**پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران**

۶ تا ۸ شهریور ۱۳۹۶ محور مقاله: پیدایش و رده بندی خاک

# بررسی تغییرات عمودی ماده آلی با استفاده از زمین آمار در منطقه نمین

رعنا قربانی[1]، آیدا عباسی کلو[2]، محمود شهابی[3]

[۱]- دانشجوی کارشناسی ارشد در پیدایش، رده بندی و ارزیابی خاک دانشگاه محقق اردبیلی

[۲]- استادیار، پیدایش، رده بندی و ارزیابی خاک دانشگاه محقق اردبیلی[۳]- استادیار در پیدایش، رده بندی و ارزیابی خاک

Email: Ranaghorbani94@gmail.com

**چکیده**

ماده آلی به عنوان شاخصی از کیفیت خاک به حساب می‌آید. در این پژوهش به منظور پیش‌بینی توزیع مکانی ماده آلی، از داده های ماده آلی در سه عمق از ۴۰ پروفیل خاک در منطقه نمین استفاده شد. بعد از نمونه برداری از افق های خاک، کربن آلی آنها به روش والکلی- بلک اندازه گیری و پس از تست نرمال بودن آنها با آزمون کولموگروف اسمیرونوف، واریوگرام تغییرات عمودی آن با استفاده از نرم افزار $GS^+$ و نقشه نهایی در محیط GIS ترسیم گردید. نتایج این تحقیق تغییرات عمودی ماده آلی در منطقه را نشان می دهد و مناسب‌ترین مدل تجربی برازش یافته در آنالیز واریوگرافی ماده آلی، در لایه اول گوسی و در دو لایه بعدی نمایی بدست آمد. نتایج این تحقیق می تواند در بهبود برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای جهت مدیریت حاصلخیزی خاک این مناطق بکار گرفته شود.

واژه های کلیدی: تغییرات مکانی، کریجینگ، زمین آمار، ماده آلی

**مقدمه**

مدیریت صحیح کشاورزی و حفظ مواد آلی خاک، از جمله عوامل مهم در کشاورزی پایدار می‌باشد. مقدار ماده آلی خاک خصوصیات شیمیایی، فیزیکی، بیولوژیکی و فرآیندهای خاک را شدیداً تحت تأثیر قرار می‌دهد (Spaccini et al, 2004) و به دلیل نقش آن در پایداری ساختمان خاک، نفوذ آب و نفوذپذیری، ظرفیت نگهداری آب خاک، فعالیت میکروبی و ذخیره و آزادسازی عناصر غذایی به عنوان شاخصی از کیفیت خاک به حساب می‌آید (Mirsky et al, 2008). کرولیک و همکاران (۲۰۰۶) و جیاچون و همکاران (۲۰۰۷) طی پژوهشی که بر روی میزان ماده آلی در خاک‌های شمال شرق چین داشته‌اند به این نتیجه رسیدند که روش کریجینگ معمولی می‌تواند توزیع مکانی ماده آلی خاک را به دقت برآورد نماید. میرسماس و همکاران (۲۰۱۱) دریافتند که کربن آلی خاک به شدت با بارش و دما در زمین‌های کشاورزی بلژیک همبستگی دارد. مارچتی و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیق خود تغییرات مکانی مواد آلی خاک را به وسیله روش‌های زمین‌آماری به عنوان شاخصی جهت بیان کاهش پایداری خاک تحت شرایط اقلیم مدیترانه‌ای واقع در مرکز ایتالیا مطالعه نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد درصد مواد آلی خاک در بیشتر منطقه مورد مطالعه (۸۷٪) حداقل وابستگی را با بافت خاک دارد اما همبستگی مطلوبی با نسبت C/N در نیمی از منطقه پهنه بندی شده دارد. خیامیم و خادمی (۱۳۹۴) پهنه‌بندی ماده آلی را در خاک‌های سطحی در سه اقلیم استان اصفهان بررسی کردند. بامری و همکاران (۱۳۹۱) نیز در بررسی تغییرات مکانی کربن آلی خاک در موقعیت مختلف شیب در اراضی شیب دار لسی استان گلستان از روش‌های زمین آمار ی استفاده کرده‌اند. بیتنکارت و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از آنالیز زمین آمار و چند متغیره خواص فیزیکی و شیمیایی را بر خاک دشت قبل و بعد از تسطیح بررسی کردند. معمولا بررسی خصوصیات خاک عمدتاً در سطح خاک صورت می‌پذیرد ولی این تحقیق با هدف مطالعه و بررسی تغییرات در عمق بر روی ماده آلی و پهنه‌بندی تغییرپذیری مکانی ماده آلی خاک با کمک روش زمین آمار در حوزه GIS و در بخشی از شهرستان نمین (واقع در استان اردبیل) صورت گرفته است.

**مواد و روش‌ها**

منطقه مورد مطالعه با مساحت در حدود ۴۷۰ هکتار بین طول جغرافیایی ´´ ۳۲ ´ ۲۸ °۴۸ و ´´ ۳۵ ´ ۳۰ °۴۸ شرقی و عرض جغرافیایی´´ ۴۵ ´ ۲۰ °۳۸ و ´´ ۵۱ ´ ۲۱ °۳۸ شمالی و در شمال غرب ایران در شهر اردبیل واقع شده است که از شرق به جنگل فندقلو از شمال به شهرستان نمین و از جنوب غربی به فرودگاه اردبیل منتهی می گردد. حداقل و حداکثر ارتفاع از سطح دریا به ترتیب ۱۳۱۲ و ۱۳۴۳ متر و رژیم رطوبتی زریک و رژیم حرارتی مزیک تعیین شده است. کاربری منطقه اکثراً گندم و جو به صورت کشت دیم و آبی می‌باشد.

محل ۴۰ پروفیل بر اساس شبکه‌بندی منظم۵۰۰ * ۵۰۰ متر در نرم افزار GIS 10.1 تعیین و مختصات آن‌ها به دستگاه GPS انتقال یافت. نمونه برداری از عمق های مساوی ۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتی متر انجام و برای تجزیه های لازم به آزمایشگاه منتقل گردید. نمونه‌ها بعد از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی متری رد شدند و مقدار ذرات درشت تر از شن، رطوبت اولیه و رطوبت اشباع به روش وزنی، ویژگی‌هایی مانند بافت به روش هیدرومتری، درصد آهک به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک و تیتراسیون با سود و درصد کربن آلی به روش اکسیداسیون و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع به روش هدایت‌سنجی و اسیدیته در گل اشباع اندازه‌گیری شدند. سپس داده‌ها در نرم‌افزار ۲۰۱۰ XLS وارد شدند.

به منظور بررسی چگونگی توزیع داده‌ها و دستیابی به خلاصه ای از اطلاعات آماری، توزیع فراوانی با کمک ویژگی های آن شامل کمینه، بیشینه، ضریب تغییرات، میانگین، انحراف معیار، چولگی و کشیدگی توسط نرم‌افزار SPSS ورژن۲۲ مورد بررسی قرار گرفت. جهت بررسی آزمون نرمال بودن توزیع متغیرها از آزمون کولموگروف اسمیرونوف استفاده شد.

تجزیه و تحلیل زمین‌آماری داده‌های ماده آلی با استفاده از نرم‌افزار $GS^+$ ورژن ۵/۱ انجام و واریوگرام آن محاسبه شد. پس از تجزیه و تحلیل همه واریوگرامها، مناسب ترین مدل واریوگرام ماده آلی انتخاب شد. نسبت همبستگی $(C_0/C_0+C)$ کوچکتر از ۲۵ درصد در کلاس همبستگی قوی، بین ۲۵ تا ۷۵ درصد متوسط و بیش‌تر از ۷۵ درصد ضعیف می‌باشد (Cambardella et al, 1994). اگر فرض شود جمعاً تعداد $N_{(h)}$ زوج نمونه که به فاصله بردار h از یکدیگر واقع شده‌اند در دست باشد، بر اساس این اطلاعات واریوگرام به صورت زیر خواهد بود. سمی واریانس در یک فاصله تفکیک مشخص به وسیله تابع زیر تخمین زده شده است(Burgess & Webster,1980).

$$\gamma_{(h)} = \frac{1}{2N_{(h)}} \sum_{I=1}^{N(h)} [Z_{(x_i)} - Z_{(X_I+h)}]^2 \qquad (۱)$$

که در این معادله، عبارت $\gamma_{(h)}$ را تغییرنما می‌گویند. تغییرنما یک تابع برداری است که در آن فاصله و جهت نقش دارند. بنابراین تغییرنما ابزاری است که تغییرات فاصله‌ای یک متغییر خاص را نشان می‌دهد. تداوم و پیوستگی متغییر مورد مطالعه در آهنگ افزایش $\gamma_{(h)}$ نسبت به مقادیر مختلف h منعکس می‌شود، مقایسه دو کمیت مثلاً دو مقدار $Z_{(xi)}$ و $Z_{(xi+h)}$ در دو نقطه یکی مختصات X و دیگری X+h که به فاصله h از هم قرار دارند.

با توجه به ضریب چولگی بیش از ۰/۵ داده های ماده آلی نشان دهنده توزیع غیرنرمال این ویژگی بوده و نیاز به نرمال سازی دارند (جدول ۱) ، ضریب چولگی بیش از ۰/۵ داده های ماده آلی نشان دهنده توزیع غیرنرمال این ویژگی بوده و نیاز به نرمال سازی دارند، بعد از تبدیل لگاریتمی برای نرمال کردن مقادیر ماده آلی در دو عمق اول و سوم با روش کلموگروف اسمیرنوف مورد آزمون قرار گرفت(Castringnano et al, 2000) و تبدیل آنها به توزیع نرمال اثبات شد. بر طبق طبقه بندی ویلدینگ (۱۹۸۵) ضریب تغییرات کمتر از ۱۵ ٪ کم، بین ۱۵ تا ۳۵ در صد تغییرات متوسط و بیش تر از ۳۵ تغییرپذیری زیاد بیان شده است. همانطور که از ضریب تغییرات داده ها مشخص است ماده آلی در هر سه عمق تغییرات زیادی از خود نشان می دهد (جدول ۱).

به منظور بررسی تغییرات عمودی ماده آلی، تجزیه و تحلیل زمین‌آماری با استفاده از نرم‌افزار $GS^+$ انجام و واریوگرام آن محاسبه شد (شکل ۱). همه واریوگرام‌ها تجزیه و تحلیل و مناسب ترین مدل واریوگرام متغییر جستجو شد که در عمق اول

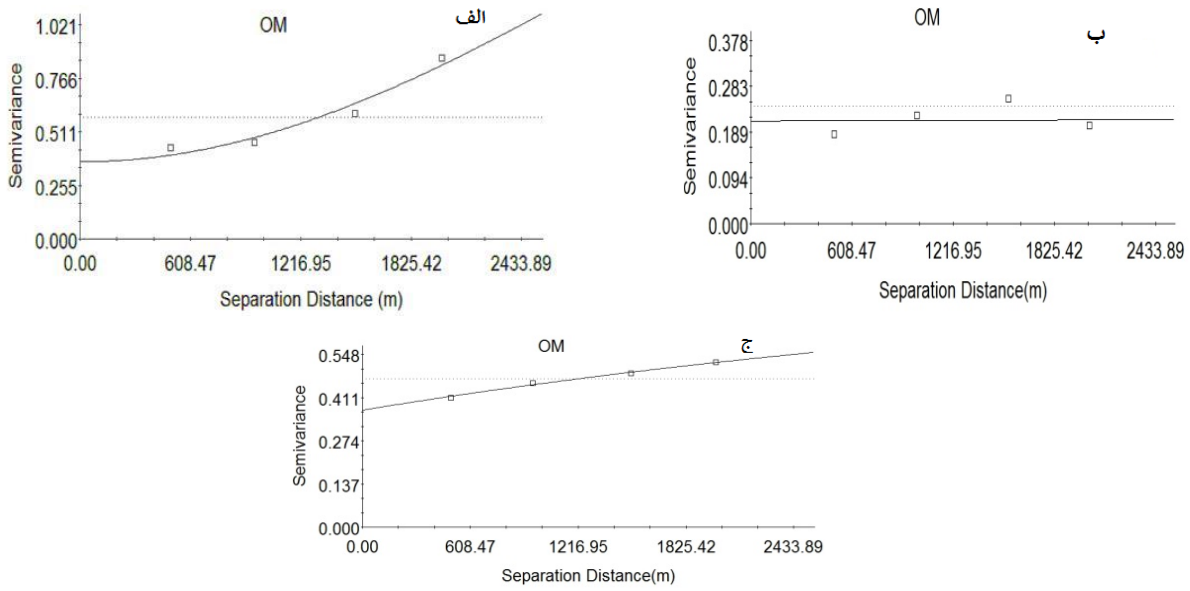
مدل گوسی ودر دو عمق بعدی مدل نمایی بدست آمد (جدول ۲). سپس نقشه نهایی با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS10.1 و به روش کریجینگ ترسیم شد (شکل ۲). تجزیه و تحلیل ساختار تغییرات مکانی با استفاده از تغییرنما صورت می‌گیرد. تغییرنما تغییرات فاصله‌ای یا ساختار تغییرپذیری یک متغییر خاص را نشان داده و از ابزارهای اساسی زمین‌آمار جهت بررسی تغییرات مکانی خصوصیات خاک می‌باشد.

**جدول ۱: توصیف آماری ماده آلی در اعماق**

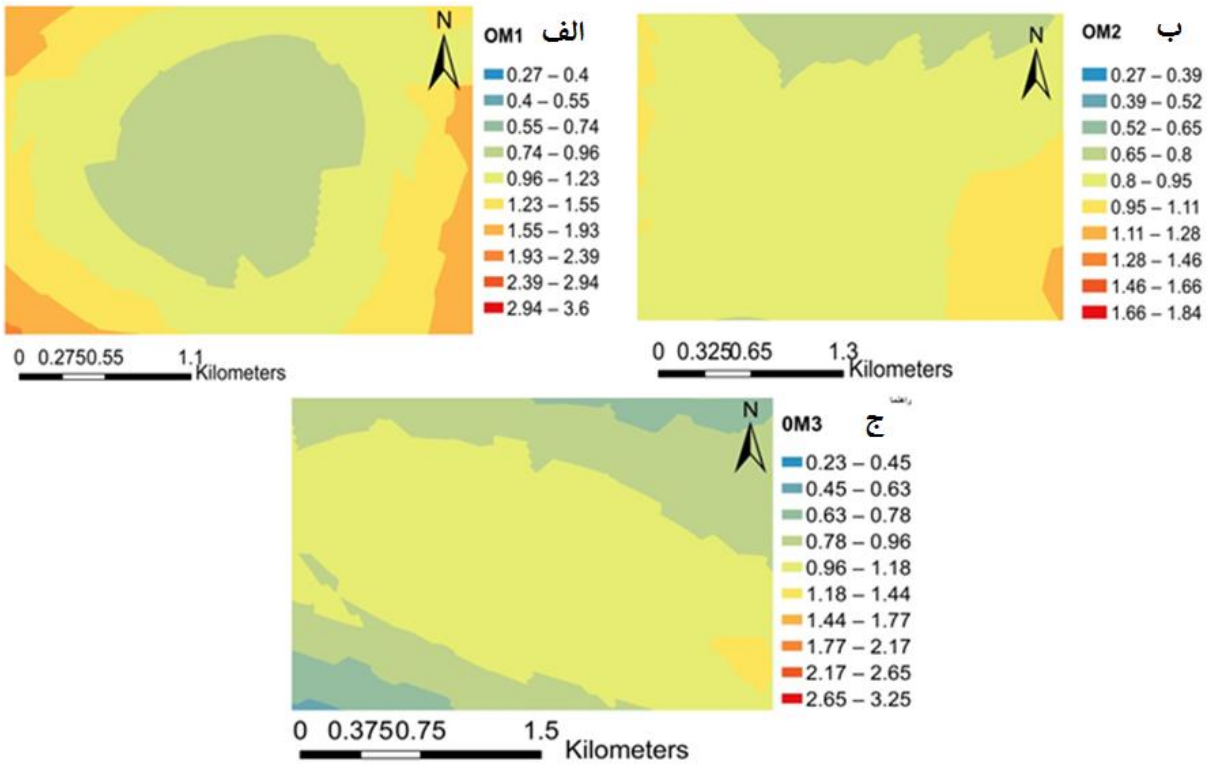
| عمق متغیر (سانتی متر) | کمینه | بیشینه | ضریب تغییرات | میانگین | انحراف معیار | چولگی | کشیدگی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ماده آلی(٪) (۳۰ -۰) | ۰/۲۶۶ | ۳/۵۹۷ | ۵۸/۴۹ | ۱/۳۰۱ | ۰/۷۶۱ | ۱/۴۹۲ | ۳/۳۸۸ |
| ماده آلی(٪) (۶۰ -۳۰) | ۰/۲۶۹ | ۱/۸۴۱ | ۵۰/۶۱ | ۰/۹۷۰ | ۰/۴۹۱ | ۰/۴۴۰ | -۱/۰۵۱ |
| ماده آلی(٪) (۹۰ -۶۰) | ۰/۲۳۵ | ۱/۷۹۵ | ۷۰/۶۱ | ۰/۹۷۰ | ۰/۶۸۵ | ۱/۴۵۱ | ۳/۸۲۱ |

**جدول ۲: بهترین مدل واریوگرام برازش داده شده و پارامترهای آن در۳ عمق**

| (%) | اثرقطعه $C_0$ | آستانه $C_0+C$ | دامنه تأثیر (m) | $C_0/C_0+C$ (%) | مدل | کلاس همبستگی | $R^2$ | RSS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| OM1 | ۰/۳۶ | ۲/۸ | ۴۴۰۰ | ۱۲/۶۵ | گوسین | قوی | ۰/۹۶ | ۴/۸*۱۰$^{-۳}$ |
| OM2 | ۰/۲۱ | ۰/۵۹ | ۵۱۱۰ | ۳۵/۵۹ | نمایی | متوسط | ۰/۴۵ | ۰/۱۴ |
| OM3 | ۰/۳۷ | ۰/۸۲ | ۴۹۲۵ | ۴۵/۱۲ | نمایی | متوسط | ۰/۹۹ | ۷/۲۰*۱۰$^{-۵}$ |




**شکل ۱: واریو گرام‌های ماده آلی در سه عمق الف (۳۰-۰)، ب(۶۰-۳۰) و ج (۹۰-۶۰) سانتی متر**




**شکل ۲: نقشه کریجینگ ماده آلی در سه عمق الف (۳۰-۰)، ب (۶۰-۳۰) و ج (۹۰-۶۰) سانتی متر**

## نتایج و بحث

آماره ها برای ماده آلی خاک در سه عمق مطالعه شده در (جدول ۱) آورده شده است. میانگین ماده آلی از سطح به عمق به ترتیب ۱/۳۰، ۰/۹۷۰ و ۰/۹۷۰درصد و حداقل و حداکثر آن در کل منطقه به ترتیب می‌باشد. پیله‌ور شهری و همکاران (۱۳۹۲) در اراضی تپه‌ماهوری ضرغام آباد سمیرم (بخشی از استان اصفهان) میانگین کربن آلی خاک را ۰/۸٪ گزارش نمودند. جهت بررسی نرمال بودن توزیع متغیر ماده آلی، از آزمون کولموگروف اسمیرونوف استفاده و داده‌ها با لگاریتم گیری نرمال گردیدند. همانطور که در(جدول ۲) مشاهده می‌شود ماده آلی در عمق اول از مدل گوسی و در دو عمق بعدی از مدل نمایی تبعیت می‌کند. پرویزی و همکاران (۱۳۹۱) نیز در تحقیق خود مناسب‌ترین مدل برای کربن آلی را مدل نمایی بدست آورده-اند. دامنه تأثیر در هر سه عمق تقریباً ۵۱۱۰ متر بوده و نشان دهنده فاصله ای است که تغییرات ماده آلی در آن فاصله توسط مدل ارائه شده قابل پیش بینی بوده و خارج از آن فاصله مدل قادر به پیش بینی ماده آلی نخواهد بود. ضریب تبین مدل ($R^2$) در عمق‌های اول و سوم به ترتیب ۰/۹۶ و ۰/۹۹ در عمق میانی ۰/۴۵ می باشد که علت آن را می‌توان اینگونه بیان کرد که ماده آلی عمق میانی از دو عمق بالا و پایین خود تأثیر گرفته است. این امر باعث غیر یکنواختی ماده آلی در این عمق شده و به همین دلیل نیز ضریب تبیین کمتری (۰/۴۵) دارد. ماده آلی در افق سطحی (۳۰-۰) به علت افزایش کود و فضولات حیوانی مقدار ماده آلی زیاد بوده و به علت کشت وکار و انجام شخم از یکنواختی بیشتری نسبت به عمق زیرین خود برخوردار است. از آنجا که ماده آلی متحرک نبوده و توزیع آن در عمق کم و در عین حال ثابت می باشد لذا تغییرات آن از یکنواختی بیشتری برخوردار بوده .و ضریب تبیین برابر ۰/۹۹ این موضوع را تصدیق می‌نماید. همانطور که از (شکل ۱) مشخص است محل تلاقی نمودار با محور عمودی نشان دهنده اثر قطعه‌ای یا همان خطاهایی است که در اثر نمونه برداری، آزمایشگاه و غیره حاصل شده است که در (جدول۲) این مقدار محاسبه شده است.

همانطوری که از (شکل ۲) برمی آید در عمق اول (۳۰-۰ سانتی متر) مقدار ماده آلی در مرکز منطقه مورد مطالعه کمتر از اطراف آن است. در عمق دوم مقدار ماده آلی در شمال منطقه کمتر و به طرف جنوب شرقی و غرب افزایش می‌یابد و در عمق سوم مقدار این متغییر در مرکز منطقه مورد مطالعه متمایل به غرب و جنوب‌شرقی بیشتر از بقیه نقاط می‌باشد که شبیه لایه دوم ولی با ماده آلی کمتر می‌باشد. در بررسی ماده آلی سه عمق می‌توان به این نتیجه رسید که ماده آلی از سطح به عمق روند کاهشی در پیش دارد و علت آن را می‌توان در سطح به تأثیر کشاورزی و کود دهی و استفاده از فضولات حیوانی ارتباط داد. مقدار ماده آلی در افق های سطحی، جایی که بیشترین مقدار بقایای گیاهی در آنجا با خاک مخلوط می‌شود حداکثر بوده و با افزایش عمق کاهش می‌یابد (Brady & Weil RR ., Janzen et al, 2006, Lorenz et al, 2006, Marschner et al, 2008 1999) در عمق سوم مقدار ماده آلی نسبت به دو عمق اول مقدارش کاهش یافته که علتش حضور کم لاشبرگ در این عمق است. عمق دوم حد واسط این دو عمق است.

پس از تعیین مدل‌های بهینه و استخراج پارامترهای آن، پهنه‌بندی و میان‌یابی ماده آلی خاک توسط کریجینگ معمولی صورت گرفته است. کریجینگ یک تخمینگر نااریب خطی با کمترین واریانس تخمین است (حبشی و همکاران، ۲۰۰۷). نتایج حاصل از وجود ساختار مکانی ماده آلی خاک در این تحقیق و مقایسه آن‌ها با تحقیقات دیگر نشان می‌دهد که الگوی توزیع مکانی خصوصیات خاک هر منطقه و در اعماق مختلف منحصر به فرد بوده و تحت تأثیر عوامل مختلف از کشت و کار و همچنین مدیریت و بهره‌برداری از منابع طبیعی و خاک می‌باشد.

## منابع

بامری، ابوالفضل. خرمالی، فرهاد. کیانی، امیر. دهقان، فرشاد. ۱۳۹۱. تغییرات مکانی کربن الی خاک در موقعیت‌های مختلف شیب. *مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک*، جلد۲، شماره ۱۹، ص ۴۳-۶۱.

پرویزی، یحیی. گرجی، منوچهر. مهدیان، محمدحسن. امید، محمود. ۱۳۹۱. روندیابی تغییرپذیری مکانی کربن آلی خاک در کاربری‌های مختلف یک حوزه نیمه خشک. *مجله آب و خاک*، جلد ۲۶، شماره ۱،ص ۱۶۲-۱۷۲.

پیله‌ور شهری، ا. ایوبی، ش. خادمی، ح. ۱۳۹۲ . پیش‌بینی کربن آلی خاک به کمک داده‌های آنالیز سطح زمین .مجله آب و خاک، جلد۲۴، شماره۶، ص ۱۱۵۱- ۱۱۶۳.

خیامیم، ف. خادمی، ح. ۱۳۹۴. توزیع مکانی مواد آلی در خاکهای سطحی در سه اقلیم در استان اصفهان. دانش خاک (آب و خاک)، جلد ۲۹، شماره ۱، ۴۸- ۳۷.

Bitencourt D.G.B., Barros WS., Timm L.C., She D., Penning L.H., Parfitt J.M.B., Reichardt K. 2016. Multivariate and geostatistical analyses to evaluate lowland soil levelling effects on physico- chemical propeties .Soil & Tillage Research, 156: 63-73.

Brady N.C., Weil R.R. 1999. The Nature and Properties of Soil. P 446-490.

Burgess TM., Webster R. 1980. Optimal interpolation and isarthmic mapping of soil properties: the semi-variogram and punctual kriging. Journal of Soil Science, 31: 315-331.

Cambardella C.A., Moorman TB., Novak J.M., Parkin T.B., Karlen D.L., Turco R.F., Konopka A.E. 1994. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. Soil Science Society of America Journal, 58: 1501-1511.

Castringnano A., Giugliarini L., Risaliti R., Mattinelli N. 2000. Study of spatial relationships among some soil physico-chemical properties of a field in central Italy using multivariate geostatistics. Geoderma, 97:36-60.

Habashi H., Hosseini M., Mohammadi J., Rahmani R. 2007. Geostatisyic application in soil science study of forest regions. Journal of Agriculture and Natural Resources Science, 14(1):1- 10 .

Janzen H.H., Ellert B.H., Anderson D.W. 2006. Organic matter in the landscape. Chapter 248. In: Lal, R., Encyclopedia of Soil Science, Second Edition .

Jiachun S., Haizhen W., Jianming X., Jianjun W., Xingmei L., Haiping Z. 2007. Spatial distribution of heavy metal in soil: A case study of changing. China. Environ Geol, 52:1-10.

Kroulík M., Mimra m., Kumhála F., Prošek V. 2006. Mapping spatial variability of soil propertiesand yield by using geostatic method. RES.AGR.ENC, 52: 17-24 .

Lorenz K. and Lal R. 2006. Subsoil Organic Carbon Pool.

Marchetti A., Piccini C., Francavigali R., Mabit L. 2012. Spatial Distribution of Soil Organic Matter Using Geostatistics: A Key Indicator to Assess Soil Degradation Status in Central Italy. Pedosphere, 22(2): 230-242 .

Marschner B., Brodowski S., Dreves A., Gleixner G., Gude A., Grootes PM., Hamer U., Heim AJG., Kaise,r R. K., Kalbitz K., Kramer C., Leinweber P., Rethemeyer J., Schäffer A., Schmidt M., Schwark L., Wiesenberg GB. 2008. How relevant is recalcitrance for the stabilization of organic matter in soils? Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 171, 91–110.

Meersmans, J., Wesemael, B., Goidts, E., Van Molle, M., DeBaets, S., De Ridder, F. 2011. Spatial analysis of soil organic carbon evolution in Belgian croplands and grasslands, 1960–2006. Global Change Biology, 17: 466-479.

Mirsky SB., Lanyon LE., Needelman BA. 2008. Evaluating Soil Management Using Particulate and Chemically Labile Soil Organic Matter Fractions. Soil Science Society of America Journal, 72(1):180-185.

Spaccini R., Mbagwu JSC., Igwe CA., Conte P., Piccolo A. 2004. Carbohydrate and aggregation in lawland soils of nigeria as influenced by organic input. Soil and Tillage Research, 75: 141-172.

Wilding L. 1985. Spatial variability. Its documentation, accommodation, and implication to soil surveys. In: Nielson DR, Bouma J. (Eds). Soil Variability, Pudo, Wagenigen, the Netherlands.

**Evaluation vertical changes in organic matter using geostatistics, at Namin Region**

R. Ghorbani[1], A. Abbasi-Kalo [2]M. Shahabi[3]

[1]-Masters student in Soil Genesis, Classification and Evaluation University of Mohaghegh Ardabili [2]-Assistant professor, Soil Genesis, Classification and Evaluation University of Mohaghegh Ardabili. [3]- Ph.D in Soil Genesis, Classification and Evaluation

Corresponding author Email: ranaghorbani94@gmail.com

**Abstract**

As an indicator of the quality of soil organic matter comes to the account. In this research to predict the spatial distribution of organic matter, organic matter in three depth data from 20 soil profiles were used in the area namin. After sampling of soil horizons, organic carbon by walkley-Black measurement and after testing normality with the Kolmogorov-Smirnov, variogram changes its vertical using the software GS + and final map in GIS has drawn. The results show vertical changes of organic matter in the region and the most suitable criteria empirical model fitted in Variogram analysis of organic matter, in the first layer (Guassian) and two next layer exponential, respectively. The results of this research can improve soil fertility management programs for these areas to be applied

**Keywords**: geostatistical، kriging، organic matter،Spatial Variations