



## محاسبه خطای ناشی از کاربرد داده‌های نامطمئن و استفاده از آن در افزایش دقت تخمین مکانی

۱- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه مراغه، ۲- دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه تربیت مدرس ۳- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی استان اصفهان

### چکیده

شوری خاک و نقشه‌برداری آن از اهمیت بسیاری در مناطقی که بوجه برای پایش سالیانه شوری خاک اندک است، برخوردار است. هدف از انجام این تحقیق مقایسه‌خطاهای محاسبه شده از معادلات کالیبراسیون در دوره‌های مختلف نمونه‌برداری و استفاده از آن در تخمین شوری خاک با استفاده از داده‌های نامطمئن بود. برای انجام این تحقیق نمونه‌برداری بر روی شبکه ۵۰۰ متر از عمق ۰-۲۰ سانتی‌متری خاک، در سه بازه زمانی در طول یک سال صورت گرفت. از تفاضل بین داده‌های مطمئن و نامطمئن، هیستوگرام باقی مانده‌ها محاسبه و از تابع تراکم احتمالی برازش شده در تخمین شوری در دور سوم استفاده گردید. نتایج نشان داد تفاوت معناداری بین خطای محاسبه شده برای سری اول و دوم و نیز میانگین آنها در تخمین شوری خاک وجود ندارد. عدم نیاز به کالیبراسیون دائمی اندازه‌گیری‌های صحرایی به کاهش هزینه‌های پایش دائمی مناطق شوری مثل حاشیه دریاچه ارومیه که نیاز به توجه کافی دارند، کمک خواهد کرد.

واژه‌های کلیدی: هیستوگرام باقی مانده‌ها، خطای تخمین، تابع احتمال تراکم

### مقدمه

روند شور شدن اراضی کشاورزی اطراف دریاچه ارومیه در سالیان اخیر به دلیل خشک شدن دریاچه و باقی ماندن اراضی شور مستعد فرسایش بادی در اطراف آن، سرعت گرفته است. مقابله با شوری و به دنبال آن بیابانی شدن اراضی کشاورزی نیاز به توجه جدی دارد و اقدامات صحیح برای جلوگیری از پیش روی اراضی شور به سمت اراضی کشاورزی از اولویت‌های مدیریتی در این منطقه می‌باشد. با این وجود، هزینه بالای نمونه‌برداری از زمین‌های شور و مستعد شور شدن محدودیت‌هایی را در پایش مستمر این مناطق به وجود آورده است.

تلاش‌های بسیاری در خصوص استفاده از داده‌های ارزان و در عین حال سهل الوصول شوری خاک همانند تصاویر ماهواره‌ای در تخمین شوری خاک صورت گرفته است (Wang and Xu, ۲۰۰۸; Metternicht and Zink, ۲۰۰۳; Khan et al., ۲۰۰۱). اما استفاده از داده‌های سنجش از راه دور در تخمین شوری مشکلاتی دارد از جمله در سطوح بالای شوری خاک (Douaoui et al., ۲۰۰۶) و یا در مقادیر پایین شوری و در مناطقی که سطح زمین دارای پوشش گیاهی است، تخمین دقیق شوری خاک عملاً غیر ممکن است. هدایت الکتریکی ظاهری خاک ( $EC_e$ ) که نشان دهنده وضعیت شوری خاک می‌باشد به طور گسترده در تخمین و نقشه‌برداری شوری خاک استفاده شده است (Li et al., ۲۰۰۷; Douaik et al., ۲۰۰۵; Johnson et al., ۲۰۰۱; Corwin and Lesch, ۲۰۰۵a,b). یکی از نواقص استفاده از  $EC_e$ ، وجود خطا در اندازه‌گیری‌های صحرایی شوری خاک و عدم وارد کردن این خطا در تخمین مکانی است که در نهایت می‌تواند منجر به افزایش خطای تخمین گردد. Hamzehpour et al (۲۰۱۳) از روش کریجینگ با اندازه‌گیری خطای  $^{77}KME$  برای تخمین شوری خاک در دشت ارومیه در حاشیه غربی دریاچه ارومیه استفاده کردند. آنها با استفاده از معادلات کالیبراسیون داده‌های صحرایی و آزمایشگاهی، توابع احتمال تراکمی را به منظور محاسبه خطای ناشی از استفاده از داده‌های نامطمئن تعریف نمودند.

هدف از انجام این تحقیق بررسی میزان دقت استفاده از خطای محاسبه شده از معادلات کالیبراسیون در تخمین شوری خاک با استفاده از داده‌های نامطمئن است.

### مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه، حدود ۵۰۰۰ هکتار از اراضی واقع در جنوب دشت ارومیه، حاشیه غربی دریاچه ارومیه را دربر می‌گیرد. مختصات جغرافیائی آن بین ۴۵ درجه و ۵ دقیقه تا ۴۵ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی است.

برای انجام این تحقیق، نمونه‌برداری بر روی شبکه‌ای با نقاط به فاصله ۵۰۰ متر صورت گرفت و منطقه مطالعاتی به حدود ۲۰۰ نقطه تقسیم شد. در صورت مشاهده تغییرات شدید، نمونه‌برداری با فواصل کوتاه‌تر از ۵۰۰ متر نیز صورت گرفت. نمونه‌ها از عمق ۰-۲۰ سانتی‌متری، یک بار پس از اتمام فصل خشک (مهرماه ۸۸) و بار دیگر پس از پایان فصل مرطوب (خرداد ماه ۸۹) برای درک

<sup>۷۷</sup>-Kriging with measurement error

<sup>۷۸</sup>- Kriging with measurements error



## چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه

بهتر تغییرات فصلی شوری خاک، و یکبار دیگر در پائیز ۸۹ به منظور بررسی تغییرات سالیانه جمع آوری شدند. در زمان نمونه برداری، شوری نمونه‌ها با هدایت سنج صحرایی مدل Cone ۲۰۰ تعیین شدند (Hamzhepour et al., ۲۰۱۳). اندازه گیری‌های صحرایی به عنوان داده نامطمئن در نظر گرفته شدند. پس از اتمام نمونه برداری، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و شوری خاک نمونه‌ها در عصاره ۵/۲: ۱ خاک به آب با روش معمول آزمایشگاهی اندازه گیری شد. اندازه گیری آزمایشگاهی (داده های مطمئن) تنها برای دور اول و دوم صورت گرفت و در دور سوم، داده مطمئن در دست نبود.

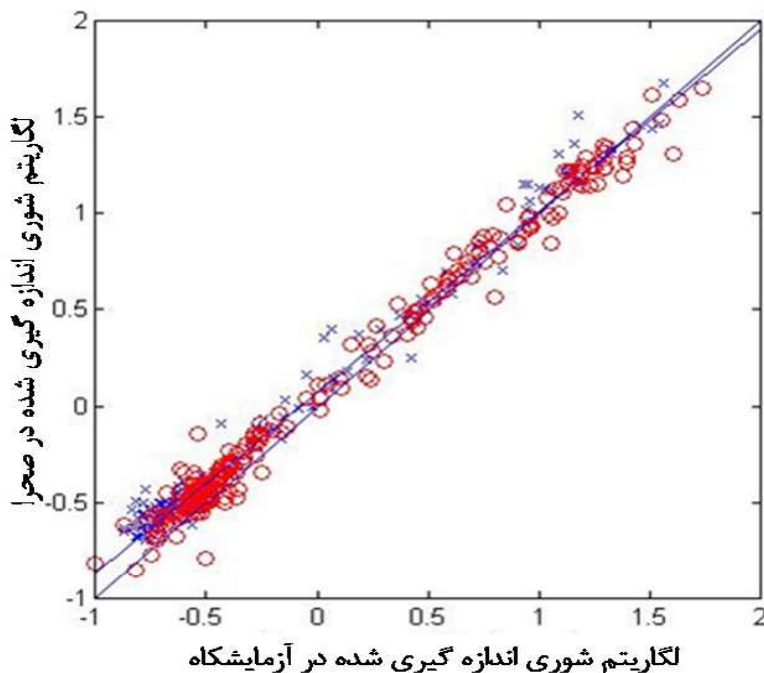
در مرحله بعدی داده‌های مربوط به اندازه گیری‌های صحرایی با داده‌های آزمایشگاهی کالیبره و بعد از تبدیل اندازه گیری‌های صحرایی به آزمایشگاهی توسط معادلات رگرسیونی، مقادیر حاصل بدلیل اینکه تنها تخمین‌هایی از یک مدل احتمالی هستند و با مقداری عدم قطعیت همراه می‌باشند، از مقادیر واقعی کسر و هیستوگرام باقی مانده‌ها ترسیم و از روی آن، توابع احتمال تراکم تعریف شدند. این عمل برای هر دو دور نمونه برداری انجام سپس به طور جداگانه از خطای محاسبه شده برای دور اول و دوم و نیز میانگین دو دور در تخمین شوری خاک با استفاده از داده‌های نامطمئن در دور سوم نمونه برداری استفاده گردید و نتایج با یکدیگر مقایسه شدند. شایان ذکر است دو سوم داده‌ها برای محاسبه خطا و یک سوم باقی مانده برای اعتبارسنجی مدل استفاده شدند. تمام مراحل این تحقیق در نرم افزار (BMElib) انجام شده است. این نرم افزار بر اساس زبان برنامه‌نویسی MATLAB نوشته شده است.

### نتایج و بحث

خلاصه آماری اندازه گیری‌های شوری خاک در سه دور نمونه برداری در جدول ۱ آورده شده است. به منظور تعیین قابلیت استفاده از داده‌های صحرایی، اطلاعات به دست آمده از مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی با مدل‌های مختلف باهم مقایسه شدند (شکل ۱). نتایج نشان داد که رابطه معنی‌داری بین اندازه گیری‌های صحرایی و آزمایشگاهی وجود دارد و در بین مدل‌های مورد مقایسه، مدل خطی توانست با کمترین میانگین خطای مطلق (۳۸/۰) و کمترین میانگین خطای اریب (۷۲/۰-) به عنوان بهترین مدل برآزش انتخاب شود.

جدول ۱- خلاصه آماری اندازه گیری‌های صحرایی شوری خاک در نمونه‌های خاک سطحی

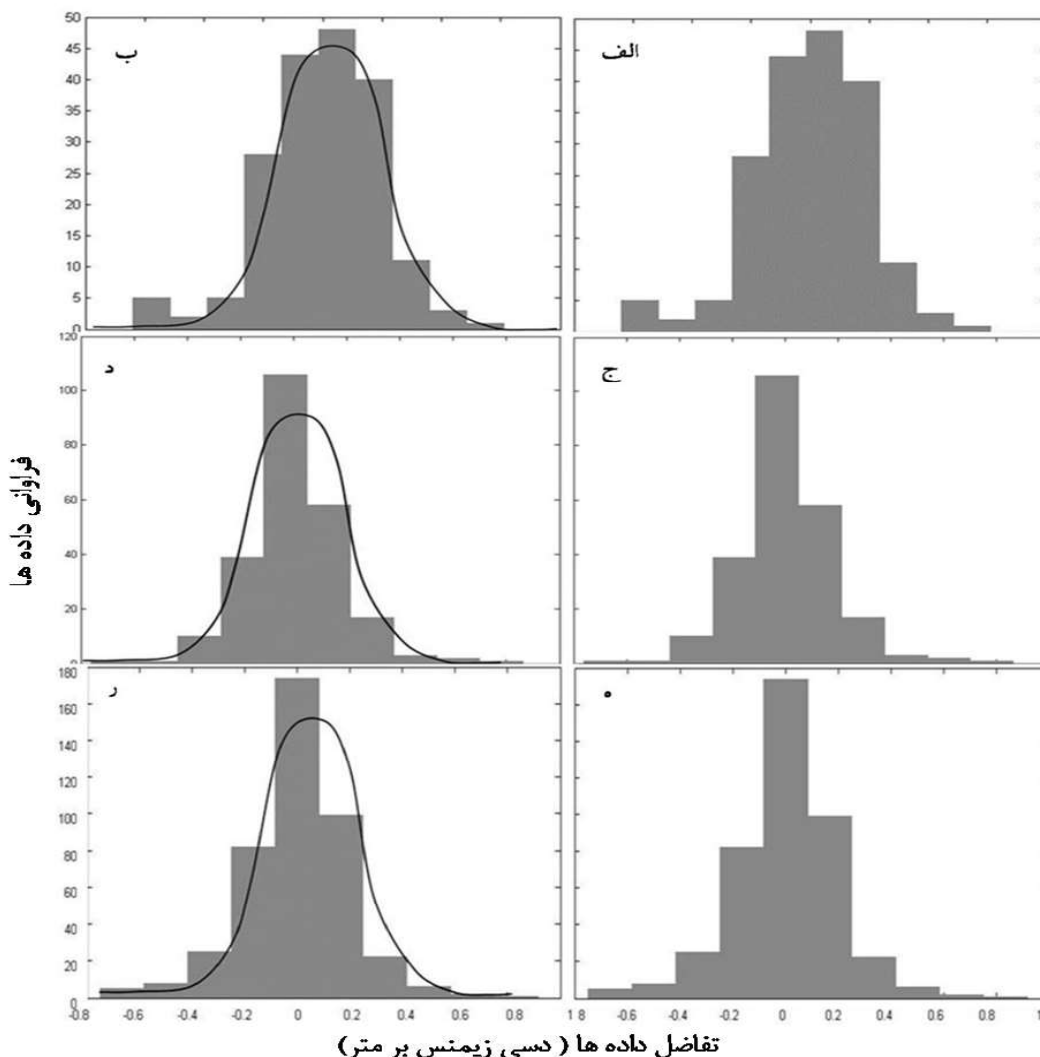
EC <sub>p</sub>	تعداد	ت	م	ان	و	د	ک	چ	k
(dS/m)		بیانگین	حرف معیار	اریانس	داقل	داکثر	ولگی	urtosis	
خاک سطح الارض (۰-۲۰ سانتی متری)									
پائیز	۸۶	۱	۱	۶	۰	۱	۹	۱	۳
		۸/۳	۴/۶	۸/۴۴	۳/۰	۱/۳۶	۸/۰	۵/۰	
بهار	۳۶	۲	۸	۴	۸	۱	۵	۱	۳
		۶/۴	۷/۸	۱/۷۱	۱۰	۱/۵۵	۶/۰	۲/۰	
پائیز	۴۸	۱	۰	۴	۳	۱	۶	۲	۳
		۹/۵	۲/۵	۵/۲۹	۲/۰	۱/۲۵	۱۰	۴/۰	



شکل ۱- همبستگی بین شوری خاک اندازه‌گیری شده در صحرا با آزمایشگاه در خاک سطحی (۰-۲۰ سانتی‌متری). دایره‌های قرمز مربوط به بهار ۸۹ و نقاط آبی رنگ مربوط به پاییز ۸۸ است

هیستوگرام مربوط به تفاضل بین اندازه‌گیری‌های صحرائی و آزمایشگاهی سری اول داده‌ها در شکل (۲)، قسمت الف آورده شده است. همانطور که از این شکل مشهود است، باقی مانده<sup>۷۹</sup>های اندازه‌گیری شده، از توزیعی نسبتاً نرمال برخوردار بودند و این نشان داد که اختلاف بین اندازه‌گیری‌های صحرائی و آزمایشگاهی ناشی از خطای می‌باشد (خطا در ابزار اندازه‌گیری یا روش اندازه‌گیری) و روندی در بین آنها دیده نمی‌شود. بنابراین واریانس باقی مانده‌ها به عنوان خطای اندازه‌گیری در نظر گرفته شد.

<sup>۷۹</sup>- Residuals



شکل ۲- هیستوگرام تفاضل داده‌های صحرایی و آزمایشگاهی و تابع تراکم نهایی برازش شده بر روی آنها. سری اول داده‌ها (الف و ب)، سری دوم داده‌ها (ج و د)، مجموع داده‌های سری اول و دوم (اشکال ه، و، ر)

در شکل (۲)، قسمت ب)، تابع تراکم احتمالی (pdf) برازش شده بر روی باقی مانده‌های سری اول داده‌ها نشان داده شده است. این pdf از توزیع گوسین برخوردار است و توزیع یکسان خطا را در بین داده‌های نامطمئن نشان می‌دهد. این تابع در هر نقطه‌ای که داده‌ای نامطمئن در تخمین نقاط اطراف دخالت داشت، تعریف شد. مشابه آنچه برای سری اول داده‌ها ذکر شد، برای سری دوم داده‌ها و نیز برای کل داده‌های موجود در طول یکسال (مجموع داده‌های سری اول و دوم) صورت گرفت که نتایج آن در شکل (۲) قسمت‌های "ج" تا "ر"، ارائه شده است.

با توجه به نتایج قابل قبول به دست آمده، برای تخمین شوری خاک با استفاده از سری سوم داده‌ها، که تنها شامل داده‌های نامطمئن بودند، یکبار از خطای سری اول داده‌ها (پائیز ۸۸)، بار دیگر از خطای سری دوم داده‌ها (بهار ۸۹) و در نهایت از خطای مجموع داده‌های دو فصل (بهار و پائیز)، استفاده شد و نتایج با هم مقایسه شدند که خلاصه آن در جدول (۲) آورده شده است.

جدول ۲- روش‌های کمی مقایسه خطای مختلف مورد استفاده در تخمین شوری خاک در پائیز ۸۹ (سری سوم داده‌ها)				
مقایسه	روش	خطای پائیز ۸۸	خطای بهار ۸۹	میانگین خطای دو فصل
R <sup>2</sup>		۹۲/۰	۹۲/۰	۹۲/۰
ME		۴۱/۰	۴۱/۰	۴۱/۰



با توجه به نتایج به دست آمده، عملاً هیچ تفاوتی بین خطاهای مورد استفاده در تخمین شوری خاک طی پائیز ۸۹ وجود نداشت، این نتایج نشان داد که محاسبه خطای ناشی از استفاده از داده های نامطمئن حداقل در یک سال نمونه برداری مکرر کافی است و نیازی به اندازه گیری های آزمایشگاهی برای تعیین خطای نمونه برداری در یک منطقه مطالعاتی نمی باشد. این نتایج در مناطقی مثل مناطق اطراف دریاچه ارومیه که نیاز به پایش دائمی مرزهای گسترش شوری خاک دارد، در کاهش هزینه های مربوط به اندازه گیری های دقیق کمک شایانی می نماید.

### منابع

- Corwin, D.L., and Lesch, S.M. ۲۰۰۵a. Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity, part I. Survey Protocols. *Comput. Electron. Agr.*, ۴۶:۱۰۳-۱۳۳.
- Corwin, D.L., and Lesch, S.M. ۲۰۰۵b. Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity, part II. Case study. *Comput. Electron. Agr.*, ۴۶:۱۳۵-۱۵۶.
- Douaïk, A., Van Meirvenne, M., and Toth, T. ۲۰۰۵. Soil salinity mapping using spation-temporal kriging and Bayesian maximum entropy with interval soft data. *Geoderma*, ۱۲۸:۲۳۴-۲۴۸.
- Douaoui, A.E.K., Nicolas, H., and Walter, Ch. ۲۰۰۶. Detecting salinity hazards within a semiarid context by means of combining soil and remote-sensing data. *Geoderma*, ۱۳۴:۲۱۷-۲۳۰.
- Hamzhepour, N., Eghbal, M.K., Bogaert, B., Toomanian, N. and Oskoui, R.S. ۲۰۱۳. Spatial prediction of soil salinity using kriging with measurement errors and probabilistic soft data. *Arid Land Research and Management*, ۲۷:۲, ۱۲۸-۱۳۹.
- Johnson, C.K., Doran, J.W., Duke, H.R., Weinhold, B.J., Eskridge, K.M., Shanahan, J.F. ۲۰۰۱. Field-scale electrical conductivity mapping for delineating soil condition. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, ۶۵: ۱۸۲۹-۱۸۳۷.
- Khan, N.M., Rastokuev, V.V., Shalina, E., Sato, Y. ۲۰۰۱. Mapping salt-affected soil using remote sensing indicators. A simple approach with the use of Gis Idrissi. ۲۲nd Asian Conference on Remote Sensing, ۵-۹ November ۲۰۰۱, Singapore.
- Metternicht, G.I., Zinck, J.A., ۲۰۰۳. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints. *Remote Sens. Environ.*, ۵۸۱۲: ۱-۲۰.
- Wang, F., Xu, Y.J. ۲۰۰۸. Development and application of a remote sensing-based salinity prediction model for a large estuarine lake in the US Gulf of Mexico coast. *J. Hydr.*, ۳۶۰ (۱-۴): ۱۸۴-۱۹۴.

### Abstract

Soil salinity and its mapping is of great importance in arid and semiarid regions, especially where budget for yearly monitoring of soil salinity changes is low. The aim of the present paper was to compare measured error resulted from calibration equations in different sampling campaigns and their use in soil salinity prediction using soft data. Soil samples were taken from ۰-۲۰ cm on a grid of ۵۰۰ meters. Histograms of residuals were calculated by observed lab data minus estimated ones then probability density function were calculated and used in soil salinity prediction using third dataset. Results showed that there was no significant difference among measured error for first, second datasets and their mean. The reduced need for constant calibration of field measured data will decrease the soil salinity monitoring prices in saline areas like Uromia Lake margins, where there is a great need for careful monitoring.