما عبارتند از دامنه تاثیر که حداکثر فاصله‌ایست که پس از آن ساختار مکانی دیگر وجود نداشته و تغییرنما به یک مقدار ثابت می‌رسد ( $A_0$ ) نسبت واریانس ساختاری به سقف  $(\frac{C}{C_0+C})$  می‌تواند برای کلاسه بندی وابستگی مکانی ویژگی‌های خاک مورد استفاده قرار گیرد. اگر این نسبت دامنه کمتر ۰/۲۵ باشد وابستگی مکانی ضعیف، ۰/۲۵ تا ۰/۷۵ وابستگی مکانی متوسط و اگر بیشتر از ۰/۷۵ باشد وابستگی مکانی قوی است (Cambardella و همکاران، ۱۹۹۴). زمین آمار مجموعه‌ای از ابزارهای قطعی و آماری با هدف درک و مدل سازی تغییرات مکانی را ارائه می‌کند. پایه روش IDW، وزن دهی بر پایه عکس فاصله تا نقطه تخمین است. به عبارت دیگر، وزن دهی بیشتر به نزدیکترین نمونه‌ها و اختصاص وزن کمتر به نمونه‌هایی است که در فاصله بیشتر قرار گرفته‌اند (محمدی ۱۳۸۵). روش کریجینگ بر منطق میانگین متحرک وزنی استوار است و می‌توان گفت که بهترین تخمینگر نارایب است. یکی از حسن‌های اصلی کریجینگ این است که خطای تخمین و دامنه اطمینان آن تخمین نیز محاسبه می‌شود (Theodossiou and Latinopoulos, 2006) کوکریجینگ، کریجینگ بسط یافته است که بیش از یک متغیر دارد. به احتمال زیاد استفاده از روش کوکریجینگ مزیت بیشتری دارد هنگامی که آن متغیر اولیه با متغیر دوم ارتباط منطقی و همبستگی خوبی داشته باشد (Al-Hassoun, 2009).

مطالعات قبلی برای ارزیابی ارتباط مکانی خاک و ارزیابی تغییرات جغرافیایی ویژگی‌های خاک اعمال شده است (Zare-mehrjardi و همکاران ۲۰۱۰) گزارش کرد که Kriging و Co-kriging تکنیک‌های مناسب‌تر نسبت به فاصله وزنی معکوس (IDW) برای دستیابی به اطلاعات دقیق توزیع جغرافیایی خواص خاک می‌باشند. تعیین تغییرات مکانی و درون‌یابی برای خصوصیات از خاک مانند شن، رس، سیلت، کربنات کلسیم، ماده آلی، اسیدیته، شوری، ظرفیت تبادل کاتیونی، نسبت جذب سدیم و درصد سدیم تبادلی با استفاده از سه تکنیک معمول زمین آماری Kriging، Co-kriging و فاصله وزنی معکوس (IDW) در مصر انجام شد. در این مطالعه روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ مدل‌های مناسب‌تری نسبت به



IDW بود (AbdelRahman and Tahoun, ۲۰۱۹). هدف از انجام این مطالعه پهنه‌بندی شوری خاک از سطح تا عمق یک متری خاک با روش‌های زمین‌آماری می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در دشت دوبرج در جنوب استان ایلام واقع شده است شهر دهلران در حاشیه شمال غربی و شهر موسیان در جنوب آن واقع شده‌اند. دشت دوبرج در طول جغرافیایی شرقی بین 25', 47° تا 35', 47° و عرض جغرافیایی شمالی بین 24', 32° تا 28', 32°، در زون N ۳۸ سیستم مختصات UTM قرار گرفته است. رژیم رطوبتی و حرارتی این منطقه به ترتیب آریدیک و هایپرترمیک با میانگین بارندگی سالانه ۲۷۴/۸ میلی‌متر، میانگین سالانه دما ۲۶/۴ درجه سانتی‌گراد و پتانسیل تبخیر سالانه ۲۰۵۴ میلی‌متر می‌باشد. وسعت منطقه برابر با ۴۰۰۰ هکتار است نقشه واحد کاری از تلفیق واحد شکل زمین (ارتفاع، شیب و جهت)، پوشش، خاک، نقشه زمین‌شناسی، نقشه فیزیوگرافی، کاربری اراضی و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای تهیه شد و ۱۱۸ پروفیل خاک در دشت دوبرج حفر و تشریح شد و در هر پروفیل از هر افق ژنتیکی یک نمونه خاک تا عمق یک متری برداشته شد. پس از جمع‌آوری نمونه‌های خاک و هوا خشک کردن آن‌ها، خاک‌ها از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شدند و هدایت الکتریکی عصاره اشباع توسط دستگاه هدایت سنج مدل ۴۳۱۰ برحسب میلی‌زیمنس بر متر، سدیم، کلسیم و منیزیم محلول (Sparks et al., 1996) و محاسبه نسبت جذب سدیم (SAR) با استفاده از معادله (Suarez (1981) انجام شد.

$$\text{معادله ۱} \quad \text{SAR} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/2}}$$

واحد سدیم، کلسیم و منیزیم محلول برحسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر می‌باشد.

با توجه به فراوانی افق‌های ژنتیکی برای استانداردسازی داده‌ها به عمق‌های ۱۵-، ۴۰-۱۵، ۶۰-۴۰، ۸۰-۶۰ و ۱۰۰-۸۰ سانتیمتری تقسیم شدند. در ابتدا به منظور شناخت اولیه از آماره‌های عمومی داده‌ها، با استفاده از روش‌های آمار توصیفی عوامل خاک تحلیل شدند. در مطالعات زمین‌آماری داده‌هایی با توزیع غیر نرمال اثراتی به دنبال دارد که ممکن است منجر به نوسان زیاد در واریوگرام شود و سبب کاهش قابلیت اعتماد به نتایج تحلیلی شود. لذا نرمال‌سازی داده‌ها ضروری به نظر می‌رسد توزیع نرمال بودن داده‌ها با بر اساس چولگی آن‌ها تخمین زده شد به این صورت که داده‌های با چولگی بین -۱ تا ۱ به عنوان داده‌های دارای توزیع نرمال در نظر گرفته شدند. برای داده‌هایی که ضریب چولگی (Skewness) بزرگتر از یک داشتند، پس از حذف داده‌های پرت از تبدیل لگاریتمی برای پارامترهای EC, SAR استفاده شد و در جدول ۱ مشاهده می‌شود (Virgilio et al., 2007).

جدول ۱- خصوصیات آماری پارامترهای شوری و قلیائیت

Log EC	EC(ds/m)	SAR	Log SAR	
۰/۷۴	۷/۸۱	۸/۲۱	۰/۵۵	میانگین
۰/۱۱۲	۸۹/۱۰	۲۸۷/۹۵	۰/۲۹	واریانس
۰/۳۳	۹/۴۴	۱۶/۹۷	۰/۵۴	انحراف معیار
-۰/۳۱	۰/۴۹	۰/۱۵	-۰/۸۲	حداقل
۱/۸۷	۷۴	۱۸۴/۸۰	۲/۲۷	حداکثر
۰/۷	۳/۸۰	۵/۹۷	۰/۱۹	چولگی
۱/۰۴	۱۷/۵۱	۴۶/۷۱	۰/۳۳	کشیدگی

توصیف آماری هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک نشان می‌دهد میانگین شوری خاک در اراضی مورد مطالعه ۷/۸۱ دسی‌زیمنس بر متر با حداقل شوری ۰/۴۹ و حداکثر ۷۴ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد که بیانگر وجود شوری در اراضی مورد مطالعه است. در مرحله بعد تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک با رسم نیم تغییرنماها و تحلیل آنها صورت گرفت برای محاسبه نیم تغییرنماها تمام مدل‌هایی که نرم افزار امکان توسعه آنها را فراهم می‌کند (شامل مدل‌های همسانگرد یا مستقل از جهت) و ناهمسانگرد (یا وابسته به جهت خاص) که هر یک خود شامل مدل‌های خطی، کروی، نمایی، گوسین و.. هستند، اعمال شد تا بهترین مدل انتخاب شود. بهترین مدل بر اساس مجموع مربعات خطای (RSS) کمتر و ضریب تبیین بیشتر انتخاب شد (Brejda et al., 2000). جدول ۲ خصوصیات واریوگرام‌ها را نشان می‌دهد. از ۸۰ درصد داده‌ها برای

کالیبراسیون مدل و از ۲۰ درصد باقیمانده داده‌ها برای اعتبارسنجی مدل استفاده شده است در پایان نقشه‌های پهنه‌بندی شوری خاک از سطح تا عمق یک متری با توجه به بهترین مدل در Arc GIS 10.3 تهیه شد.

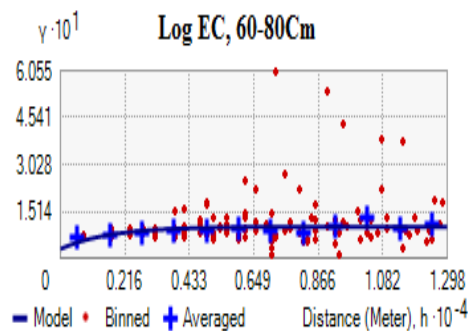
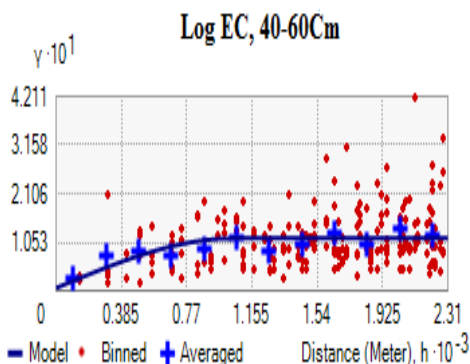
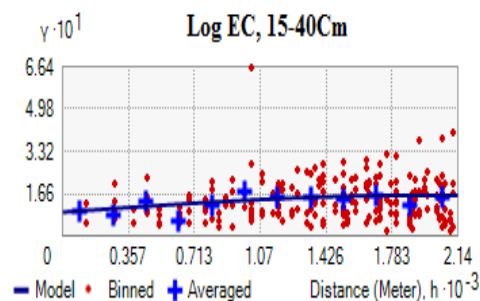
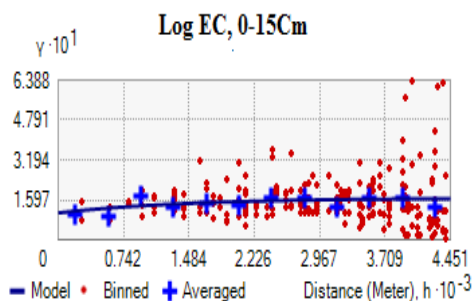
### نتایج و بحث

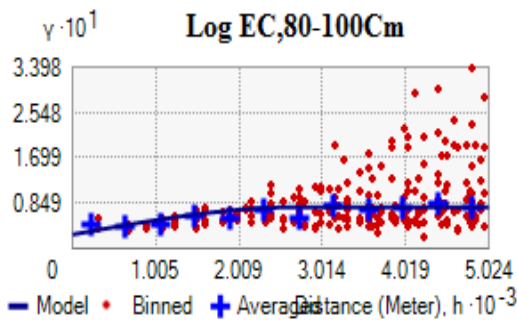
با توجه به جدول ۲ مدل‌های نمایی و کروی بهترین نتیجه را در روش کوکریجینگ داشتند و در این روش از متغیر اصلی لگاریتم شوری و متغیر کمکی لگاریتم نسبت جذب سدیم استفاده شد از آنجاکه مقادیر نسبت اثر قطعه‌ای به سقف ۰/۷۵-۰/۲۵ بود لذا ساختار مکانی نیم تغییرناهما متوسط ارزیابی شد و مقادیر دامنه تاثیر در اعماق مختلف از ۱۸۱۵ تا ۴۹۰۶ متر بود همچنین نیم تغییرناهما در شکل ۱ مشاهده می‌شوند.

جدول ۲- پارامترهای نیم تغییرناهما EC در خاک منطقه مورد مطالعه

پارامتر	عمق خاک (سانتیمتر)	مدل	R(m)	(C0)	(C0+C)	C0/(C0+C)	وابستگی مکانی
	۰-۱۵	Exponential	۴۴۲۱	۰/۱۰۸	۰/۱۶۸	۰/۶۴	متوسط
	۱۵-۴۰	Spherical	۱۹۳۴	۰/۰۹	۰/۱۵۹	۰/۵۶	متوسط
EC	۴۰-۶۰	Exponential	۱۸۱۵	۰/۰۳۴	۰/۱۲	۰/۲۸	متوسط
	۶۰-۸۰	Exponential	۴۹۰۶	۰/۰۳	۰/۱۰۲	۰/۲۹	متوسط
	۸۰-۱۰۰	Spherical	۲۷۴۱	۰/۰۲۶	۰/۰۷۷	۰/۳۴	متوسط

C0: اثر قطعه‌ای، C0+C: سقف، C0/(C0+C): نسبت اثر قطعه‌ای به سقف، R: دامنه تاثیر





شکل ۱ نیم تغییرناهای شوری از سطح تا عمق یک متری خاک

در ارزیابی سه روش IDW، Kriging و Co-Kriging از معیار آماری RMSE استفاده شد که نتایج آن در جدول ۳ مشاهده می‌شود با توجه به نتایج RMSE روش کوکریجینگ مناسب‌ترین روش ارزیابی شد.

جدول ۳- مقادیر RMSE در سه روش IDW، Kriging و Co-Kriging

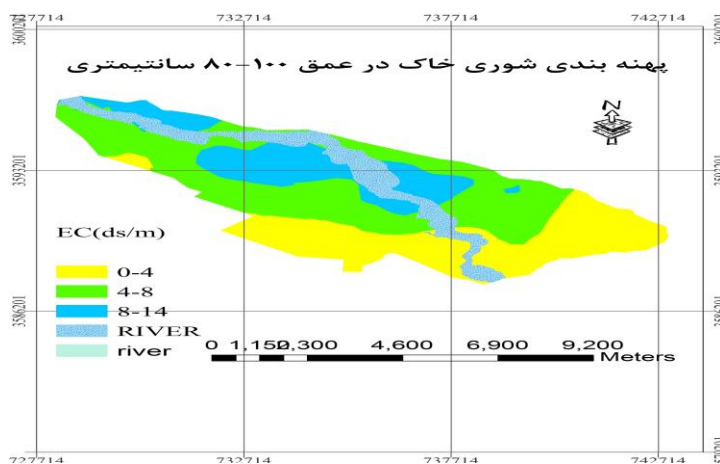
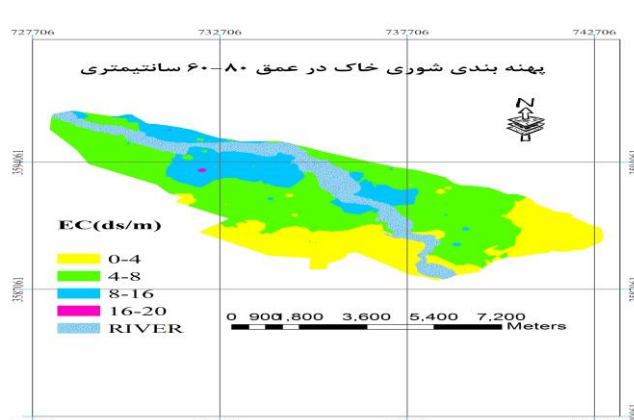
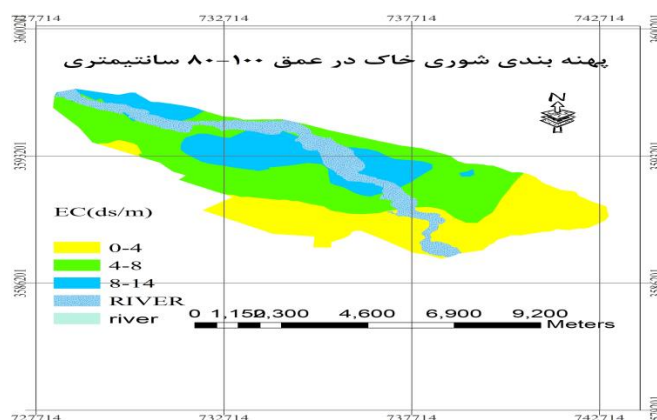
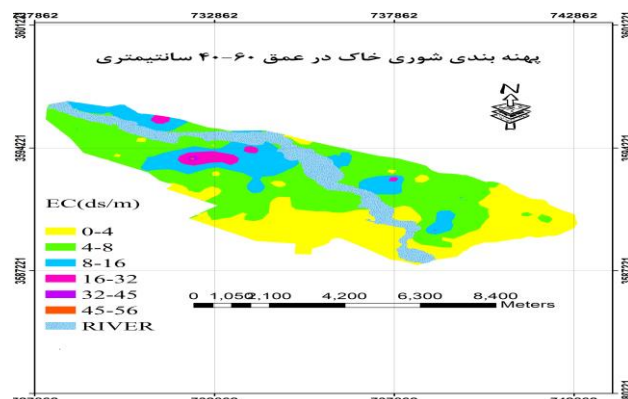
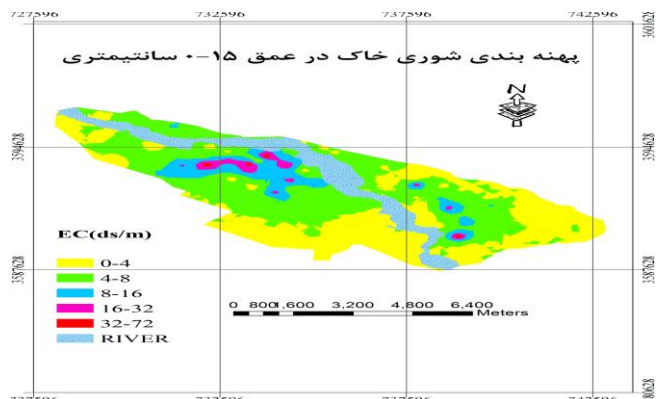
عمق خاک (سانتیمتر)	روش	IDW-Log EC	Ordinary Kriging-Log	Co-kriging-Log EC,Log
۰-۱۵	RMSE	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۲۲
۱۵-۴۰		۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۱۹
۴۰-۶۰		۰/۳۱	۰/۳۰	۰/۲۰
۶۰-۸۰		۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۱۷
۸۰-۱۰۰		۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۱۷

به منظور ارزیابی دقیق‌تر مدل کوکریجینگ از معیارهای آماری ضریب تبیین ( $R^2$ )، میانگین ریشه دوم خطا (RMSE) و میانگین خطای انحراف (MBE) برای کالیبراسیون و اعتبارسنجی مدل استفاده شد. هرچه مقادیر RMSE و MBE به صفر و  $R^2$  به یک نزدیکتر باشند دقت مدل بیشتر است مقادیر مثبت یا منفی MBE به ترتیب نشان‌دهنده برآورد بیشتر یا کمتر از مقدار واقعی می‌باشد (جدول ۴).

جدول ۴- مقادیر  $R^2$ , RMSE, MBE در کالیبراسیون و اعتبارسنجی مدل کوکریجینگ برای پارامتر شوری خاک

عمق خاک (سانتیمتر)	کالیبراسیون (۰.۸۰)			اعتبارسنجی (۰.۲۰)		
	$R^2$	RMSE	MBE	$R^2$	RMSE	MBE
۰-۱۵	۰/۷۵	۰/۲۲	-۰/۰۱	۰/۷۷	۰/۳۰	-۰/۰۷
۱۵-۴۰	۰/۸۱	۰/۱۹	-۰/۰۰۹	۰/۷۱	۰/۰۴	۰/۰۲
۴۰-۶۰	۰/۷۳	۰/۲۰	-۰/۰۱۱	۰/۷۴	۰/۱۲	-۰/۰۲
۶۰-۸۰	۰/۷۰	۰/۱۷	-۰/۰۱۶	۰/۷۳	۰/۰۱	-۰/۰۱
۸۰-۱۰۰	۰/۶۶	۰/۱۷	-۰/۰۱۵	۰/۷۴	۰/۱۷	-۰/۰۸

نقشه‌های پهنه‌بندی شوری خاک با مدل کوکریجینگ از سطح خاک تا عمق یک متری در شکل ۲ مشاهده می‌شود.



شکل ۲- نقشه‌های پهنه‌بندی شوری خاک با مدل کوکریجینگ از سطح خاک تا عمق یک متری

### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بهترین مدل زمین‌آمار برای شوری خاک در منطقه ایلام کوکریجینگ ارزیابی شد که در این روش از متغیر اصلی هدایت الکتریکی اشباع خاک و متغیر کمکی نسبت جذب سدیم که این دو متغیر همبستگی مفهومی و فیزیکی باهم دارند استفاده شد همچنین همانطور که در نقشه‌های پهنه‌بندی شوری مشاهده می‌شود به‌طور کلی شوری از سطح به عمق خاک کاهش می‌یابد.



منابع

محمدی ج، ۱۳۸۵ . پدومتری (آمار مکانی)، انتشارات پلک.

- Al-Hassoun, S. (2009). Remote sensing of soil salinity in an arid areas in Saudi Arabia. *International Journal of Civil and Environmental Engineering, IJCEE-IJENS* 1(2).
- Karlen, D.L, Wienhold, B.J., Kang, S. Zobeck, T.M. and S.S. Andrews, 2011. Indices for Soil Management Decisions, USDA-ARS/UNL Faculty, Paper 1381 [http:// digital commons.unl.edu/usdaarsfacpub/1381](http://digitalcommons.unl.edu/usdaarsfacpub/1381).
- Behera, S.K. and A.K. Shukla, Spatial distribution of surface soil acidity, electrical Conductivity, soil organic carbon content and exchangeable Potassium, calcium and magnesium in some cropped acid Soils of India, *Land Degrad. Dev.* 26 (2015) 71–79.
- Zare-mehrjardi, M. Taghizadeh-Mehrjardi, R. and A. Akbarzadeh, 2010. Evaluation of geostatistical techniques for mapping spatial distribution of soil PH, salinity and plant cover affected by environmental factors in southern Iran, *Not. Sci. Biol.* 2 (4):92–103.
- AbdelRahman., M.A.E., Tahoun., S. 2019. GIS model-builder based on comprehensive geostatistical approach to assess soil quality. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 13 (2019) 204–214.
- Cambardella CA, Moorman TB, Parkin TB, Karlen DL, Turco RF and Konopka AE, 1994. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal* 58: 1501-1511.
- Theodossiou N and Latinopoulos .P, 2006. Evaluation and optimization of groundwater observation networks using the kriging methodology. *Environmental Modelling and Software* 21: 991–1000.
- Virgilio, N. D., Monti, A., Venturi, G. 2007. Spatial variability of switch grass (*Panicum virgatum* L.) yield as related to soil parameters in a small field. *Field Crops Research*, 101: 232-239.
- Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Leoppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, G.T., Summer, M.E., 1996. *Methods of Soil Analysis*, Soil Science Society of American Journal. Book Series No. 5. ASA and SSSA, Madison, Wisconsin.
- Suarez, D.L., 1981. Relation between pH<sub>c</sub> and sodium adsorption ratio (SAR) and an alternative method of estimating SAR of soil or drainage waters. *Soil Science Society of American Journal* 45, 469–475.
- Brejda, J.J., Karlen, D.L., Smith, J.L., Allan, D.L., 2000. Identification of regional Soil quality factors and indications in Northern Mississippi Loess Hills and Palouse Prairie. *Soil Science*, 64: 2125–2135.



# 16<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



**Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science**

## **Providing Soil Salinity Map With Geostatistical Methods**

Shahrayini<sup>\*1</sup>, E., Noroozi<sup>2</sup>, A.A., Karimian Eghbal, M<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ph.D. Student of Soil Science Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Associate Professor of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Tehran, Iran

<sup>3</sup> Associate Professor of Soil Science Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

### **Abstract**

Spatial prediction is an important approach to obtain location and values of soil electrical conductivity (EC), which is important for agricultural management and food safety in arid and semi-arid areas. The present study was conducted in Ilam province soils of Iran to understand the spatial variability of soil using geostatistical models. Electrical conductivity (EC), soluble sodium, calcium and magnesium were measured then SAR was calculated. Soil salinity maps from surface up to 1 meter were prepared using suitable semivariogram models through Co-Kriging techniques, using EC parameter as a main variable and SAR parameter as an auxiliary variable. The values for nugget/sill of EC were 0.25–0.75 indicating moderate spatial structure in this area. The cross validation results with  $R^2$ , RMSE and MBE parameters illustrated good spatial prediction with this model. The present study suggests that the geostatistical models can directly reveal the spatial variability of soil salinity and will help farmers and decision makers for improving soil-water management.

**Keywords:** Geostatistical methods, soil salinity, semivariogram, Co-Kriging

---

\* Corresponding author, Email: e.shahrayini@yahoo.com