ارزیابی روش‌های زمین آمار در تهیه نقشه پراکنش مکانی نیتروژن و کربن آلی خاک(مطالعه موردی: منطقه لنجانات اصفهان)

مهرداد رضایی فرد [۱]، حسین شریعتمداری [۲]، نورایر تومانیان [۳]، جواد عسگری [۴]، علی اکبر زارع [۵]
۱-دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم خاک دانشگاه صنعتی اصفهان، ۲-استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، ۳-استادیار مرکز تحقیقات و منابع طبیعی استان اصفهان، ۴-دانشیار دانشکده برق و کامپیوتر دانشگاه صنعتی اصفهان، [۵]دانشجوی دکتری علوم خاک دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده
به منظور استفاده بهینه از منابع خاک، شناخت تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک از اهمیت بسیاری برخوردار است. از جمله شناخت و مدیریت صحیح حاصلخیزی خاك مستلزم بررسی تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های شیمیایی خاک جهت اطلاع از وضعیت پراکنش آنها می‌باشد. این مطالعه در سطح ۵۰ هزار هکتار از اراضی منطقه لنجانات استان اصفهان به منظور تعیین پراکنش مکانی نیتروژن و کربن آلی خاک انجام شد. توزیع مکانی عناصر با روش‌های میانیابی کریجینگ معمولی و وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) بررسی شد. نتایج حاصله بیانگر وجود ساختار مکانی قوی در مورد متغیرها و دقت بالای مقادیر تخمین زده شده به کمک هر دو روش میانیابی بود.

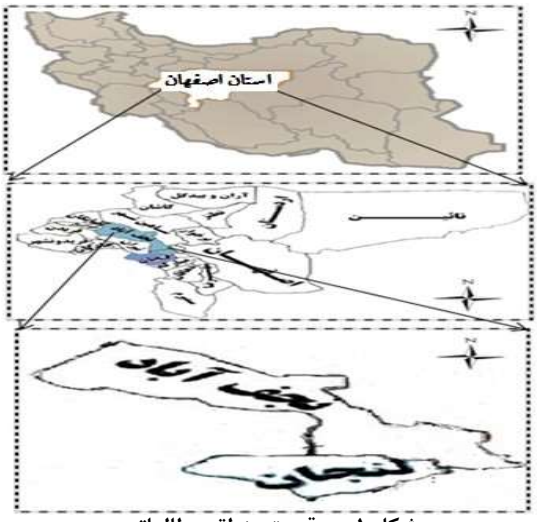
واژگان کلیدی: زمین آمار، لنجانات، میانیابی، کربن آلی، نیتروژن

مقدمه
خاک به صورت تدریجی در فضای جغرافیایی و در طی زمان تغییر کرده و الگوهای پیچیده مرتبط با فاکتورهای متعدد و وابسته به محیط را پیدا می‌کند. مفهوم تغییرپذیری مکانی خاک‌ها این است که مقادیر برخی ویژگی‌های خاک در نقاط مجاور در مقایسه با نقاط واقع در فاصله زیاد، شباهت بیشتری دارد(Yates and Warrick, ۱۹۸۷). امروزه آگاهی از وضعیت خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و نحوه‌ی توزیع آن، به دلیل ماهیت تغییرپذیری مکانی زیاد آنها حتی در فواصل خیلی کم در چگونگی مصرف نهاده‌ها و دستیابی به مدیریت جامع کشاورزی بر مبنای سیستم‌های اطلاعات مدیریتی از اهمیت بسیاری برخوردار است. تغییرپذیری خاک در فواصل کوتاه موجب می‌گردد که نقاط مختلف آن از نیازهای تغذیه‌ای متفاوت برخوردار باشد .یکی از کاستی‌های روش‌های سنتی مدیریت مزرعه، عدم توجه به این مهم می‌باشد که خود باعث می‌شود نهاده‌های مصرفی مزارع عمدتاً به صورت نامتعادل و بیش از نیاز مزرعه مورد استفاده قرارگیرند. بنابراین، توجه به مدیریت خاص بر پایه تغییرات مکانی خاک ضروری به نظر می‌رسد. برای رسیدن به این مدیریت خاص مکانی بایستی ابتدا پهنه‌های تغییرپذیر خاک را تفکیک کرد و سپس در هر پهنه به مدیریت تغذیه‌ای خاک اقدام نمود(ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴). بدین منظور، به کارگیری ابزارهای تجزیه و تحلیل و پردازش ریاضی و آماری، که توانایی به کارگیری همزمان اطلاعات کمی و عددی متغیرهای مورد نظر و اطلاعات مربوط به موقعیت نسبی جغرافیایی داده‌ها را دارند، ضروری است. مجموعه روش‌های آماری مربوط را آمار مکانی می‌نامند. به طور خلاصه آمار مکانی به عنوان شاخه‌ای از علم آمار قادر به توصیف و مدلسازی ساختار مکانی متغیر مورد نظر توسط تغییرنما، میانیابی و تخمین الگوی پراکنش مکانی متغیرها و تهیه نقشه‌های هم میزان از متغیرها است (محمدی، ۱۳۷۷). گرمینگر و نیلسون (۱۹۸۵) تغییرات مکانی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، مواد آلی، جرم مخصوص ظاهری، pH و درصد اجزای خاک را بررسی نمودند. نتایج آنان نشان داد، به دلیل تأثیر مجموعه عواملی چون فرسایش، درجه حرارت، رویش گیاهان و بازگشت مواد آلی، سطح خاک دارای تغییرپذیری شدیدتری نسبت به اعماق است. لیکن در مکان‌هایی که آبشویی رس صورت گرفته باشد تغییرات در اعماق شدیدتر است. گاتوی و هرگرت (۱۹۹۶) ارزیابی دقت روش‌های کریجینگ و وزن‌دهی عکس فاصله(IDW)[۲۶۱] به منظور تهیه نقشه خاک و مواد آلی برای استفاده متغیر کودها را بررسی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که انتخاب روش درونیابی مناسب برای تعیین قابلیت تغییرات مکانی متغیر خاک، بر دقت نقشه‌های حاصله می‌افزاید. تخمین روش کریجینگ به مقادیر بالای ضریب تغییرات حساس نمی‌باشد و روش مناسبی است. میرزاوند و شاکری (۱۳۸۶) در تحقیقی با هدف بهبود مدیریت تغذیه وکاهش آلودگی محیط زیست با استفاده از توصیه کاربردی کود به کشاورزان به ارزیابی وضعیت عناصر غذایی پرمصرف (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و عناصر کم مصرف (آهن، روی، منگنز و مس) و وضعیت ماده آلی خاك پرداختند. آنها بیان کردند تهیه نقشه حاصلخیزی خاک برای رسیدن به کشاورزی دقیق در کشور ضروری است.

مواد و روش‌ها
موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

[۲۶۱]- Inverse Distance Weighting

منطقه مورد مطالعه در بین طول‌های جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۲ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۱۶۹۲ متری از سطح دریا واقع گردیده است. در مجموع مساحت سه منطقه مطالعاتی (زرین‌شهر، طالخونچه و نجف‌آباد) مورد نظر بیش از ۵۰ هزار هکتار می‌باشد. نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی

نمونه‌برداری خاک و تجزیه‌های آزمایشگاهی

نمونه‌برداری توسط بخش تحقیقات خاک و آب استان اصفهان بصورت شبکه‌بندی منظم ۵۰۰ متری از عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری صورت گرفته و در محل نمونه‌برداری نسبت به تهیه یک نمونه خاک مرکب سطحی (در ۱۱۸۰ نقطه) که حداقل از ۹ نمونه مرکب ساده تشکیل می‌شود اقدام شد و در نمونه‌های تهیه شده درصد نیتروژن کل به روش کجدال و درصد کربن آلی به روش والکی و بلاک توسط این بخش اندازه‌گیری شد.

آنالیز اطلاعات

الف) توصیف آماری متغیرها

مهم‌ترین آماره‌های توصیفی با استفاده از نرم‌افزار SPSS۱۷ محاسبه گردیدند.

ب) آنالیز همبستگی مکانی

مدل ساختار مکانی متغیرهای نرمال توسط برنامه Variowin ۲.۲ جهت محاسبه و ترسیم تغییرنما صورت گرفت. پس از محاسبه و ترسیم تغییرنما در جهات مختلف وضعیت همسانگردی و ناهمسانگردی خصوصیات مورد مطالعه بررسی گردید. در این مطالعه دامنه همبستگی در سه زاویه صفر، ۴۵ و ۹۰ درجه و با درجه تحمل ۵/۲۲ درجه مورد مطالعه قرار گرفت(حسنی‌پاک و شرف‌الدین، ۱۳۸۰). پس از تعیین بهترین مدل تغییرنما از روش‌های میانیابی کریجینگ معمولی و وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) پراکنش مکانی عناصر تخمین زده شد.

ج)کنترل اعتبار تغییرنما

کنترل اعتبار تغییرنما، در واقع تخمین هر نقطه نمونه‌برداری شده با استفاده از مقادیر نمونه‌های همسایه (بدون در نظر گرفتن مقدار آن نمونه)، با روش کریجینگ می‌باشد. در این مطالعه از معیارهای آماری زیر برای کنترل تغییرنما استفاده شد(جانگ و لی، ۱۹۹۸).

$$MEE^{۲۶۲۱} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}[Z^*(x_i) - z(x_i)] \qquad (۱)$$

۲۶۲۱- Mean Square Estimation Error

$$\text{MSEE} \quad \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}[Z^*(x_i)-z(x_i)]^2 \quad \text{A min}=^{۲۶۳} \quad (۲)$$

$$\text{RMSE} \quad \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(Z-Z^*)^2} \quad \text{A min}=^{۲۶۴} \quad (۳)$$

نتایج و بحث

الف) توصیف آماری متغیرها

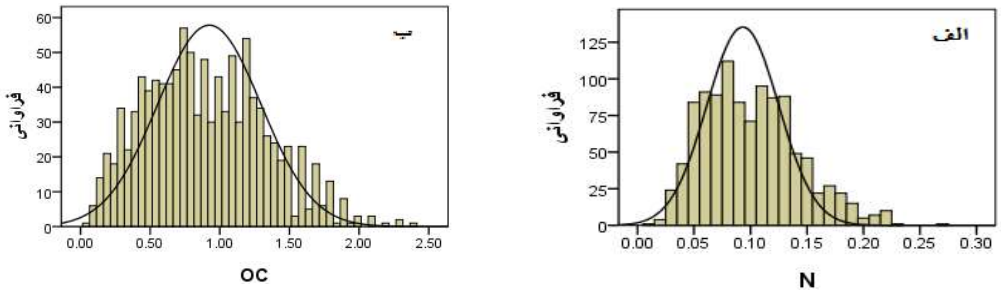
خلاصه‌ای از وضعیت متغیرهای منطقه مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. متغیرها دارای توزیع با چولگی مثبت مي‌باشند. در متغیرهای مورد بررسی مقدار کشیدگی کمتر از ۴ بود، بنابراین مي‌توان توزیع نرمال را برای آنها در نظر گرفت.

جدول ۱- وضعیت متغیرهای مورد مطالعه منطقه

متغیر(درصد)	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	واریانس	ضریب تغییرات(%)	کشیدگی	چولگی
نیتروژن	۰۱/۰	۲۷/۰	۱/۰	۰۴۲/۰	۰۰۲/۰	۴/۴۴	۰۱۴/۰-	۵۵/۰
کربن آلی	۰۴/۰	۴/۲	۹/۰	۴۳/۰	۱۹/۰	۴/۴۸	۳۳/۰-	۳۵/۰

ب) وضعیت توزیع متغیرها

ویژگي‌های توزیع فراوانی داده‌ها و منحنی احتمال نرمال در مورد متغیرهای مورد مطالعه در شکل ۲ ارائه شده است. متغیرها از توزیع نرمال برخوردار مي‌باشند. لازم به ذکر است منحني‌های موجود پس از خروج داده‌های پرت ترسیم شده‌اند.



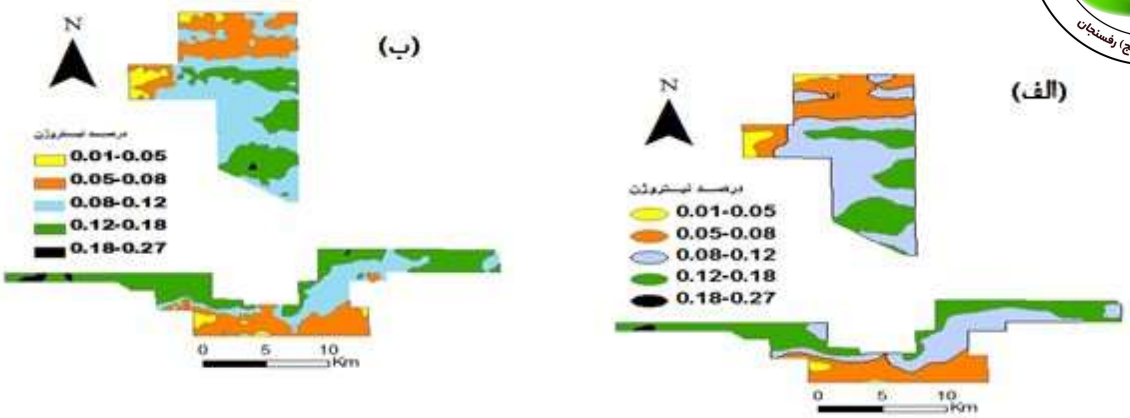
شکل ۲- توزیع فراوانی‌نما و منحنی نرمال الف) درصد نیتروژن ب) درصد کربن آلی خاک در منطقه مطالعاتی

ج) نقشه پراکنش مکانی متغیرها

نیتروژن خاک

شکل ۳ نقشه کریجینگ معمولی و وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) نیتروژن خاک را نشان مي‌دهد. کریجینگ معمولی نیتروژن خاک با استفاده از الگوی تغییرنمای همه‌جهته و در نظر گرفتن ناهمسانگردی فرآیند میانیابی آن انجام گرفت. قسمت عمده منطقه دارای نیتروژن بین ۰۸/۰ تا ۱۸/۰ درصد مي‌باشد. نتایج نهایی این تحقیق نشان دهنده این بود که میانیابي‌های صورت گرفته با دو روش کریجینگ معمولی و وزن‌دهی عکس فاصله تفاوت محسوسی نداشتند.

۲۶۳- Mean Estimation Error
۲۶۴- Root Mean Squared Error



شکل ۳- نقشه پراکنش مکانی درصد نیتروژن الف) کریجینگ معمولی ب) وزن‌دهی عکس فاصله در منطقه مورد مطالعه

مقایسه داده‌های واقعی و حاصل از تخمین نیتروژن خاک در منطقه مورد مطالعه :

جهت مقایسه روش‌های تخمین کریجینگ معمولی و وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) همانند کنترل تغییرنما علاوه بر معیارهای آماری RMSE، MSEE، MEE از ضریب همبستگی پیرسون نیز استفاده گردید. جهت محاسبه این معیارهای آماری از ۱۵۰ داده معیار در منطقه مطالعاتی برای متغیر نیتروژن استفاده گردید. نتایج حاصل از این مقایسه در جدول ۲ ارائه شده است. مقدار میانگین خطای تخمین نزدیک به صفر و مقدار RMSE حداقل مقدار است. ضریب پیرسون محاسبه شده بین مقدار واقعی داده‌ها و مقدار تخمینی در هر دو روش کریجینگ معمولی و وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) برابر ۸/۰ و در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد، که نشان دهنده بالا بودن دقت تخمین است. این همبستگی با توجه به تعداد زیاد داده‌ها قابل توجه است و بیانگر آن است که در مورد نیتروژن مقادیر تخمین زده شده به مقادیر واقعی نزدیکتر بودند.

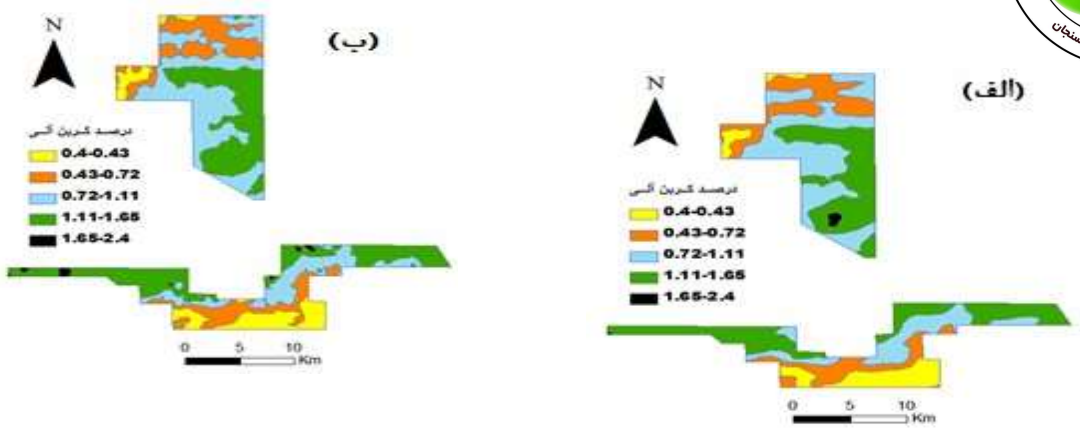
جدول۲- مقایسه کریجینگ معمولی و وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) با داده‌های واقعی نیتروژن خاک

معیار	داده‌های واقعی	کریجینگ معمولی	وزن‌دهی عکس فاصله (IDW)
تعداد	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰
میانگین	۰۹۸/۰	۱/۰	۱/۰
انحراف استاندارد	۰۴/۰	۰۳/۰	۰۳/۰
حداقل	۰۲/۰	۳۸/۰	۰۴/۰
چارک اول	۰۶/۰	۰۷/۰	۰۷/۰
میانه	۰۹/۰	۱/۰	۱/۰
چارک سوم	۱۳/۰	۱۲/۰	۱۲/۰
حداکثر	۲۲/۰	۱۹/۰	۱۸/۰
MEE	-	۰۰۳۲/۰	۰۰۳۴/۰
MSEE	-	۰۰۰۶۵/۰	۰۰۰۶۴/۰
RMSE	-	۰۲۵۴/۰	۰۲۵۳/۰
ضریب پیرسون	-	۸/۰**	۸/۰**

** در سطح ۱% معنی‌دار است.

کربن آلی خاک

شکل ۴ نقشه پراکنش مکانی درصد کربن آلی خاک از روش‌های میانیابی کریجینگ معمولی و وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) را نشان می‌دهند. قسمت عمده منطقه دارای درصد کربن آلی بین ۷۲/۰ تا ۶۵/۱ می‌باشد. طی تحقیقی که خادمی و همکاران (۱۳۸۴) روی ۱۴۳۴ نمونه خاك از ۱۵ استان کشور در اراضی تحت کشت گندم انجام دادند، گزارش شد که میزان کربن آلی در ۷/۱۱ درصد از نمونه‌ها کمتر از ۵/۰ درصد، ۴/۴۷ درصد بین ۵/۰ تا ۱ درصد، ۴/۳۱ درصد بین ۱ تا ۵/۱ درصد، ۴/۸ درصد بین ۵/۱ تا ۲ درصد و ۱/۱ درصد بیش از ۲ درصد بود.



شکل ۴- نقشه پراکنش مکانی درصد کربن آلی الف) کریجینگ معمولی ب) وزن‌دهی عکس فاصله در منطقه مورد مطالعه

مقایسه داده‌های واقعی و حاصل از تخمین درصد کربن آلی خاک در منطقه مورد مطالعه :
در این روش مراحل کار همانند نینروژن بود و نتایج حاکی از مشابه بودن دو روش تخمین مکانی درصد کربن آلی خاک می‌باشد. نتایج حاصل از این مقایسه در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- مقایسه کریجینگ معمولی و وزن‌دهی عکس فاصله (IDW) با داده‌های واقعی کربن آلی خاک

معیار	داده‌های واقعی	کریجینگ معمولی	وزن‌دهی عکس فاصله (IDW)
تعداد	۱۵۰	۱۵۰	۱۵۰
میانگین	۸۹/۰	۸۸/۰	۸۸/۰
انحراف استاندارد	۴۳/۰	۳۴/۰	۳۳/۰
حداقل	۱۲/۰	۲۲/۰	۲۱/۰
چارک اول	۵۷/۰	۶۶/۰	۶۶/۰
میانه	۸۳/۰	۸۴/۰	۸۵/۰
چارک سوم	۱۸/۱	۱۶/۱	۱۷/۱
حداکثر	۱/۲	۶/۱	۶/۱
MEE	-	۰۰۷/۰	۰۰۹/۰
MSEE	-	۰۹/۰	۰۹۶/۰
RMSE	-	۳/۰	۳۱/۰
ضریب پیرسون	-	۷۳/۰**	۷۱/۰**

** در سطح ۱% معني‌دار است.

منابع

حسني‌پاک، ع. ا. و م. شرف‌الدین، ۱۳۸۰. تحلیل داده‌های اکتشافی، انتشارات دانشگاه تهران.

خادمی، ز.، م. ح. مسیح آبادی، ح. رضایی، ۱۳۸۴. شناسایی و انتخاب هدفمند مکان‌های مطالعاتی در خاک‌های تحت کشت گندم، گزارش نهایی موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج.

محمدی، ج.، ۱۳۷۷. مطالعه تغییرات مکانی شوری خاک در منطقه رامهرمز(خوزستان) با استفاده از نظریه ژئواستاتیستیک، کوکریجینگ، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱:۱-۹.

ملکوتی، م. ج.، م. مشیری و ن. غیبی، ۱۳۸۴. حد مطلوب غلظت عناصر غذایی در خاک و برخی از محصولات زراعی و باغی شورای عالی سیاست‌گذاری توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم کشاورزی، انتشارات موسسه تحقیقات خاك و آب، تهران.

میرزاوند، ج. و س. شاکری.، ۱۳۸۶. تهیه نقشه پراکنش عناصر غذایی در دشت فیروزآباد فارس، دهمین همایش علوم خاک ایران، کرج.

Gotway, C. A. and G. W. Hergert. ۱۹۹۶. Comparison of kriging and inverse distance methods for mapping soil parameters. Soil Sci. Soc. Am. J. ۶۰: ۱۲۳۷-۱۲۴۷.

Greminger, P. J. and D. R. Nielsen. ۱۹۸۵. Spatial variability of field-measured soil water characteristic. Soil Sci. Soc. Am. J. ۴۹: ۱۰۷۵-۱۰۸۲.

Juang, K. W. and D. Y. Lee. ۱۹۹۸. A comparison of three kriging methods using auxiliary variables in heavy metal contaminated soils. J. Environ. Qual. ۲۷: ۱۹۷-۲۰۵.

Yates, S. R. and A. W. Warrick. ۱۹۸۷. Estimating soil water content using co-kriging. Soil Sci. Soc. Am. J. ۵۱: ۲۳-۳۰.

Abstract

In order to optimize the use of soil resources, understanding the spatial variability of soil properties is necessary. The study of spatial variability of soil properties provides information on the spatial distribution of soil properties and management of soil fertility. In this work the spatial variability of some soil chemical properties was studied to map the soil fertility in ۵۰,۰۰۰ hectares of Lenjanat region, Isfahan province.The spatial distribution of the measured properties, first with the Kriging interpolation and inverse distance weighting (IDW) methods were analyzed. The results show a strong spatial structure of variables and the high accuracy of interpolation was predicted by both methods.