

## تاثیر تغییرات مکانی شوری خاک بر عملکرد دانه گندم

علی داد کرمی

عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس

### چکیده

شناسایی نقاط کم محصول تر در مزرعه و رفع محدودیت‌ها در این نقاط یکی از مهمترین راه‌های افزایش تولید است. در این پژوهش از داده‌های عملکرد دانه گندم برداشت شده با کمباین کلاس لکسیون ۵۱۰ و داده‌های عملکرد گندم از ۳۶ نقطه تصادفی در مزرعه و نتایج تجزیه نمونه‌های خاک‌های مربوطه در آن نقاط استفاده شد. میان‌یابی پارامترها در نقاط فاقد داده با روش‌های کریجینگ، وزن دادن عکس فاصله و کوکریجینگ، و با برازش مدل‌های خطی، نمایی، گوسی و کروی بر نیم‌تغییرنمای تجربی انجام شد. نتایج نشان داد که: عملکرد دانه گندم برداشت شده با کمباین از ۲ تا ۰/۸/۱۰ تن در هکتار متغیر بود. بهترین روش میان‌یابی برای عملکرد دانه با مدل واریوگرامی نمایی، وزن دادن عکس فاصله تعیین شد. بین پارامترهای مختلف همبستگی منطقی خطی وجود داشت. برای نمونه بین عملکرد دانه گندم و وزن هزار دانه همبستگی مثبت وجود داشت. شوری خاک با کربن آلی همبستگی مثبت ولی با pH و وزن هزار دانه گندم همبستگی منفی داشت. بهترین مدل تغییرنمای دوجانبه برای عملکرد دانه با فاکتور کمکی وزن هزار دانه کروی و وزن هزار دانه با فاکتور کمکی شوری خاک مدل گوسی بود و بهترین روش میان‌یابی کوکریجینگ بود. داده‌های اسیدیته گل اشباع خاک در مزرعه توزیع نرمال داشتند ولی داده‌های EC با تبدیل داده لگاریتمی نرمال شدند. بهترین مدل برای EC مدل کروی و برای pH مدل نمایی بود. نیم‌تغییرنمای منفرد پارامتر EC از ساختار مکانی قوی ولی پارامتر pH از ساختار مکانی متوسط برخوردار بود. بهترین روش میان‌یابی برای pH و EC خاک روش کریجینگ بود. مقادیر EC خاک از جنوب شرقی مزرعه به شمال غربی افزایش داشت.

واژه های کلیدی: تغییرپذیری مکانی، زمین‌آمار، کشاورزی دقیق

### مقدمه

برای بهره‌برداری بهینه مزرعه، شناخت پتانسیل‌ها و محدودیت‌های مکان‌های مختلف مزرعه موجب برنامه‌ریزی برای مدیریت بهینه است. بنابراین برون‌یابی خطی نتایج حاصل از نمونه‌گیری نقطه‌ای و پراکنده آزمایشگاهی و یا کرت‌های مزرعه‌ای، هنگامی که به مقیاس‌های بزرگ‌تری تعمیم یابند، دچار عدم قطعیت زیادی می‌شوند. برای حل این مشکل راهکارهایی متعددی ارائه شده است که یکی از آنها استفاده از تئوری متغیرهای ناحیه‌ای و روش‌های زمین‌آمار (Geostatistical techniques) اشاره کرد (Haws et al., ۲۰۰۴; Jung et al., ۲۰۰۶). مطالعات ایستگاهی و نقطه‌ای با محدودیت تراکم کم نمونه‌برداری مواجه بوده و در مقایسه با پیچیدگی الگوی آلودگی یا پارامترهای خاکی اطلاعات اندکی را در اختیار قرار می‌دهد (Hofmann et al., ۲۰۱۰). تغییرپذیری خاک طبیعی در مقیاس‌های مکانی و زمانی مختلف به دلیل پیچیدگی فرآیندهای خاک‌سازی، تحت تاثیر کشت کار و کاربرد مواد در سطح اراضی با عملیات زراعی افزایش یافته است (Burgos et al., ۲۰۰۶). تغییرپذیری خاک در نتیجه مدیریت‌های مختلف محصولات کشاورزی افزوده شده (Godwin and Miller, ۲۰۰۳)، تغییرات روابط بین ویژگی‌های خاک در اراضی نیشکرکاری با مدیریت یکنواخت با هدف کشاورزی دقیق نیز گزارش شده است (Cruz et al., ۲۰۱۱).

آنالیزهای آماری نشان داده که همبستگی معنی‌داری بین بافت خاک و مقدار نمک و رطوبت خاک در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری خاک وجود داشته است (Zhou et al., ۲۰۱۰). همچنین آنالیزهای آماری نشان داده مقدار نمک خاک و مقدار رطوبت، تغییرپذیری زیادی داشته در حالی که تغییرپذیری کربن آلی خاک و ازت کل در عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری تغییرپذیری کمی را داشته است (Zhou et al., ۲۰۱۰). در بررسی زمین‌آمار تغییرپذیری مکانی شوری و قلیائیت خاک در منطقه آلبرتا به ترتیب روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ روش‌های مناسبی برای برآورد شوری (EC) و نسبت سدیم جذب (SAR) بوده است (Hosseini et al., ۱۹۹۴). به دلیل تغییرپذیری ویژگی‌های خاک در یک اکوسیستم مشابه، ویژگی خاک ممکن است تغییرات مکانی معنی‌داری را داشته باشد (Robinson and Metternicht, ۲۰۰۶). این تغییرات عمدتاً از فاکتورها و فرآیندهای خاک‌سازی و کاربری اراضی ناشی می‌شود (Ersahin, ۲۰۰۳). در این بین نقش ارتفاع، درجه و جهت شیب بر روی عمق خاک، رطوبت و مقدار ماده آلی خاک بسیار پیچیده است (Ashcroft, ۲۰۰۶).

### مواد و روش‌ها

استان فارس یکی از مهمترین استان‌های تولیدکننده محصولات کشاورزی است که دشت داراب در آن یکی از دشت‌های مهم تولیدکننده فراورده‌های کشاورزی است. قطعه مزرعه‌ای ۴۰ هکتاری که از یک سیستم آبیاری بارانی سنتریپوت آبیاری می‌شد انتخاب گردید. داده‌های گندم برداشت شده از قطعات ۲۵ متر مربعی به دست آمده از کمباین کلاس لکسیون ۵۱۰ همراه با موقعیت جغرافیایی آنها استفاده گردید. بصورت تصادفی از ۳۶ نقطه مزرعه مزبور نمونه‌برداری خاک از لایه ۳۰-۰ سانتی‌متری تهیه

## چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - پیدایش، رده بندی، ارزیابی خاک و زمین نما

و تجزیه و عملکرد گندم در سطح ۲ مترمربعی نیز اندازه گیری شد. از عمق های ۱۵-۰ و ۳۰-۱۵ سانتی متری سطحی نمونه خاک دست نخورده تهیه و BD اندازه گیری شد. داده ها در در محیط Excel درج و محاسبات آمار کلاسیک با SPSS و محاسبات زمین آماری با نرم افزار GS+ انجام گردید. از نرم افزارهای Arc GIS، SPSS، Surfer، AGRO-MAP+ و Arc GIS برای محاسبات استفاده شد. میان یابی پارامترها در نقاط فاقد داده با روش های کریجینگ، وزن دادن عکس فاصله و کوکریجینگ، و با برازش مدل های خطی، نمایی، گوسی و کروی بر نیم تغییرنمای تجربی انجام شد.

### نتایج و بحث

در جدول ۱ اطلاعات توصیفی عملکرد محصول ارائه شده است. جدول فوق نشان می دهد که دامنه تغییرات عملکرد محصول بسیار زیاد است. دلیل این گستردگی و وجود تغییرات زیاد، به دلیل وسعت زیاد منطقه مورد مطالعه و وجود مدیریت های غیر یکنواخت و نامناسب می باشد که امکان مدیریت بهتر وجود دارد (۱).

جدول ۱-۵- آمار توصیفی عملکرد دانه گندم برداشت شده با کمباین لکسیون

متغیر	واحد	کمینه	بیشینه	میانگین	واریانس	چولگی	کشیدگی
عملکرد دانه گندم	تن	۰۰۰/۰	۰۸۰/۱	۰۷۷/۵	۴۵۲/۱	۱۹/۱	۹۰/۲
		۲	۰			۰۴/۰	۵۳/۱

جدول ۲- مدل برازش داده شده بر نیم تغییرنمای تجربی و خلاصه ای از اطلاعات زمین آماری عملکرد گندم برداشت شده با کمباین

فاکتور	مدل	C.	C.+C	$\frac{C_0}{C_0+C}$	A.	R <sup>2</sup>	RSS
عملکرد گندم	نمایی	۰۳۲/۰	۰۶۴/۰	۰۲/۰	۲/۱۱۷	۹۳۸/۰	۴۳/۱ × ۱۰

C: واریانس قطعه ای، C.+C: آستانه،  $\frac{C_0}{C_0+C}$ : نسبت همبستگی مکانی، A: دامنه تأثیر (متر)، R<sup>2</sup>: ضریب تبیین و RSS: مجموع مربعات خطا.

در جدول ۲ مشاهده می شود که برای عملکرد دانه گندم بیشترین ضریب تبیین با مدل نمایی حاصل شده که علاوه بر بیشترین ضریب تبیین کمترین مقدار مجموع مربعات خطا را دارا بود و عملکرد دانه گندم نیز از ساختار مکانی قوی برخوردار بود. ارزیابی اعتبار روش های وزن دادن عکس فاصله و کریجینگ نقطه ای برای پارامتر عملکرد دانه گندم در جدول ۳ نشان داده شده است.

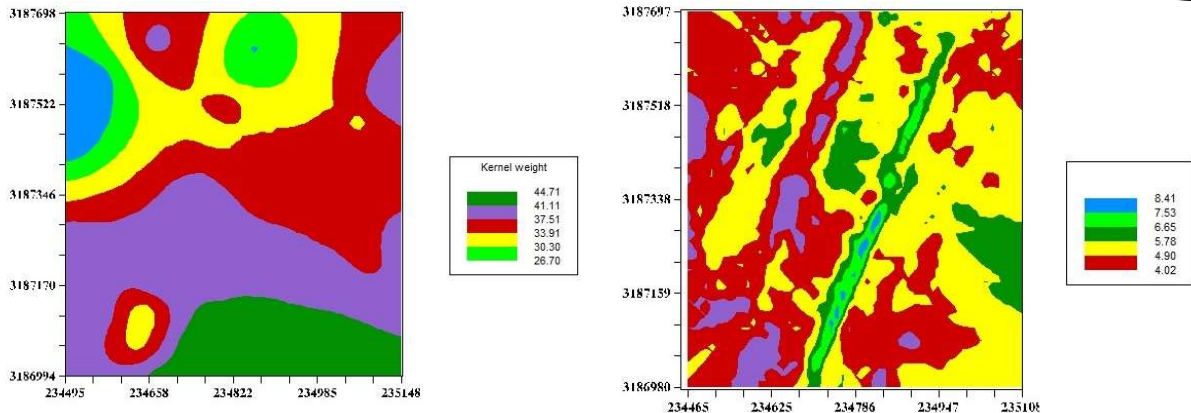
جدول ۳- نتایج ارزیابی روش های مختلف میان یابی پارامتر عملکرد گندم برداشت شده با کمباین

آماره	IDW	PK
MBE	-۰۶۷۲/۰	-۰۱۵۶/۰
MAE	۶۸۴۸/۰	۶۸۶۳/۰
RMSE	۹۴۰۴/۰	۹۳۸۶/۰
MSDR	۰۰۱۲/۰	۰۰۱۲/۰

IDW: وزن دادن عکس فاصله و PK: کریجینگ نقطه ای

آماره MBE معیاری از وجود اریب است. برآورد روش کریجینگ نقطه ای برای پارامتر عملکرد دانه گندم در مقایسه با روش وزن دادن عکس فاصله با توجه به مقادیر آماره های ارائه شده در جدول ۳ تقریباً بدون اریب است. روش کریجینگ نقطه ای از مقادیر کمتر آماره ها برخوردار است که نشان دهنده نزدیکی بیشتر برآوردها به مقادیر اندازه گیری شده است. بر پایه آماره های ارزیابی، کارایی روش کریجینگ نقطه ای در برآورد پارامتر عملکرد دانه گندم بیشتر بود (جدول ۳).

## چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - پیدایش، رده بندی، ارزیابی خاک و زمین نما



شکل ۲- نقشه پراکنش مکانی عملکرد دانه گندم با روش میان یابی کریجینگ (شکل سمت راست) و وزن هزار دانه گندم با روش میان یابی کوکریجینگ و با فاکتور کمکی شوری خاک (شکل سمت چپ)

بین وزن هزار دانه گندم و میزان شوری خاک همبستگی منفی وجود داشت که در سطح ۵ درصد معنی دار بود. اسیدیتته گل اشباع خاک با مقدار رس خاک همبستگی مثبت ولی با قابلیت هدایت الکتریکی خاک همبستگی منفی داشت. قابلیت هدایت الکتریکی خاک نیز با مقدار کربن آلی خاک همبستگی مثبت داشت. وزن هزار دانه گندم تغییرات زیادی داشت و در سطح وسیعی از مزرعه وزن هزار دانه گندم کم بود، به خصوص در شمال غرب مزرعه که میزان شوری خاک بیشتر و محدودیت عوامل تولید بیشتر بود وزن هزار دانه مقادیر کمتری را نشان داد (شکل ۲).

جدول ۴- آمار توصیفی برخی از خواص شیمیایی خاک در مزرعه مورد مطالعه

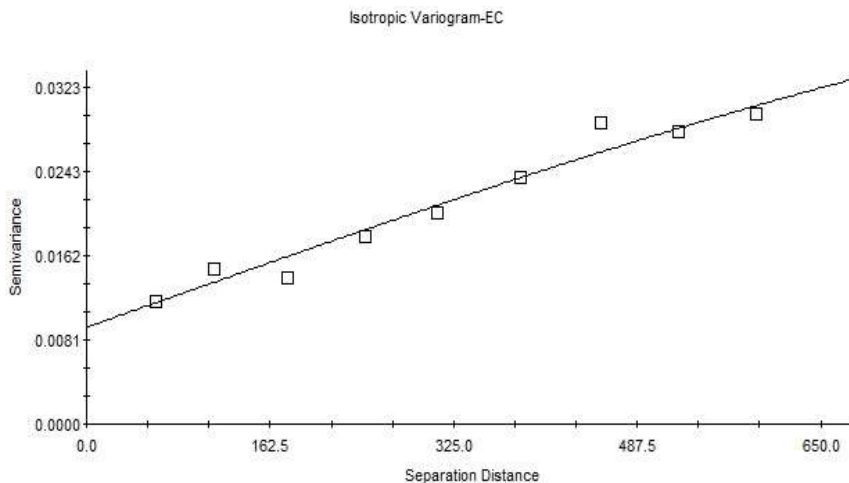
متغیر واحد	کمینه	بیشینه	میانگین	واریانس	چولگی	کشیدگی
pH	۷/۷	۱/۸	۹/۷	۰/۱/۰	-۳۳/۰	-۳۵/۰
EC	۵۷/۰	۹۸/۰	۷۶/۰	۰/۱۳/۰	به ۳۲/۰	به ۸۶/۰
					۰/۹/۰	-۹۵/۰

جدول ۵- مدل های برازش داده شده بر نیم تغییرنمای تجربی و خلاصه ای از اطلاعات زمین آماری ویژگی های خاک

فاکتور	مدل	C.	C.+C	$\frac{C_0}{C_0+C}$	A.	R <sup>2</sup>	RSS
pH	نمایی	۰۰۴۱/۰	۰۱۱۱/۰	۳۶۹/۰	۱۱۵	۷۲۵/۰	۳۶/۶×۱۰
EC	کروی	۰۰۹۳/۰	۰۴۳۴/۰	۲۱۴/۰	۱۳۲۸	۹۶۰/۰	۵۲/۱×۱۰

برای قابلیت هدایت الکتریکی در مزرعه بیشترین ضریب تبیین با مدل کروی حاصل شده که علاوه بر بیشترین ضریب تبیین، کمترین مقدار مجموع مربعات خطا را داشتند (جدول ۵). بهترین مدل برای اسیدیتته گل اشباع خاک مدل نمایی بود و نیم تغییرنمای منفرد EC از ساختار مکانی قوی و برای pH از ساختار مکانی متوسط برخوردار بود (جدول ۵).

چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - پیدایش، رده بندی، ارزیابی خاک و زمین نما



Spherical model ( $C_0 = 0.00930$ ;  $C_0 + C = 0.04340$ ;  $A_0 = 1328.00$ ;  $r_2 = 0.960$ ;  
 $RSS = 1.516E-05$ )

شکل ۳- نیم‌تغییرنمای منفرد و بهترین مدل برازش شده (مدل کروی) بر قابلیت هدایت الکتریکی خاک بهترین مدل برازش داده شده بر نیم‌تغییرنمای منفرد قابلیت هدایت الکتریکی خاک مدل کروی بود که با ضریب تبیین ۹۶/۰ و با دامنه تأثیر ۱۳۲۸ متر، اثر قطعه‌ای (۰۰۹۳/۰) و مجموع مربعات خطای بسیار کمی (۰۰۰۰۱۵/۰) داشت (شکل ۳).

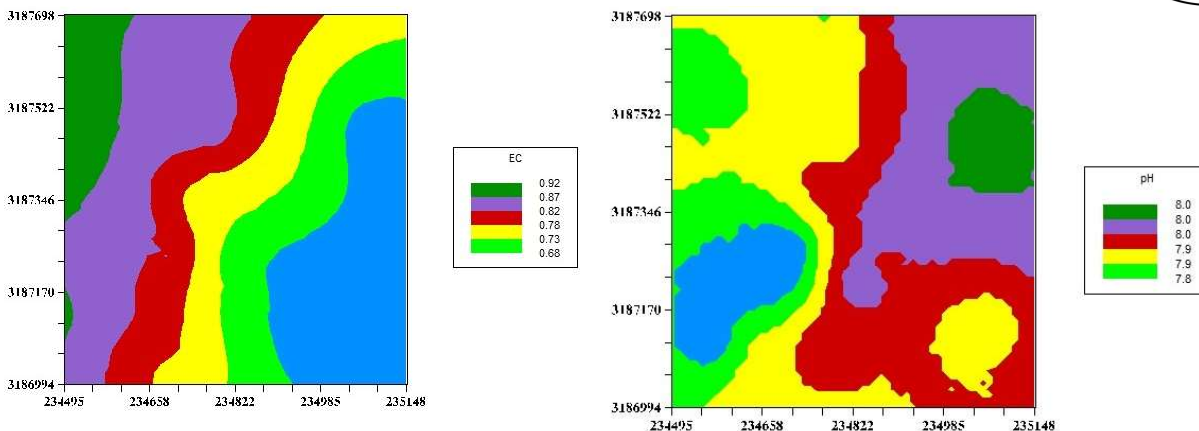
جدول ۶- مدل های برازش داده شده بر نیم‌تغییرنمای دوچانه و خلاصه‌ای از اطلاعات زمین‌آماري ویژگی‌های خاک

RSS	R <sup>2</sup>	A.	$\frac{C_0}{C_0+C}$	C.+C	C.	مدل	فاکتور
$9/3 \times 10^{-10}$	۹۴۷/۰	۱۱۱۲	۰.۵۱/۰.	$8/1 \times 10^{-10}$	$2/9 \times 10^{-10}$	کروی	SP*Clay
$2/7 \times 10^{-10}$	۷۵۸/۰	۱۲۹۶	۲۹۵/۰.	-۰.۱۶۶/۰	-۰.۰۴۹/۰	کروی	EC*pH
$3/6 \times 10^{-10}$	۳۳۴/۰	۷۱۱	۵/۰.	-۰.۱۷۴/۰	-۰.۰۸۷/۰	نمایی	EC*OC
$۰/۳ \times 10^{-10}$	۹۷۹/۰	۱۰۶۵	۳۰۱/۰.	۰.۳۹۵/۰	۰.۱۱۹/۰	کروی	EC*K

جدول ۷- نتایج ارزیابی روش‌های میان‌یابی EC و pH

MSDR	RMSE	MAE	MBE	روش میان‌یابی	متغیر
$669/9 \times 10^{-10}$	۰.۸۴۶/۰	۰.۶۴۴/۰	۰.۰۳۳/۰	kriging	pH
$۰.۴/1 \times 10^{-10}$	۰.۸۸۰/۰	۰.۶۶۱/۰	۰.۰۵۶/۰	IDW	
$۰.۱/1 \times 10^{-10}$	۰.۸۶۶/۰	۰.۶۶۵/۰	۰.۰۰۶/۰	kriging	EC
$۰.۹/1 \times 10^{-10}$	۰.۹۰۰/۰	۰.۶۹۴/۰	-۰.۰۹۵/۰	IDW	
$۱۲/1 \times 10^{-10}$	۰.۹۱۱/۰	۰.۷۳۱/۰	-۰.۰۴۷/۰	EC*pH	
$۱۲/1 \times 10^{-10}$	۰.۹۱۱/۰	۰.۷۳۱/۰	-۰.۰۴۷/۰	EC*OC	
$۱۲/1 \times 10^{-10}$	۰.۹۱۱/۰	۰.۷۳۱/۰	-۰.۰۴۷/۰	EC*K	

بر اساس جدول ۷ بهترین روش میان‌یابی برای pH و EC، روش کریجینگ به دست آمد. در زیر با بهترین مدل واریوگرامی و بهترین روش میان‌یابی نقشه پراکنش ویژگی‌های EC و pH خاک ارائه می‌شود.



شکل ۴- نقشه پراکنش مکانی pH خاک (سمت راست) و EC خاک (سمت چپ) با روش میان‌یابی کریجینگ

وضعیت پراکنش اسیدیتته گل اشباع در مزرعه مورد مطالعه به گونه‌ای بود که کل مزرعه را می‌توان به دو قسمت تقسیم نمود که در نیمه غربی مزرعه مقادیر کمتر آن و در نیمه شرقی مقادیر بیشتر آن مشاهده گردید. مقادیر اسیدیتته گل اشباع از جنوب غربی به شمال شرقی مزرعه افزایش داشت (شکل ۴). تغییرات مقادیر قابلیت هدایت الکتریکی خاک از روند مشخصی برخوردار بود و این ویژگی از جنوب شرقی مزرعه به شمال غربی آن افزایش داشت (شکل ۴). نتیجه کلی که از این پژوهش گرفته می‌شود این که عملکرد محصول و ویژگی‌های خاکی، تغییرپذیری گسترده‌ای را در مزرعه مورد مطالعه داشتند. بنابراین شناخت مقادیر متغیرهای خاکی و عوامل موثر بر عملکرد برای مدیریت بهینه ضروری است تا با استفاده از متغیرهای همراه محاسبات زمین آماری صورت گرفته و موثرترین پارامتر شناسایی و دلایل نقاط پرمحصول و ضعیف شناسایی و مدیریت بهینه میسر شود.

#### منابع

- Burgos, P. Madejon, E. Pérez-de-Mora, A. and Cabrera, F. ۲۰۰۶. Spatial variability of the chemical characteristics of a trace-element-contaminated soil before and after remediation. *Geoderma*, ۱۳۰: ۱۵۷-۱۷۵.
- Cruz, J.S. deAssis Junior, R.N. Rocha Matias, S.S. and Camacho-Tamayo, J.H. ۲۰۱۱. Spatial variability of an Alfisol cultivated with sugarcane. *Cien. Inv. Agr.*, ۳۸(۱): ۱۵۵-۱۶۴.
- Ersahin, S. ۲۰۰۳. Comparing ordinary kriging and cokriging to estimate infiltration rate. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, ۶۷: ۱۸۴۸-۱۸۵۵.
- Godwin, R.J. and Miller, P.C.H. ۲۰۰۳. A review of the technologies for mapping within-field variability. *Biosystems Eng.*, ۸۴: ۳۹۳-۴۰۷.
- Haws, N.W. Liu, B. Boast, C.W. Rao, P.S.C. Kladvik E.J. and Franzmeier, D.P. ۲۰۰۴. Spatial variability and measurement scale of infiltration rate on an agricultural landscape. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, ۶۸(۶): ۱۸۱۸-۱۸۲۶.
- Hofmann, T. Darsow, A. and Schafmeister, M.T. ۲۰۱۰. Importance of the nugget effect in variography on modeling zinc leaching from a contaminated site using simulated annealing. *J. Hydrol.*, ۳۸۹: ۷۸-۸۹.
- Hosseini, E. Gallichand, D. and Marcotte, D. ۱۹۹۴. Theoretical and experimental performance of spatial interpolation methods for soil salinity analysis. *Trans. ASAE*, ۳۷: ۱۷۹۹-۱۸۰۷.
- Jung, W.K. Kitchen, N.R. Sudduth, K.A. and Anderson, S.H. ۲۰۰۶. Spatial characteristics of claypan soil properties in an agricultural field. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, ۷۰: ۱۳۸۷-۱۳۹۷.
- Robinson, T.P. and Metternicht, G. ۲۰۰۶. Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. *Computer and Electronics in Agriculture*, ۵۰: ۹۷-۱۰۸.
- Zhou, H.H. Chen, Y.N. and Li, W.H. ۲۰۱۰. Soil properties and their spatial pattern in an oasis on the lower reaches of the Tarim River, northwest China. *Agr. Water Manage.*, ۹۷: ۱۹۱۵-۱۹۲۲.



## چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - پیدایش، رده بندی، ارزیابی خاک و زمین نما

### Abstract

Recognition of low yield points of field and removing restrictions in areas with lower yields at the farm is one of the important ways for increasing yield. In this research, the wheat grain yield data, harvested with Lexion class  $\Delta 10$  combine and wheat yield data from 36 randomly points of field, and soil analyzed data of these points were used. The interpolation of parameters in non-sampled areas were predicted by means of kriging, inverse distance weighted, and co-kriging methods and the experimental semi-variograms were fitted to linear, exponential, Gaussian, and spherical models. The results showed that harvested wheat grain yield with combine ranged from 2 to  $10.08$  tons per hectare. The best interpolation method with exponential variogram model, were determined the inverse distance weighted. Between different parameters, a linear correlation was reasonable. For example, there was positive correlation between grain yield and kernel weight, but correlation between kernel weight and soil salinity was negative. The best variogram model for grain yield and kernel weight was spherical model. The best cross variogram model with co-factor of kernel weight for grain yield was spherical, and for kernel weight with co-factor of soil salinity was Gaussian model, and the best interpolation method was co-kriging. The data of soil pH had normal distribution, but the data of soil EC by use of logarithmic transformation converted to normal distribution. The best variogram model for EC was spherical model, and for pH was exponential model. The spatial structure of EC semi-variogram was strong and for pH was medium. The best interpolation method for pH and EC was kriging method. Amounts of soil EC increased from southeast to northwest of farm.