# بررسی تغ رپذیر مکاني برخی عناصر شیمیایی خا سطحي به کمک تکنیک م ن ما (مطالعه موردی: منطقهی بهنمیر استان مازندران)

ام البنین محمد اسماعیل تبار [۱]، سید مصطفی عمادی [۲]، محمدعلی بهمنیار [۳]، مهدی قاجار سپانلو [۴]
۱-دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ۲- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ۳- استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،۴- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

**چکیده**

مدیریت پایدا اکوس ستم مستلز شناخت ا یابي تغ را مکاني ماني یژگی ها به منظو بهره برداری پایدار از منابع مي‌باشد. بدین جهت چگونگي تو یع مکاني یژگی ها خا ا ا اهمیت می‌باشد .در این تحقیق به بررسی تغ رپذیر مکاني pH، SAR، CEC، کربن آلی، کربنات کلسیم، پتاسیم تبادلی و فرمهای قابل جذب فسفر، روی و مس در خا منطقه بهنمیر به وسعت ۱۴۴۰۰ هکتار به کمک تکن ك م ن ما پرداخته شد. بدین جهت ۶۹ نمونه از لایه سطحی این منطقه برداشت شد. نرمال بودن داده ها با تست Kolomogorov-Smirnov صورت گرفت و در صورت نرمال نبودن با تبدیل لگاریتم نرمال شدند. درون‌یابی با روش کریجینگ و IDW با توان ۱ و ۲ و ۳ انجام شد و روش‌های درون‌یابی با استفاده از حداقل میانگین خطا (RMSE) مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که کریجینگ معمولی بهترین روش‌های انتخاب شده برای درون‌یابی کربنات کلسیم ، مس و CEC می باشد.

کلید واژه: توزیع مکانی، زمین آمار، درون یابی

**مقدمه**

خصوصیات خاك متغیرهای پیوسته ای هستند که تغییرات مکانی از خود نشان می دهند. تغ رپذیر خصوصا خا مز عه مي‌تواند عملکر خا جهت جذ عناصر غذایي شد گاه تأثرگذا باشد. لذا به منظو بهتر تأث ر فاکتو هایي مانند مدیریت لو گي نهایتا ست یابي به عملا اعي مناسب ذا مند مشخص کر کمي کر غ ریکنواختي خصوصا خا مي باشد (ایوبی و همکاران، ۱۳۸۷). تغ رپذیر خصوصا خا مزا اغلب به سله ها ما کلاسك با مي‌شوند که فر بر تو یع تصا في تغ را احدها نقشه مي‌باشد. در روش های متداول آمار کلاسیک مانند تجزیه و تحلیل واریانس، موقعیت جغرافیایی و مکانی نمونه های برداشته شده از زمین در نظر گرفته نشده و هیچ گونه ارتباط ریاضی بین تغییرا ت مکانی داده ها با فاصله آنها از همدیگر برقرار نمی شود (محمدزمانی و همکاران، ۱۳۸۶). شاخه ای از علم آمار کاربردی به نام زمین آمار قادر به در نظر گرفتن جزء وابسته به مکان تغییرات است و به برآورد خصوصیت موردنظر مکانی که نمونه برداری نشده با استفاده از اطلاعات نقاط نمونه برداری شده با تخمینگر های آماری خود می پردازد و از این جهت نسبت به آمار کلاسیك دارای برتری می باشد. در این زمینه مطالعات متعددی در دنیا صورت گرفته است که از جمله می توان به مطالعات کاکس و همکاران (۲۰۰۳) و کان و همکاران (۱۹۹۴) اشاره نمود. در کشور ما نیز نورزاده حداد و همکاران (۱۳۹۲) پژوهشی با هدف تعیین کارایی برخی روش‌های زمین آماری برای درون‌یابی عناصر ریزمغذی در اراضی کشاورزی استان همدان انجام دادند. نتایج نشان داد که برای درون‌یابی آهن، بور، کبالت و روی مطلوب ترین روش کوکریجینگ بوده، و کمترین خطای درون‌یابی مربوط به آهن بوده است. نتایج آنالیزهای زمین‌آماری تقی‌پور و همکاران (۱۳۸۹) بر تغییرات مکانی فلزات سنگین در برخی از خاک‌های همدان نشان داد که مدل کروی بهترین مدل برازش داده شده برای عناصر مس و نیکل می‌باشد. بر اساس نقشه‌های پراکنش مس و نیکل عامل موثر بر روند افزایشی این عناصر، نوع مواد مادری اعلام شد .کاظمی‌پشت‌مساری و همکاران (۱۳۹۱) روش‌های مختلف میان‌یابی را برای تغییرات مکانی عناصر پرمصرف اولیه در محدوده اراضی کشاورزی استان گلستان بررسی کردند. نتایج نشان داد که روش کوکریجینگ بهترین تخمینگر برای عناصر پرمصرف اولیه در اراضی کشاورزی است.

تحقیقات مذکور و سایر تحقیقات موجود در این زمینه نشانگر جایگاه ویژهی زمین آمار در شناخت روابط خصوصیات خاک می باشد لذا در تحقیق پیش رو از این روش جهت بررسی برخی خصوصیات خاک منطقه بهنمیر در استان مازندران پرداخته شد. این منطقه دارای بیش از ۳۰ روستا و بیش از ۱۳۰۰۰ هکتار سطح زیر کشت می باشد که شامل شالیزار، خشکه و باغ است. هدف از این تحقیق بررسی تغ رپذیر مکاني pH، CEC، SAR، کربن آلی، کربنات کلسیم، پتاسیم تبادلی و فرمهای قابل جذب فسفر، روی و مس در خا سطحي منطقه بهنمیر به کمک تکن ك م ن ما و انتخاب بهترین روش درون یابی جهت تهیه ی نقشه های توزیع مکانی هریک از خصوصیات مذکور می باشد.

## مواد و روش

منطقه مورد مطالعه در استان مازندران، شهرستان بهنمیر، بین طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی واقع شده است که دارای مساحت تقریبی ۱۴۴۰۰ هکتار می باشد. از این منطقه ۶۹ نمونه ازعمق ۰-۳۰ سانتی متر تهیه شد. مختصات جغرافیایی تمام نقاط نمونه‌برداری با دستگاه GPS شناسایی و نمونه‌برداری به صورت شبکه بندی منظم با فاصله ۵/۱ کیلومتر از هم صورت گرفت. نمونه خاک‌های تهیه شده، هوا خشک گردیده و از الک دو میلی متری عبور داده شد و جهت تهیه اطلاعات خاکی، مورد آزمایش های شیمیایی قرار گرفتند که عبارت اند از:

کربنات کلسیم به روش تیتراسیون برگشتی (جعفری حقیقی، ۱۳۸۲)، pH پس از تهیه گل اشباع با دستگاه pHمتر (پیج و همکاران، ۱۹۹۲)، فسفر قابل جذب به روش اولسن (اولسن و سامر، ۱۹۸۲)، پتاسیم تبادلی به روش عصاره گیری با استات آمونیوم (توماس، ۱۹۸۲)، آهن و روی قابل جذب با محلول DTPA (لیندسای و نورول، ۱۹۷۸)، CEC به روش باور و مقدار ماده‌ی آلی به روش والکی و بلک (والکی و بلک، ۱۹۳۴).

تجزیه و تحلیل‌های آماری و زمین‌آماری:

در ابتدا پارامترهای آماری نظیر پارامترهای میانگین، میانه، پراکندگی، چولگی و کشیدگی محاسبه گردید. شرط استفاده از روش‌های زمین‌آماری و آنالیز واریوگرام، نرمال‌سازی داده‌هاست. لذا تست نرمال بودن داده ها به کمک تست Kolomogorov-Smirnov ( تست K-S) صورت گرفت و داده هایی که از توزیع نرمال برخوردار نبودند با روش تبدیل لگاریتم نرمال شدند.

تجزیه تحلیل ساختاری با استفاده از نیم تغیرنما (سمی واریوگرام) صورت می‌گیرد. نیم تغیرنما تغیرات فاصله ای یا ساختاری پذیر یک متغیر خاک را نشان داده و ابزارهای اساسی مدل ما جهت بررسی تغیرات مکانی خصوصیات خاک می باشد. اگر فرض کنیم که جمعا تعداد نمونه N(h) که به فاصله بردار h از یکدیگر واقع شده‌اند ست باشد براساس این اطلاعات نیم تغیرنما به صورت زیر خواهد بود.

$$\gamma(h)=\frac{1}{2N(h)}\sum_{i}^{N(h)}\left[Z(xi+h)-Z(xi)\right]^2 \qquad (۱)$$

برای محاسبه سمی واریوگرام‌ها از GS+ استفاده شد و تمام مدل‌های خطی، نمایی، کروی و گوسی که نرم افزار امکان توسعه آنها را فراهم می‌کند اعمال شدند و با توجه به بیشترین $r^2$ و کمترین RSS بهترین مدل انتخاب گردید. پس از تعیین بهترین مدل، درون یابی به روش کریجینگ و IDW با توان ۱ و ۲ و ۳ انجام شد و روش‌های درون‌یابی پس از حذف ۲۰% از داده ها با استفاده ازمجذورمربعات میانگین خطا (RMSE) مورد ارزیابی قرار گرفتند. در آخر نقشه‌های پراکنش با استفاده از بهترین مدل انتخابی ترسیم گردید.

(۲)

$$\mathrm{RMSE}=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(y_i-y_i'\right)^2}$$

## نتایج و بحث

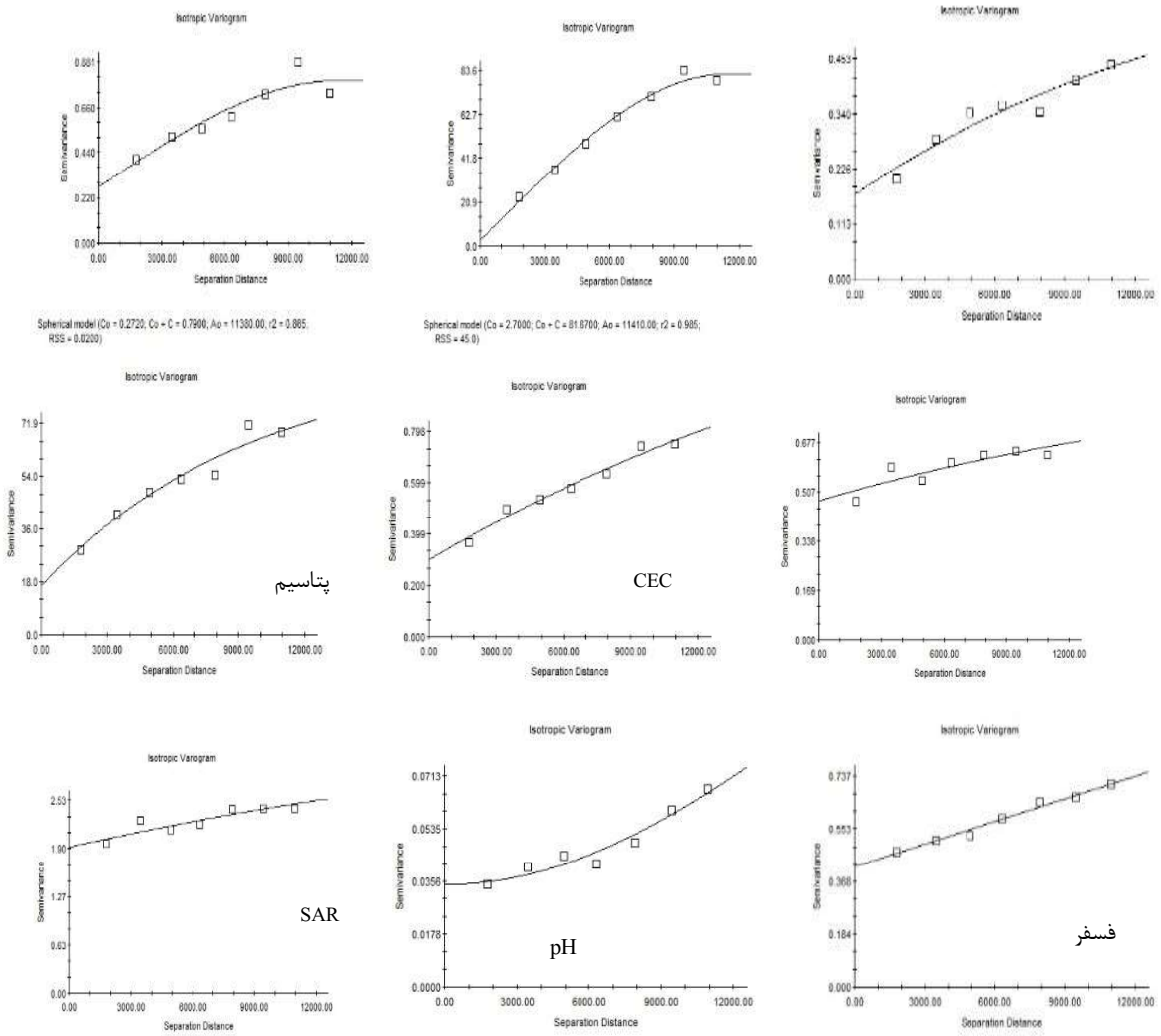
خلاصه آماری پارامترهای آماری محاسبه شده در جدول ۱ نشان می دهد که pHدارای کمترین ضریب تغییرات می‌باشد که بیانگر عدم تغییرات گسترده ی این ویژگی در منطقه است. نسبت سدیم قابل جذب دارای بیشترین ضریب تغییرات و بیشترین کشیدگی می‌باشد و نشان داد که پراکندگی این عنصر از نظر غلظت در منطقه مورد مطالعه زیاد می‌باشد، که این را مقدار دامنه تأیید می‌کند. مقادیر چولگی نشان می‌دهد که داده‌های pH ، کربن آلی، کربنات کلسیم و CEC نرمال بودند و داده های بقیه ی پارامترها نرمال نبوده که پس از تبدیل لگاریتم نرمال شدند.

**جدول ۱.توصیف آماری پارامترهای اندازه‌گیری شده**

| پارامتر | واحد | میانگین | میانه | مینیمم | ماکسیمم | دامنه | ضریب تغییرات | چولگی | کشیدگی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pH | log[H+] | ۷/۶۶ | ۷/۶۴ | ۷/۰۹ | ۸/۳۵ | ۱/۲۶ | ۰/۰۳ | ۰/۴۳ | ۱/۰۶ |
| K | mg/kg soil | ۲۰۴/۸۴ | ۲۰۶/۶۷ | ۲۷/۰۳ | ۵۳۹/۴۰ | ۵۱۲/۳۷ | ۰/۶۰ | ۰/۶۰ | ۰/۰۶ |
| P | mg/kg soil | ۱۷/۷۶ | ۱۳/۹۳ | ۴/۲۲ | ۴۵/۰۷ | ۴۰/۸۵ | ۰/۷۴ | ۰/۸۷ | ۰/۶۱- |
| OC | % | ۱/۴۳ | ۱/۴۶ | ۰/۰۲ | ۲/۷۹ | ۲/۷۷ | ۰/۴۱ | ۰/۳۹- | ۰/۱۹ |
| CaCo۳ | % | ۱۶/۲۳ | ۱۷/۹۵ | ۳/۴۰ | ۳۷/۳۵ | ۳۳/۹۵ | ۰/۴۷ | ۰/۲۹ | ۰/۰۳- |
| CEC | meq/۱۰۰gsoil | ۲۴/۷۹ | ۲۵/۷۶ | ۴/۲۰ | ۳۶/۰۴ | ۳۱/۸۴ | ۰/۲۹ | ۱/۰۷- | ۰/۹۴ |
| Fe | mg/kg soil | ۱۱.۹۴ | ۷.۳۲ | ۱.۳۳ | ۴۸.۷۱ | ۴۷.۳۸ | ۰.۹۱ | ۱.۸۷ | ۳.۱۳ |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cu | mg/kg soil | ۱/۶۶ | | ۰/۱۴ | ۴/۹۰ | ۴/۷۶ | ۰/۶۷ | | ۱/۱۰ |
| SAR | - | ۶/۸۲ | ۲/۵۲ | ۰/۲۴ | ۵۸/۳۸ | ۵۸/۱۴ | ۱/۶۸ | ۳/۰۹ | ۹/۹۹ |

سمی واریوگرام‌های رسم شده برای پارامترهای اندازه گیری شده در شکل ۱ نشان میدهد که تمامی واریوگرام ها به سقف معینی می‌رسند، بنابراین از روش‌های زمین‌آماری می‌توان برای درون‌یابی آن‌ها استفاده کرد.

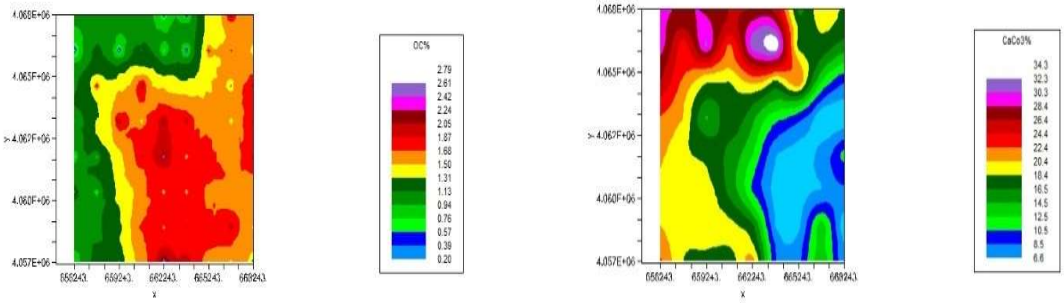



**شکل ۱- واریوگرام‌های رسم شده برای پارامترهای اندازه گیری شده**

با توجه به مجذورمربعات میانگین خطا (RMSE) بهترین روش‌های انتخابی درون‌یابی برای کربن الی، آهن و فسفر IDW با توان ۱؛ برای پتاسیم IDW با توان ۲ ، برای SAR و pH IDW با توان ۳ و برای کربنات کلسیم، مس و CEC کریجینگ معمولی انتخاب گردید. نتایج بدست مده ا این تحق ق با نتایج نو بخش(۱۳۸۲) و سکوتی اسکوئی و همکاران (۱۳۸۶) انتخا توص ه کریجینگ مطابقت ا . بعد از انتخاب بهترین روش درون‌یابی نقشه نهایی پراکنش پارامترهای مورد ارزیابی درسطح منطقه ترسیم گردید.

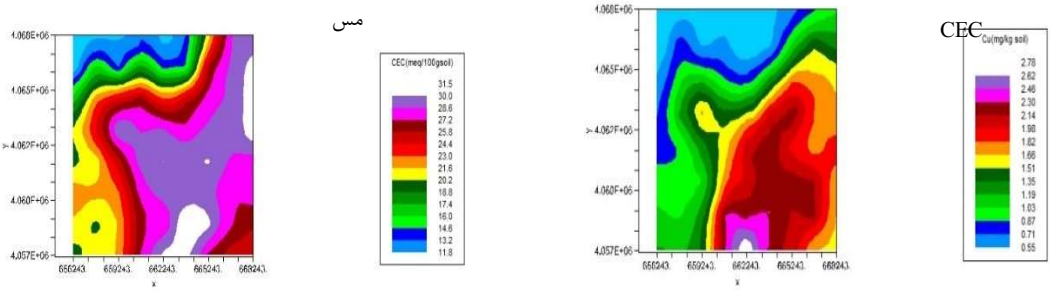
کلسیم کربنات

کربن آلی



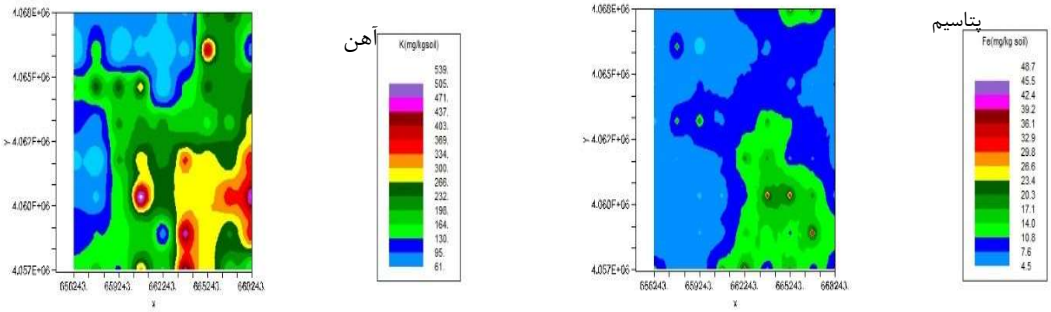
مس

CEC



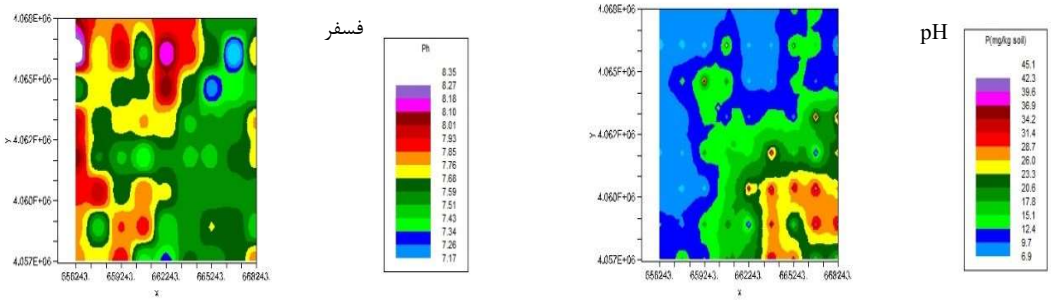
آهن

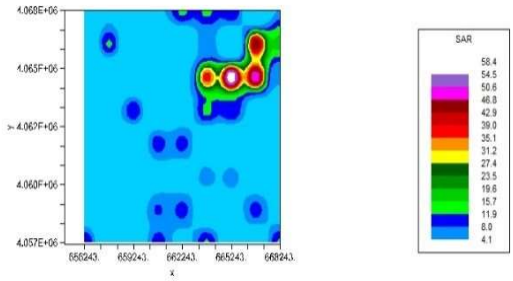
پتاسیم



فسفر

pH






**شکل ۲ - نقشه نهایی پراکنش پارامترهای مورد ارزیابی منطقه مورد مطالعه**

## منابع


نورزاده حداد، م.، م، ح، مهدیان. م، ج، ملکوتی. ۱۳۹۲. مقایسه کارایی برخی روش‌های زمین‌آماری به منظور بررسی پراکنش مکانی عناصر ریزمغذی در اراضی کشاورزی، مطالعه موردی: استان همدان. دانش آب و خاک. شماره ۲۳. جلد ۱. صفحه ۷۱-۸۱

تقی‌پور، م.، ش، ایوبی. ح، خادمی. ۱۳۸۹. تجزیه و تحلیل تغییرات مکانی غلظت کل نیکل و مس در خاک‌های سطحی اطراف همدان به روش زمین‌آمار. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. شماره ۱۷. جلد ۲. صفحه ۶۹-۷۸

کاظمی پشت‌مساری، ح.، ز، طهماسبی سروستانی. ب، کامکار. ش، شتایی. س، صادقی. ۱۳۹۱. ارزیابی روش‌های زمین‌آمار جهت تخمین و پهنه‌بندی عناصر غذایی پرمصرف اولیه در برخی اراضی کشاورزی استان گلستان. دانش آب و خاک. شماره ۲۲. جلد ۱۹. صفحه ۲۰۱-۲۱۸

نو بخش، .، . بقایی. ۱۳۸۲. مطالعه تغ را مکانی پراکنش شو خا در مقاس مز عه. مجموعه مقالا هشتم ن کنگره علو خا ایرا . جلد دوم. صفحه ۱۲۸-۳۲۸.

سکوتی اسکوئی، ر.، م، ح، مهدیان. ش، محمودی. ا، قهرمانی. ۱۳۸۶. مقایسه کارایی برخی روش‌های زمین‌آماری برای پیش‌بینی پراکنش مکانی شوری خاک، مطالعه موردی دشت ارومیه. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. شماره ۷۴. صفحه ۹۰-۹۸

Olsen, S. R., and L.E., Sommers. ۱۹۸۲. Phosphorus. PP. ۴۰۳-۴۳۰. In: A. L. Page (Ed.), Methods of soil analysis, Agron. No. ۹, Part۲: Chemical and Microbiological Properties, ۲nd ed., Am. Soc. Agron., Madison, WI, USA.

Page, A.L., R. H. Miller and M. Keeney. ۱۹۹۲. Methods of Soil Analysis. Part ۲, Chemical and mineralogical properties. ۲nd ed., SSSA Pub., Madison, WI.

Thomas, G.W. ۱۹۸۲. Exchangeable cations. PP: ۱۵۹-۱۶۵. Methods of Soil Analysis. Part II, SSSA . Adv. Agron. ۳۸:۴۵-۹۱

Cox, M. S., P. D. Gerard, M. C. Wardlaw and M. J. Abshire. ۲۰۰۳. Variability of selected soil properties and their relationships with soybean yield. Soil Sci. Soc. Amer. J. ۶۷:۱۲۹۶-۱۳۰۲.

Cahn, M. D., J.W. Hummel and B. H. Brouer. ۱۹۹۴. Spatial analysis of soil fertility for site-specific crop management. Soil Sci. Soc. Amer. J. ۵۸:۱۲۴۰-۱۲۴۸.



**Abstract**

The spatial and temporal distributions of ecosystem characteristics are required for sustainable management and optimum exploitation of the resources. Therefore, knowing the spatial distribution of soil characteristics is very important. In the present study, geostatistics method were used for prediction of spatial distribution of pH, K, P, Cu, Fe, OC, $CaCO_3$, SAR and CEC in topsoil of Bahnemir region. ۶۹ soil samples from study area were collection. Data normalization carry out by Kolomogorov-Smirnov test, and the unnormal data by logarithm was convert to normal data. For interpolation Kriging and IDW ۱, ۲ and ۳ were used and for assessment of this methods the lower RMSE value was used. The results showed that Kriging method is the best method for prediction of $CaCO_3$, Cu and CEC in this area.