



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیستم، شماره‌ی ۶۹
بهار ۱۳۹۹، صفحات ۱۵-۱

*علی غلامی^۱

پگاه ولی پور چهارده چریک^۲

مهدی نورزاده حداد^۳

بررسی کارایی روش‌های زمین‌آماري در پهنه‌بندی برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک (مطالعه موردی: اراضی شرق کارون)

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۲۵

چکیده

اراضی اطراف رودخانه کارون از جمله مهم‌ترین اراضی کشاورزی استان خوزستان به‌شمار می‌روند. به‌منظور مدیریت بهینه این اراضی تولید و استفاده از نقشه‌های ویژگی‌های خاک‌شناسی امری ضروری به نظر می‌رسد. این پژوهش با هدف بررسی تغییرات مکانی برخی خصوصیات خاک، تعیین روش بهینه و تهیه نقشه‌های مربوطه انجام گردید. در این مطالعه، ۶۲ نقطه نمونه برداری شده از خاک سطحی منطقه شرق کارون مورد بررسی قرار گرفت. این خصوصیات شامل درصد شن، سیلت، رس، هدایت الکتریکی عصاره اشباع، فسفر قابل جذب، کربن آلی، نیتروژن کل، کربنات کلسیم، ظرفیت تبادل کاتیونی، نسبت جذب سدیم و درصد سدیم قابل تبادل می‌باشد. پس از بررسی و نرمال‌سازی متغیرها با روش‌های مختلف، ابتدا تغییرنمای تمام آن‌ها ترسیم سپس مناسب‌ترین مدل تئوری به داده‌های تجربی برازش داده شد. جهت انتخاب مدل زمین‌آماري مناسب ویژگی‌های مورد مطالعه، تخمین‌گرهای کریجینگ و کوکریجینگ در محیط GS+، مورد ارزیابی قرار داده شد. انتخاب مدل شایسته بر اساس کم‌ترین خطای MAE و RMSE صورت پذیرفت. بر این اساس جهت ترسیم واریوگرام‌های کریجینگ پارامترهای شن، سیلت، رس، کربنات

E-mail: a.gholami@iauahvaz.ac.ir

* ۱- گروه خاک‌شناسی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران. (نویسنده مسئول).

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران.

۳- دانش‌آموخته دکتری، گروه خاک‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس.

کلسیم، ظرفیت تبادل کاتیونی، نسبت جذب سدیم از مدل گوسی، کربن آلی از مدل نمایی، نیترون کل، فسفر قابل جذب از مدل کروی استفاده گردید. در مورد سایر متغیرها از تخمینگر کوکریجینگ استفاده گردید. بررسی‌ها نشان داد مدل گوسی کریجینگ بیش‌ترین کاربرد را در تهیه نقشه رقومی متغیرهای خاک منطقه دارد. همچنین سیلت دارای بیش‌ترین (۹۴۵۵۲ متر) و نیتروژن کل، کم‌ترین (۲۷۵۰ متر) دامنه تأثیر در منطقه می‌باشد. نقشه‌های تهیه شده بیانگر درصد بالای آهک و کمبود ماده آلی در خاک‌های منطقه مورد مطالعه بودند.

کلید واژه‌ها: زمین آمار، کریجینگ، کوکریجینگ، شرق کارون و ویژگی‌های شیمیایی خاک.

مقدمه

لازمه یک کشاورزی پایدار، شناخت کافی از وضعیت خاک‌های منطقه است. نقشه خصوصیات خاک علاوه بر ایجاد بانک اطلاعاتی و آگاهی عمومی از وضعیت فیزیکی، شیمیایی و حاصل‌خیزی خاک، می‌تواند راهنمای مناسبی برای مدیران و بهره‌برداران کشاورزی باشد. تحلیل نتایج در آمار کلاسیک مبنی بر مستقل بودن نمونه‌ها از یکدیگر است و بنابراین، وجود یک نمونه هیچ‌گونه اطلاعی در مورد نمونه بعدی به دست نمی‌دهد. اما در زمین‌آمار نمونه‌ها، مستقل از یکدیگر نیستند و نمونه‌های مجاور تا فاصله معینی به‌طور مکانی به هم وابستگی دارند و می‌توان وابستگی بین نمونه‌ها را به‌صورت مدل ریاضی (تغییرنا) ارائه نمود (Einax and Soldt, 1999: 79-91). در زمین‌آمار ابتدا به بررسی وجود یا عدم وجود ساختار فضایی (ارتباط بین مقادیر عناصر با فاصله و برای قرارگیری نمونه‌های خاک) بین داده‌ها پرداخته شده و سپس در صورت وجود ساختار فضایی، تحلیل داده‌ها انجام می‌گیرد (Goovaerts, 2000). تخمین زمین‌آمار شامل دو مرحله است، مرحله اول شناخت و مدل‌سازی ساختار مکانی متغیر ناحیه‌ای است که به‌وسیله آنالیز تغییرنا قابل بررسی است و مرحله دوم تخمین متغیر مورد نظر به‌وسیله توابع زمین‌آمار از جمله کریجینگ می‌باشد (Hassani pak, 2007). (Shahriari (2013). برای ارزیابی پراکنش مکانی درصد رس در ۱۰۰ نقطه در ۳ عمق متفاوت در اراضی عطابیه در خوزستان، روش کریجینگ همراه با واریوگرام کروی را مدل برتر بیان کردند. (Mousavi fard et al (2013) در پژوهشی بر روی ۲۸۲ نمونه از خاک سطحی دشت نقده، برای متغیر کربن آلی مدل کروی را مناسب‌ترین مدل برازش معرفی نمودند. همچنین در این پژوهش نسبت همبستگی این متغیر در کلاس متوسط قرار داشت. (Jafarnia & Akbarinia (2014) در پژوهشی بر روی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و آب جنگل‌های مانگرو جزیره قشم ضمن نشان دادن ساختار مکانی متوسط تا قوی در بیش‌تر پارامترهای مورد ارزیابی، درون یاب کریجینگ را به‌عنوان مناسب‌ترین تخمین‌گر در بررسی خصوصیات خاک و آب منطقه معرفی نمود. (Mohammadi (2000) در پژوهشی بر روی پراکنش مکانی برخی از ویژگی‌های خاک سطحی شامل هدایت الکتریکی، درصد رطوبت اشباع، نسبت جذب سدیم و درصد آهک، روش کریجینگ را به‌عنوان روش برتر برآورد داده‌های مکانی پارامترهای خاک معرفی نمود. (Martin et al (2006)، مطالعه‌ای را به‌منظور بررسی تغییرات مکانی برخی از

عناصر سنگین در خاک‌های سطحی منطقه‌ای کشاورزی در اسپانیا انجام دادند. آن‌ها غلظت عناصر مس، جیوه، روی، کروم، نیکل، کادمیوم و هم‌چنین پارامترهایی نظیر واکنش خاک، مواد آلی و کربنات در نمونه‌های خاک را اندازه‌گیری کردند. مطالعات نشان داد که در نواحی با مواد آلی کم و واکنش خاک بالا، غلظت عناصر کم‌تر بوده است. تجزیه و تحلیل‌های زمین‌آماری، ارتباط این متغیرها را با مواد مادری نشان داد و به‌صورت ناحیه‌ای، نقش فعالیت‌های انسانی را در بالا بودن غلظت مس، روی و سرب مؤثر دانست. (Isimail and Junusi 2009) تغییرات مکانی عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم را در باغی در مالزی با استفاده از روش‌های زمین‌آماری و با کمک نرم‌افزار GS+ مورد بررسی قرار دادند. نقشه‌های حاصل از درون‌یابی نشان داد که مناطقی از این باغ با کمبود نیتروژن روبه‌رو است در حالی که مقادیر فسفر و پتاسیم در حد کفایت است. این محققان استفاده از این نقشه‌ها را برای مدیریت کودی کارآمدتر در این باغ توصیه کردند. (Tunky et al 2013) با هدف احداث شبکه‌های زهکشی در بررسی تغییرات مکانی برخی از خصوصیات خاک‌ها نظیر pH، هدایت الکتریکی و سدیم قابل جذب بر روی ۱۰۴ نمونه برداشت شده از اعماق مختلف در جنوب ترکیه دریافتند که استفاده از متغیرهای کمکی دقت برآوردها را به میزان چشم‌گیری افزایش داده است. هدف تحقیق حاضر بررسی کارایی روش‌های زمین‌آماری در میانجی‌گری و تهیه نقشه درصد شن، سیلت، رس، هدایت الکتریکی عصاره اشباع، فسفر قابل جذب، کربن آلی، نیتروژن کل، کربنات کلسیم، ظرفیت تبادل کاتیونی، نسبت جذب سدیم و درصد سدیم قابل تبادل در اراضی شرق رودخانه کارون بوده است.

منطقه مورد مطالعه

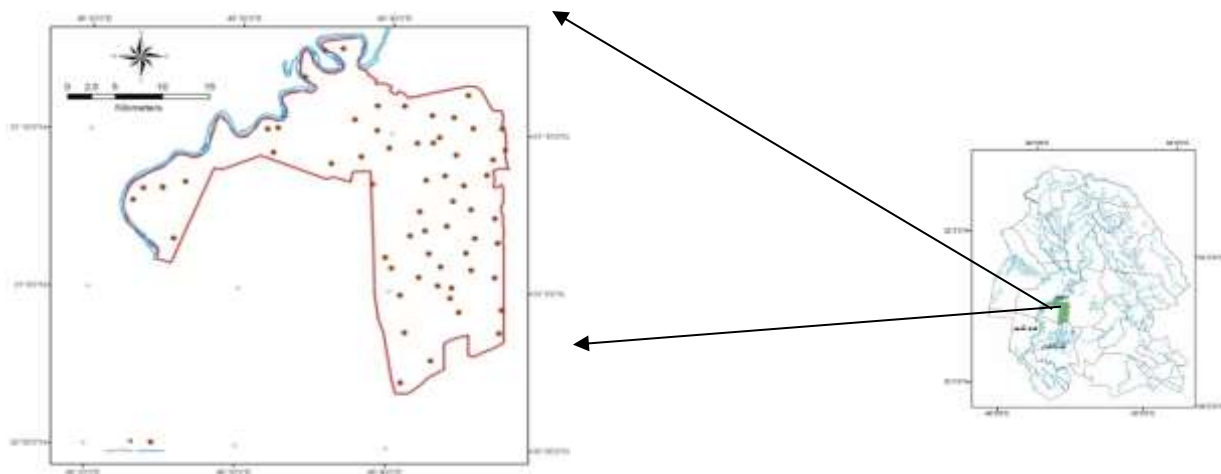
منطقه مورد مطالعه به مساحت ۶۵۴۱۹ هکتار بخشی از اراضی دشت خوزستان است. این منطقه به‌طور کلی در حاشیه شرقی رودخانه کارون در قسمت جنوبی شهرستان اهواز بین روستای جنگیه و روستای خوشه در نزدیکی خطوط راه‌آهن شروع می‌شود و سرانجام تا نزدیکی تالاب شادگان ادامه می‌یابد و دارای طول جغرافیایی $14^{\circ}09'8''$ تا $22^{\circ} 48'$ تا $16^{\circ} 47'$ شرقی و عرض جغرافیایی $30^{\circ} 53'$ تا $44^{\circ} 95'$ شمالی می‌باشد. شایان ذکر است که در وسط محدوده مورد مطالعه، کشت و صنعت‌های فارابی، سلمان فارسی، دعبل خزاعی و پرورش ماهی آزادگان قرار دارد که جزء محدوده طرح نمی‌باشد. عمده محصولات منطقه گندم، جو و برنج و سپس صیفی‌جات است. منطقه یک دشت آبرفتی رودخانه‌ای با منشاء رسوبی که از نظر خاک‌شناسی در رده‌های اربدی سول، انتی سول و اینسپتی سول قرار دارد. رژیم حرارتی خاک منطقه هایپرترمیک و رژیم رطوبتی آن یوستیک می‌باشد. این خاک‌ها دارای بافت متوسط تا نیمه سنگین است (No name, 2012).

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری

۶۲ نمونه تهیه شده از خاک سطحی منطقه (۳۰-۰ سانتی‌متر) به صورت تصادفی برداشت گردید. محل‌های نمونه‌برداری با استفاده از GPS تعیین شد. پس از انتقال به آزمایشگاه و کوبیدن و الک کردن مورد تجزیه‌های مختلف فیزیکوشیمیایی

نظیر درصد شن، سیلت، رس (روش هیدرومتر)، هدایت الکتریکی عصاره اشباع (با استفاده از دستگاه کندانکتیومتر پس از تهیه عصاره از گل اشباع)، فسفر قابل جذب (به روش اولسن با استفاده از اسپکتروفتومتر)، کربن آلی (روش وایلکی بلک)، نیتروژن کل (به روش کجلدال)، کربنات کلسیم (به روش هضم با اسید و تیتراسیون)، ظرفیت تبادل کاتیونی (روش بور)، نسبت جذب سدیم و درصد سدیم قابل تبادل قرار گرفت (No name, 2012). شکل (۱) موقعیت منطقه و نقاط مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱: نقشه موقعیت منطقه و نقاط نمونه برداری

Figure 1: Map of the location of the area and sampling points

بررسی‌های آماری متغیرهای اندازه‌گیری شده

برای بررسی‌های اولیه داده‌های مورد مطالعه در نرم‌افزار SPSS آماره‌های توصیفی شامل میانگین، میانه، انحراف معیار، ضرایب چولگی و کشیدگی، ضریب تغییرات، مقادیر کمینه و بیشینه برای هر یک از متغیرها محاسبه گردید. از آنجایی که تخمین‌گرهای مورد استفاده در این مطالعه بر پایه توزیع نرمال داده‌ها استوار می‌باشند و چنانچه توزیع داده‌ها نرمال و یا نزدیک به نرمال باشد نتایج حاصل از تخمین از دقت بالاتری برخوردار می‌باشد، با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف^۵ و اندرسون-دارلینگ^۶ نرمال بودن داده‌ها بررسی و در صورت نرمال نبودن با روش‌های مختلف نرمال‌سازی نرمال گردیدند و سپس مجدداً مورد بررسی آزمون قرار گرفتند.

تغییرات مکانی ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق از دو روش کریجینگ و کوکریجینگ به منظور درون‌یابی ویژگی‌های مورد نظر استفاده شد. اساس این دو روش عبارت است از ساخت بهینه تخمینگر نارایب از متغیرهای ناحیه‌ای در مناطق فاقد نمونه، با استفاده از ویژگی‌های ساختاری نیمه تغییرنا و وضعیت اولیه داده‌ها می‌باشد (Vijay Kumar & Remadevi, 2006).

5- Kolmogorov-Smirnov

6- Anderson-Darling

همچنین به منظور بررسی دقت درونی‌یابی‌ها از دو شاخص صحت سنجی استفاده شد. بر این اساس و با استفاده از دو آماره خطای قدر مطلق میانگین (MAE)^۶ و خطای مجذور میانگین استاندارد شده (RMSE)^۷، کیفیت برآوردهای کریجینگ و کوکریجینگ مقایسه شدند.

$$\text{MAE} = \frac{1}{n} \sum_{x=1}^n |\hat{z}(x) - z(x)| \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [z(x_i) - \hat{z}(x_i)]^2} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این روابط N تعداد نمونه، $z(x)$ مقدار نمونه معلوم و $\hat{z}(x_i)$ مقدار برآورد شده برای نقطه X می‌باشد. این آماره‌ها هر چه به صفر نزدیک‌تر باشند نشان دهنده تخمین بهتر مدل مورد استفاده در ارزیابی مقادیر مجهول ویژگی مورد استفاده است. (Webster & Oliver, 2000)

خصوصیات نیمه تغییر نمای ویژگی‌های اندازه‌گیری شده

در مطالعه حاضر، پس از بررسی و اطمینان از نرمال بودن توزیع داده‌ها یا نرمال شدن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SPSS (ver.20) و Minitab به نرم‌افزار GS⁺ (ver.5.1) جهت ترسیم نیم تغییر نما و همسانگردی ویژگی‌های مورد بررسی، وارد گردیدند و پیوستگی مکانی داده‌ها در ۶۲ نقطه نمونه‌برداری شده بررسی گردید. سپس نیمه تغییرنمای مربوط به هر یک از ویژگی‌ها به روش کریجینگ و کوکریجینگ محاسبه گردید و مدل‌های نظری مختلف شامل مدل کروی، نمایی، گوسی و ... به آن‌ها برازش داده شد. سپس با توجه به مقادیر مجموع مربعات باقی‌مانده^۸ (RSS) و ضریب تعیین^۹ (r^2)، مناسب‌ترین مدل نیم تغییر نما برای هر یک از ویژگی‌های مورد بررسی انتخاب گردید. در برخی از مطالعات از نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه ($C_0/C+C_0$) جهت اعتبارسنجی یک مدل استفاده شده است و از آن به‌عنوان خطای مدل نیمه تغییر نما (نسبت همبستگی) نام برده شده است که جهت طبقه‌بندی وابستگی فضایی مورد استفاده قرار می‌گیرد (واریانس کل / اثر قطعه‌ای = نسبت همبستگی). اگر این نسبت کم‌تر از ۲۵٪ باشد، متغیر دارای وابستگی فضایی قوی می‌باشد. اگر بین ۲۵٪ تا ۷۵٪ باشد وابستگی فضایی متغیر، متوسط می‌باشد و اگر این نسبت بزرگ‌تر از ۷۵٪ باشد متغیر دارای وابستگی فضایی ضعیف می‌باشد. (Cambardella et al., 1994, Quine & Zhang, 2002). همچنین در صورتی که نسبت همبستگی در مورد ویژگی‌های برابر ۱۰۰٪ گردد و یا این که شیب منحنی تغییر

7- Mean absolute error

8- Root mean square error

9- Residual Sum of Squares

10- Coefficient of Determination

نما نزدیک به صفر باشد ویژگی مربوطه فاقد وابستگی مکانی خواهد بود (Miller et al., 1998)، و اگر نسبت هم‌بستگی برای ویژگی صفر شود بیانگر یک پیوستگی در وابستگی مکانی می‌باشد (Vieira & Gonzalez, 2003). با توجه به موارد ذکر شده واریوگرام ویژگی‌های مورد نظر ترسیم و مناسب‌ترین واریوگرام انتخاب گردید و پارامترهای مختلف آن همچون اثر قطعه‌ای^{۱۰} و آستانه (سقف)^{۱۱} و شعاع تأثیر^{۱۲} (دامنه) مورد ارزیابی قرار داده شد.

یافته‌ها و بحث

آمار توصیفی ویژگی‌های خاک در منطقه شرق کارون نشان می‌دهد بالاترین ضریب تغییرات مربوط به نیتروژن کل می‌باشد. همچنین درصد کربنات کلسیم پایین‌ترین ضریب تغییرات در منطقه را دارد. ضریب تغییرات یکی از مهم‌ترین شاخص‌های آماری برای مقایسه تغییرات مختلف با میانگین‌های متفاوت است که بجای استفاده از انحراف معیار به کار می‌رود (Mohammadi, 2006). ضریب تغییرات که معیاری از تغییرپذیری نسبی است در کربنات کلسیم با میزان کم ناشی از عوامل ذاتی مانند مواد مادری، توپوگرافی و یا اقلیم منطقه می‌باشد. ضریب تغییرات بالا در نیتروژن کل می‌تواند ناشی از تأثیر همزمان عوامل ذاتی و مدیریتی مانند کوددهی و کاربری اراضی و سایر عوامل باشد. بر اساس آزمون کلموگروف-اسمیرنوف مشخص شد در بین تمام پارامترهای مورد ارزیابی به غیر از سیلت که دارای توزیع نرمال بود، سایر پارامترها از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند. و ضروری است قبل از ترسیم واریوگرام عمل نرمال‌سازی انجام شود. جهت نرمال‌سازی متغیرهای کربن آلی، درصد کربنات کلسیم، ظرفیت تبادل کاتیونی، نسبت جذب سدیم و درصد سدیم قابل تبادل فقط با حذف داده‌های پرت، متغیرهای شن و فسیل قابل دسترس با محاسبه لگاریتم طبیعی، متغیرهای رس و شوری عصاره اشباع با روش کاکس-باکس و نیتروژن کل با معکوس نمودن داده‌ها نسبت به نرمال کردن آن‌ها اقدام صورت گرفت. نرمال نمودن داده‌ها علاوه بر کاهش چولگی، ضریب تغییرات داده‌ها را نیز کاهش داد (جدول ۱). (Brejda et al (2000) نیز در پژوهشی اظهار داشتند که تبدیل داده‌ها علاوه بر کاهش چولگی، در نزدیک شدن داده‌ها به توزیع نرمال و کاهش ضریب تغییرات مؤثر است.

تحلیل همبستگی مکانی

در تکنیک‌های زمین آماری به روش کریجینگ و کوکریجینگ اولین مرحله، فرایند محاسبه نیمه تغییرنمای تجربی داده‌ها و برازش این تغییرنما با مدل‌های نظری (تجربی) همچون مدل کروی، نمایی، گوسی و خطی می‌باشد. شکل (۲) نمودارهای نیمه تغییرنمای خصوصیات خاک شرق کارون را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در جدول (۲) ارائه شده است، به غیر از شوری عصاره اشباع و درصد سدیم قابل تبادل که از تخمین‌گر کوکریجینگ جهت ترسیم تغییرنمای آن‌ها استفاده گردید، در سایر ویژگی‌های مورد ارزیابی از تخمین‌گر کریجینگ با بیش‌ترین صحت و کم‌ترین

11- Nugget

12- Sill

13- Rang

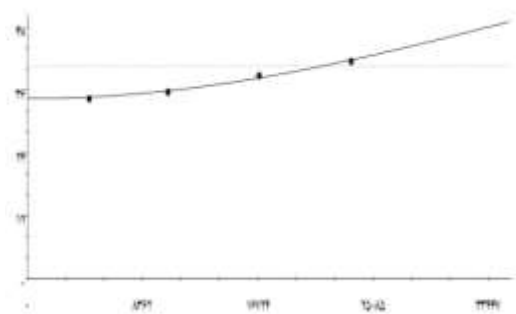
خطا، به‌عنوان بهترین روش میان‌یابی استفاده گردید. از بین مدل‌های مختلف نیم تغییرنا در روش کریجینگ، مدل گوسی در بیان ساختار مکانی متغیرهای شن، سیلت، رس، کربنات کلسیم، ظرفیت تبادل کاتیونی و نسبت جذب سدیم در منطقه شرق کارون توانا تر است. همچنین برای ترسیم واریوگرام‌های کریجینگ متغیرهای نیترون کل و فسفر قابل جذب از مدل کروی و متغیر کربن آلی از مدل نمایی استفاده گردید. (Shahriari و Mousavi fard et al (2013) در پژوهش‌های جداگانه‌ای مدل کروی کریجینگ و کوکریجینگ را مناسب‌ترین مدل برازش تغییرنمای تجربی بیان کردند.

جدول ۱- خلاصه آماری داده‌های مورد استفاده

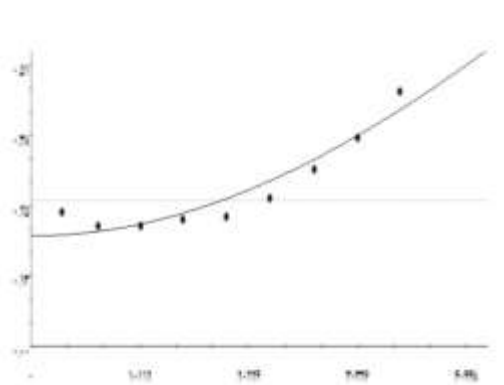
Table 1- Statistical summary of the data used

ویژگی	واحد	میانگین	میانه	واریانس	چولگی	کشیدگی	دامنه	ضریب تغییرات (%)	کمینه	بیشینه
لگاریتم طبیعی شن	%	۳/۰۸	۳	۰/۲۸	۰/۱۵	-۰/۸	۲/۲۱	۱۷/۱۶	۱/۹۵	۴/۱۶
سیلت	%	۴۹/۱۶	۴۹	۵۷/۳۷	۰/۱۴	-۰/۵	۳۲	۱۵/۴۱	۳۴	۶۶
کاکس-باکس رس	%	۴۲۴/۱۳	۴۶۳/۲۴	۵۲۸۱۹/۸۹	۰/۱۲	-۰/۶	۹۷۴/۶۲	۵۴/۱۹	۱۲/۵	۹۸۷/۱۲
کاکس-باکس شوری	Ds m ⁻¹	۲۴/۸۵	۲۴/۵۸	۲۰۳/۹۷	۰/۴۷	۰/۳۳	۶۳/۱۹	۵۷/۴۷	۳/۴۲	۶۶/۶
کربن آلی	%	۰/۵۱	۰/۵۲	۰/۰۳	۰/۲۷	-۰/۳۹	۰/۷۸	۳۵/۷۷	۰/۱۵	۰/۹۳
معکوس نیتروژن کل	%	۲۳/۳۹	۲۳/۸۱	۳۸/۶۳	۰/۱۳	-۱/۳۱	۲۱/۱۵	۲۶/۵۷	۱۳/۳۳	۳۴/۴۸
لگاریتم طبیعی فسفر قابل جذب	Mg kg ⁻¹	۱/۸۵	۱/۸۶	۰/۰۸	۰/۰۴	-۱/۰۶	۱/۰۵	۱۵/۵۴	۱/۳۴	۲/۳۹
کربنات کلسیم	%	۴۸/۸۷	۴۹	۱/۴	-۱/۰۲	۱/۷۴	۶	۲/۴۲	۴۵	۵۱
ظرفیت تبادل کاتیونی	Cmol kg ⁻¹	۱۳/۷۵	۱۴/۱۲	۸/۹۷	-۰/۳۷	-۱/۱۶	۱۱/۰۵	۲۱/۷۷	۶/۸۷	۱۷/۹۲
درصد سدیم قابل تبادل	%	۶۲/۲۶	۷۲/۰۷	۶۷۲/۰۴	-۰/۷۴	-۰/۸۷	۷۹/۰۱	۴۱/۶۴	۱۵/۲۴	۹۴/۲۵
نسبت جذب سدیم	-	۶۲/۳۸	۷۲/۰۲	۱۷۵/۷۹	-۰/۶۹	-۰/۹۳	۹۰/۷۷	۴۴/۶۵	۸/۸	۹۹/۵۷

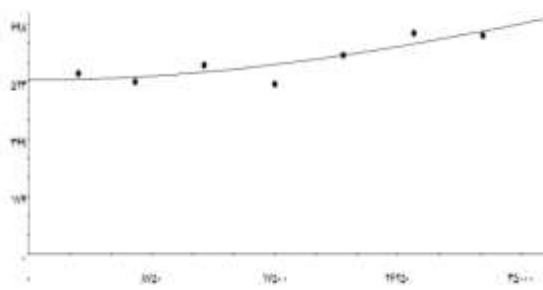
همچنین در متغیر هدایت الکتریکی عصاره اشباع از مدل کروی و درصد سدیم قابل تبادل از مدل نمایی کوکریجینگ جهت ترسیم واریوگرام استفاده شد. کم‌ترین اثر قطعه‌ای به میزان ۰/۰۰۰۱ مربوط به فسفر قابل تبادل است که می‌تواند نشان‌دهنده پیوستگی بالای این متغیر در خاک باشد (Jafarnia & Akbarinia, 2014) و بیش‌ترین اثر قطعه‌ای به میزان ۲۷۰۰۰ مربوط به پارامتر رس می‌باشد، که می‌تواند ناشی از خطای نمونه‌برداری باشد. بیش‌ترین شعاع تأثیر به مقدار ۹۴۵۵۲/۶۵ متر مربوط به سیلت است که می‌تواند دلالت بر ساختار مکانی گسترده آن داشته باشد همچنین کم‌ترین شعاع تأثیر با اندازه ۲۷۵۰ متر مربوط به پارامتر نیتروژن کل است. در نتیجه باعث کاهش محدوده مجاز برای تخمین داده‌های این مشخصه در نقاط مجهول می‌شود.



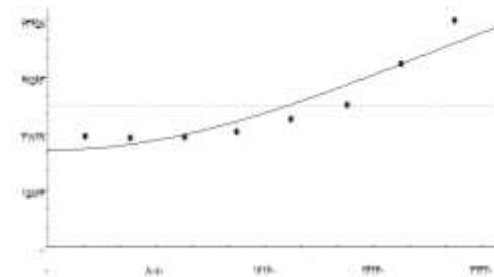
ب- مدل گوسی سیلت



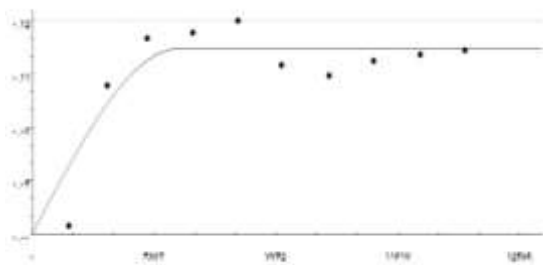
الف- مدل گوسی شن



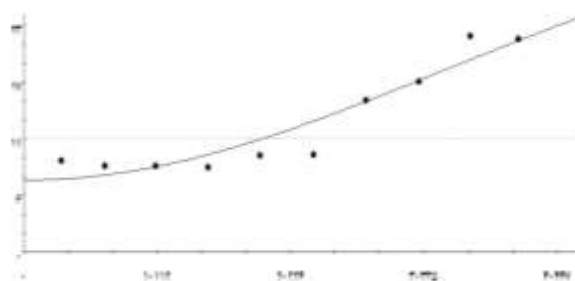
د- مدل کروی شوری عصاره اشباع



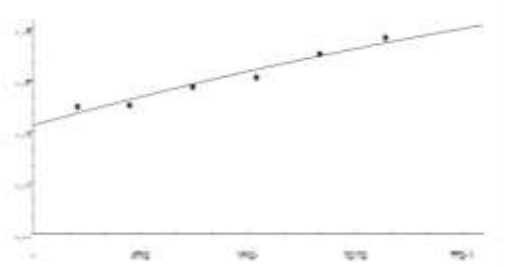
ج- مدل گوسی رس



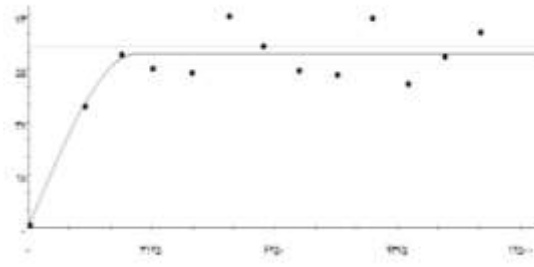
ط- مدل گوسی ظرفیت تبادل کاتیونی



ز- مدل کروی فسفر قابل جذب



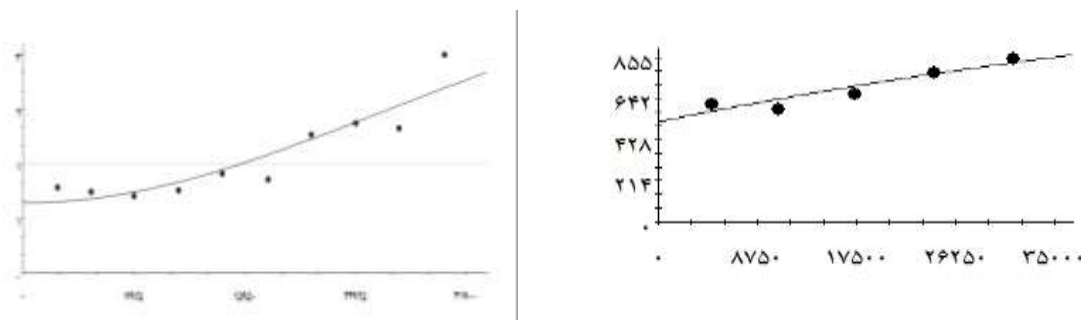
و- مدل کروی و نیتروژن کل



ک- مدل گوسی نسبت جذب سدیم

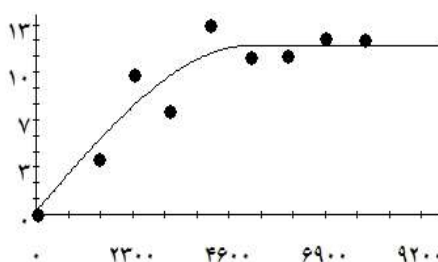
شکل ۲: نمودار نیمه تغییرنمای ویژگی‌های خاک منطقه شرق کارون

Figure 2: Semi-Chart Chart of Soil Characteristics of East Karun Region



ی- مدل نمایی درصد سدیم قابل

ه- مدل نمایی کربن آلی



ادامه شکل ۲: نمودار نیمه تغییرنمای ویژگی‌های خاک منطقه شرق کارون

Continue Figure 2: Semi-chart chart of soil characteristics of east karun region

متغیرهای شن، شوری عصاره اشباع، نیتروژن کل، فسفر قابل جذب، کربنات کلسیم و ظرفیت تبادل کاتیونی از ساختار قوی برخوردار هستند. در مورد خصوصیات سیلت، رس، کربن آلی، درصد سدیم قابل تبادل و نسبت جذب سدیمی نیز که دارای همبستگی مکانی متوسط می‌باشند می‌توان بیان نمود دلیل اصلی عدم وضوح یا دشواری در نمایش قوی ساختار و پیوستگی مکانی در مورد این خصوصیات، گاهی اوقات ناشی از کافی نبودن تعداد نمونه‌ها، خطای نمونه‌برداری و مقادیر مشکوک و پرت می‌باشد. وابستگی مکانی قوی ممکن است توسط تغییرات ذاتی خاک و وابستگی مکانی ضعیف‌تر به وسیله تغییرات غیر ذاتی خاک کنترل شود. (Cambardella et al., 1994). برای ارزیابی کیفیت برآورد روش‌های به کار برده شده، از دو معیار خطای قدر مطلق میانگین (MAE) و خطای مجذور میانگین استاندارد شده (RMSE) استفاده گردید. بر اساس این معیارها بجز پارامترهای هدایت الکتریکی عصاره اشباع، درصد سدیم قابل تبادل، سدیم محلول و کلر محلول که روش کوکریجینگ جهت پهنه‌بندی آن استفاده گردید، با توجه به مقادیر کم آن‌ها در سایر متغیرها، روش کوکریجینگ با داشتن کم‌ترین خطا و بیش‌ترین ضریب تعیین به‌عنوان مناسب‌ترین روش تشخیص داده شد.

پهنه‌بندی خصوصیات مورد مطالعه

بررسی نقشه توزیع مکانی (شکل ۳) اجزای تشکیل دهنده بافت خاک نشان می‌دهد حاشیه پایین دست رودخانه کارون در منطقه مورد مطالعه از میزان شن بیش‌تری نسبت به بالادست منطقه برخوردار است و برعکس کاهش میزان پراکندگی رس و سیلت در این راستا می‌تواند ناشی از سیلاب‌های فصلی رودخانه کارون و رسوب شن و ایجاد بافت

سبک در حاشیه رودخانه گردد. همچنین سایر نقاط مورد مطالعه میزان شن کمتری دارا می باشد. در مجموع نقشه پراکنش بافت خاک منطقه نشان دهنده بافت متوسط تا نیمه سنگین در این ناحیه می باشد.

جدول ۲- مشخصه‌های واریوگرام‌ها و مدل‌های برازش شده آن‌ها

Table 2 - The characteristics of variograms and their fitted models

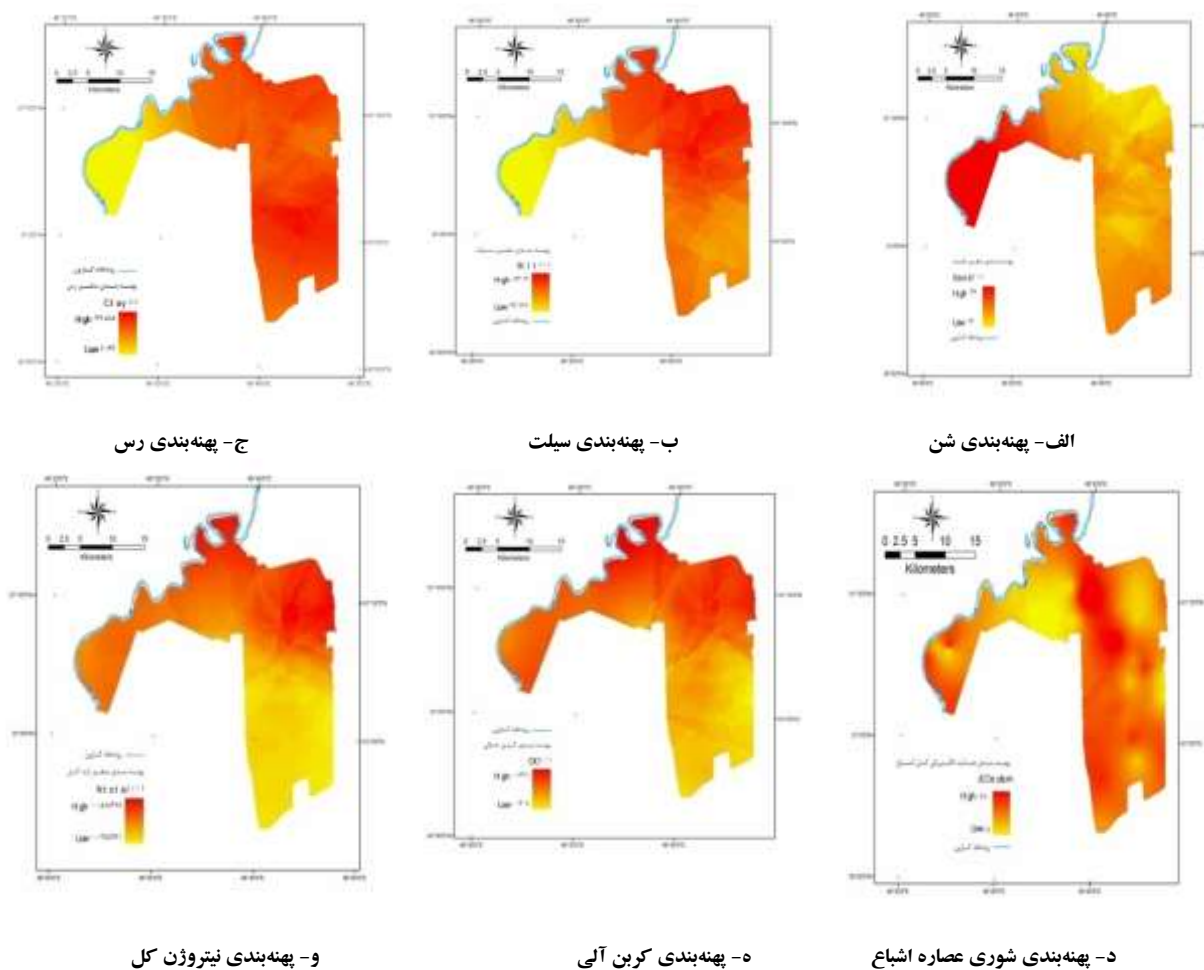
ویژگی	روش زمین آمار	مدل تغییرنا	اثر قطعه‌ای (C_0)	سقف ($C+C_0$)	دامنه تأثیر (متر)	نسبت همبستگی ($C_0/(C+C_0)$)
شن	کریجینگ	گوسی	۰/۱۹۹	۱/۹۲۱	۵۷۶۱۶	قوی
سیلت	کریجینگ	گوسی	۳۴/۷	۷۸/۷۸	۹۴۵۵۲/۶۵	متوسط
رس	کریجینگ	گوسی	۲۷۰۰۰	۹۵۱۰۰	۶۸۹۳۵/۶۲	متوسط
شوری عصاره اشباع	کوکریجینگ	کروی	۰/۰۱	۱۱/۷۶	۵۰۹۰	بسیار قوی
کربن آلی	کریجینگ	نمایی	۰/۰۲۲	۰/۰۷۵	۱۳۳۰۰	متوسط
نیترژن کل	کریجینگ	کروی	۰/۱	۶۰/۵۲	۲۷۵۰	قوی
فسفر قابل جذب	کریجینگ	کروی	۰/۰۰۰۱	۰/۱۲۷۲۰	۴۶۵۰	بسیار قوی
کربنات کلسیم	کریجینگ	گوسی	۰/۸۹۸	۳/۸۰۶	۶۲۴۴۰	قوی (۰/۲۳)
ظرفیت قابل تبادل	کریجینگ	گوسی	۷/۲۸	۳۵/۵۵	۷۷۹۵۹	قوی (۰/۲)
درصد سدیم قابل تبادل	کوکریجینگ	نمایی	۵۲۰	۱۴۵۰/۹	۳۴۹۶۰	متوسط (۰/۳۵۸)
نسبت جذب سدیم	کریجینگ	گوسی	۵۲۷	۱۲۶۴/۹	۱۸۲۴۷	متوسط (۰/۴۱)

جدول ۳- نتایج ارزیابی صحت کریجینگ و کوکریجینگ برای ویژگی‌های مورد بررسی

Table 3- results of the cracking and cochrigng correctness assessment results for the studied characteristics

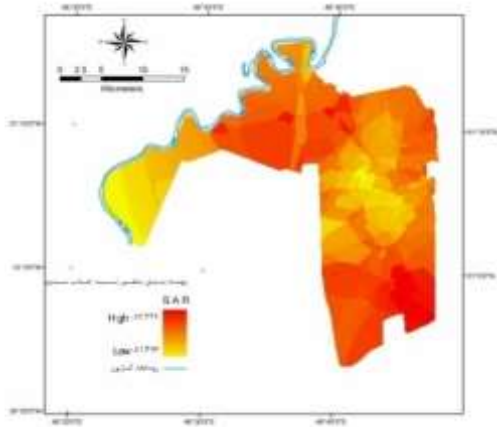
ویژگی	ریشه مربعات میانگین خطا RMSE	میانگین مطلق خطا MAE	مجموع مربعات RSS	ضریب تعیین R^2
شن	۰/۴۸	۰/۳۹	۵/۴*۱۰ ^{-۳}	۰/۹۰۶
سیلت	۵/۷۷	۴/۵۲	۰/۵۲۳	۰/۹۸۴
رس	۶/۸۹	۵/۶۷	۱/۱۴*۱۰ ^{-۸}	۰/۸۸۷
شوری عصاره اشباع	۱۱/۴۴	۸/۵۴	۱۸/۴	۰/۸۹
کربن آلی	۰/۱۹	۰/۱۳۷	۷/۸۲*۱۰ ^{-۶}	۰/۹۵۳
نیترژن کل	۰/۱۴	۰/۰۳۴	۶۵۸	۰/۸۳۸
فسفر قابل جذب	۲/۰۶	۱/۶۹	۳/۱۲*۱۰ ^{-۳}	۰/۸۴۶
کربنات کلسیم	۱/۱	۰/۷۸	۰/۴۲۹	۰/۸۶
ظرفیت قابل تبادل	۲/۵۳	۳/۰۴	۲۵/۸	۰/۹۰۴
درصد سدیم قابل تبادل	۲۷/۸۷	۲۲/۲۳	۶۶۶۸	۰/۸۶۶
نسبت جذب سدیم	۲۳/۶۹	۱۷/۱۳	۵۶۵۲	۰/۷۶۴

الگوی پراکنش شوری عصاره اشباع نشان می‌دهد اکثر نقاط منطقه مورد مطالعه شوری بسیار بالایی دارند و شوری آن در بعضی مناطق به ۳۷۰ دسی زیمنس بر متر هم می‌رسد. بالا بودن میزان شوری، به دلیل تجمع و فراوانی املاح به علت پست بودن منطقه و شستشو از بالادست، تبخیر زیاد، عدم بارندگی کافی و بالا بودن سطح آب زیرزمینی می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که میزان کربن آلی در بالادست رودخانه و در حاشیه آن که پوشش گیاهی بهتری دارد و اراضی بیش‌تر تحت کشت می‌باشند، مقدار بیش‌تری داشته است. این در حالی است که در قسمت جنوب‌شرقی منطقه میزان کربن آلی به مراتب کم‌تر بوده است که به دلیل شوری بالا و پوشش گیاهی کم منطقه می‌باشد. در این تحقیق نیز الگوی توزیع متغیر نیتروژن تا حدود زیادی مشابه کربن آلی می‌باشد و نتایج تحقیقات (Fouroughi far et al (2011 و (Mohammad Zamani et al (2007 نیز موید همین موضوع بوده است. وجود لکه‌های موزاییکی در توزیع مکانی میزان فسفر قابل جذب نشان دهنده تغییرات شدید در این ویژگی می‌باشند. این ویژگی ممکن است به دلیل کودپاشی‌های صورت گرفته و الگوی اراضی کشاورزی باشد.

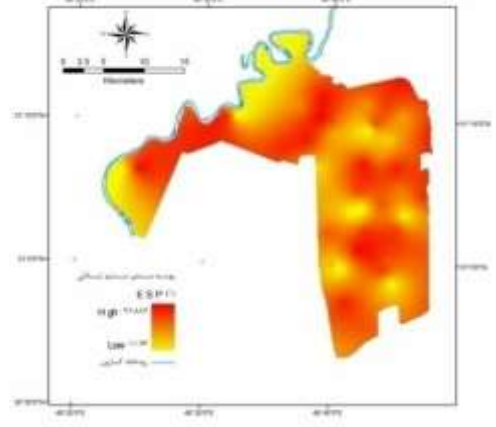


شکل ۳: نقشه پهنه‌بندی ویژگی‌های مورد بررسی منطقه شرق کارون

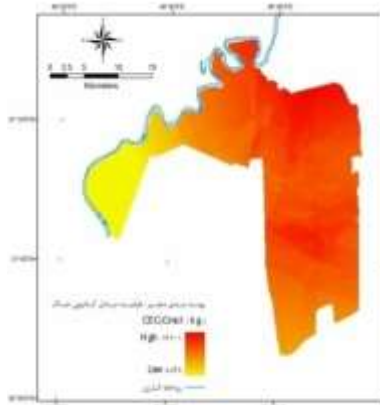
Figure 3: Zoning map of the features studied in the eastern region of caron



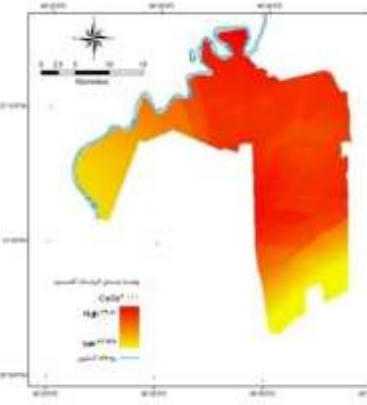
ک- پهنه‌بندی نسبت جذب سدیم



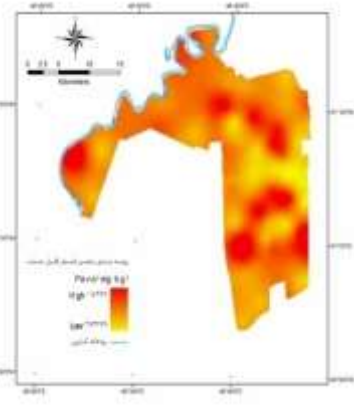
ی- پهنه‌بندی سدیم قابل تبادل



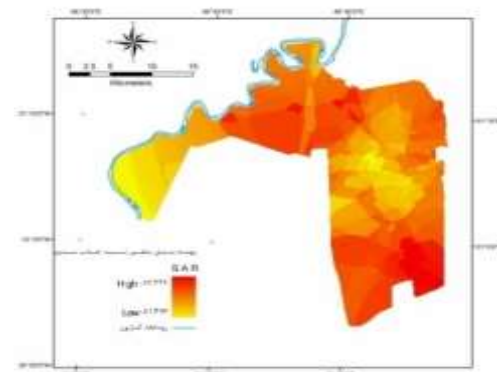
ط- پهنه‌بندی ظرفیت تبادل کاتیونی



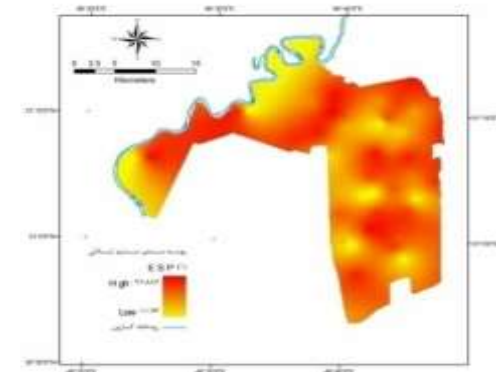
ح- پهنه‌بندی کربنات کلسیم



ز- پهنه‌بندی فسفر قابل جذب



ک- پهنه‌بندی نسبت جذب سدیم



ی- پهنه‌بندی سدیم قابل تبادل

ادامه شکل ۳: نقشه پهنه‌بندی ویژگی‌های مورد بررسی منطقه شرق کارون

Continue Figure 3: Zoning map of the features studied in the eastern region of caron

به‌طور کلی الگوی توزیع مکانی فسفر روند منظمی را نداشته که می‌تواند به دلیل شوری بالای منطقه، بافت خاک، زهکشی نامطلوب و الگوی مصرف کودهای فسفره باشد. (Foroughifar et al (2011) و Zhou et al (2007) نیز الگوی نامنظم در تغییرات مکانی فسفر قابل جذب را نشان دادند. پهنه‌بندی آهک در منطقه شرق کارون نشان دهنده کاهش این متغیر از بالادست به پایین رودخانه است. همچنین در قسمت جنوب شرق منطقه از میزان آن کاسته شده است. از مقایسه نقشه پراکنش این متغیر با متغیر شن رابطه معکوس بین آن‌ها قابل مشاهده می‌باشد و هر جا که مقدار شن خاک بیش‌تر است میزان کربنات کلسیم کاهش یافته است، این امر می‌تواند به دلیل زهکشی بهتر خاک‌های شنی و شستشوی آهک از خاک سطحی به عمق باشد. از آنجایی که میزان ظرفیت تبادل کاتیونی تابعی از میزان و نوع رس، ماده آلی، واکنش خاک و اکسیدهای آهن و آلومینیوم است. از مقایسه نقشه پراکنش این متغیر با نقشه پراکنش میزان رس خاک، نتیجه‌گیری می‌شود که تغییرات مکانی آن‌ها الگوی مشابهی دارند. کم‌ترین حد مجاز سدیمی بودن خاک‌ها میزان ۱۵ درصد برای درصد سدیم قابل تبادل است. از آنجایی که میانگین این پارامتر در این منطقه ۶۲ درصد و بیش‌ترین پراکندگی آن بین ۱۸ تا ۸۶ درصد می‌باشد از نظر سدیمی بودن در شرایط پرخطر قرار دارد. مقدار درصد سدیم قابل تبادل الگوی نامنظمی دارد که می‌تواند به علت تنوع بافت خاک، شرایط توپوگرافی و در نتیجه تجمع املاح، افزایش میزان شن خاک و کاهش مقدار مواد آلی و نیتروژن کل نیز باشد. همچنین در سمت جنوب شرق منطقه مورد مطالعه میزان این متغیر افزایش یافته است. نقشه پراکنش نسبت جذب سدیم نشان‌دهنده میزان بسیار بالای سدیم در خاک می‌باشد، که این میزان در مناطقی که میزان ظرفیت تبادل کاتیونی و مواد آلی کاهش یافته، به مراتب زیادتر است. مقدار بالای نسبت جذب سدیمی نشان از تخریب ساختمان خاک و کاهش نفوذپذیری و در نتیجه زهکشی نامطلوب دارد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی در بیش‌تر موارد تخمینگر کریجینگ با دارا بودن خطای تخمین پایین‌تر نسبت به سایر تخمینگرهای مورد مطالعه، در خصوص پهنه‌بندی نهایی خصوصیات خاک بیش‌ترین کاربرد را دارد. همچنین پهنه‌بندی متغیرها نشان می‌دهد منطقه از نظر شور و سدیمی در محدوده پرخطر قرار دارد. میزان آهک خاک بالا بوده و از نظر مواد آلی فقیر می‌باشد. ظرفیت تبادل کاتیونی متوسطی دارد و از نظر بافتی متوسط و در برخی نقاط سنگین می‌باشد. قابل ذکر است که نتایج این پژوهش در منطقه مورد مطالعه قابل استفاده است و قابل تعمیم به سایر مناطق نیست و نیاز است برای هر منطقه پراکنش مکانی متغیرهای خاک جداگانه مورد مطالعه قرار گیرد.

سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله از سازمان آب و برق خوزستان، در ارائه اطلاعات لازم و کارشناسان محترم آن، جناب آقای مهندس سروری و سرکار خانم مهندس پاپهن سپاس‌گزاری می‌شود.

References

- Brejda, J. J., Mooran, T. B., Smith, J. L., Karlen, D. L., Allen, D. I., Dao, T. H., (2000), "Distribution and variability of surface soil properties at a regional scale", *Soil Sci Soc Am J*, 64: 974-982.
- Cambardella, C. A., Moorman, T. B., 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 Sciences Society of America Journal*, 58:13-28.
- Einax, J. W., Soldt, U., (1999), "Geostatic and multivariate statistical methods for the assessment of polluted soils-merits and limitations", *Chemometrica and Intelligent Laboratory Systems*, 49: 79-91.
- Foroughifar, H., Jafarzadeh, A. A., Torabi Gelsefidi, H., Aliasgarzadah, N., Toomanian, N., and Dava tgar, (2011), "Spatial Variations of Surface Soil Physical and Chemical Properties on Different Landforms of Tabriz Plain", *Journal of Water and Soil Knowledge*, 21: 124-131. [In Persian]
- Goovaerts, P., (2000), "Estimation or simulation of soil properties an optimization problem with conflicting criteria", *Geoderma*, 97 (4): 165-186.
- Hassani pak, A. A., (2007), "*Geostatistics*", Tehran: Tehran university press.
- Isimail, M., H., Junusi R., (2009), "Determining and mapping soil nutrient content using geostatistical technique in a Durian orchard in Malaysia", *Journal of Agricultural Science*, (1): 86-91.
- Jafarnia, S., Akbarinia, M., (2014), "Investigation of spatial distribution of soil and water properties by use of geostatistical in Mangrove forest of Qeshm Island", *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 22 (4): 673-686. [In Persian].
- Johnston, K., Ver Hoef, J. M., Krivoruchko, K., Lucas, N., (2001), "*Using ArcGIS geostatistical analyst*", Esri, Redlands, California, USA.
- Martin, J. A. R., Arias, M. L., Grau Corb, J. M., (2006), "Heavy metals contents in agricultural top soils in the Ebro basin (Spain) application of the multivariate geoestatiscal methods to study spatial variations", *Environmental. Pollution*, 144: 1001-1012.
- Miller, M. P., Singer, M. J., Nielson, D. R., (1988), "Spatial variability of wheat yield and soil properties on complex hills", *Soil Sci Soc Am J*, 52: 1133-1141.
- Mohammadi, J., (2000), "Evaluation and mapping of soil salinity hazard in Ramhormoz area (Khuzestan) using disjunctive kriging", *Journal of Agricultural Research*, 25: 45-57. [In Persian].
- Mohammadi, J., (2006), "Pedometry - volume one (classical statistics)", Tehran: Pelk press. [In Persian].
- Mohammad Zamani, S., Ayoubi, SH., Khormali, F., (2007), "Spatial variability of wheat yield and soil properties in a selected agricultural land of sorkhankalateh", *Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources, (JWSS)*, 11 (40): 79-92. [In Persian].
- Mousavifard, S. M., Hamid Reza Momtaz, H. R., Habib Khodaverdiloo, H., (2013), "Efficiency of some geostatistical estimators for interpolation and mapping some soil quality properties", *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, 2 (3): 57-71.
- Nikroo, L., Kompani Zare, M., Sepaskhah, A. R., (2008), "Optimizing the network of measuring the height of the groundwater level using curing, a case study of Dasht-e Mehr in the south of Fars province", 3rd Iranian Water Resources Management. Conference. 14th October.

- No name, (2012), "Detailed semi-detailed reports of soil studies in east Karun, Ahvaz: Khuzestan Water and Power Organization.
- Quine, T. A., Zhang, Y., (2002), "An investigation of spatial variation in soil erosion, soil properties and crop production within an agricultural field in Devon, UKJ", *Soil and Water Cons*, 57: 50-60.
- Rortiz-marin, G., Del Rio-cidoncha, J., Martinez-palacios, L., Garcia, R., (2008), "Methodology which applies geostatistics techniques to the topographical survey", *International Journal of Computer Science and Applications*, 5 (3a): 67-79.
- Shahriari, E., (2013), "Spatial variability of some soil properties in Atabie area(Khuzestan) using geostatistical methods and GIS", Master Thesis, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz. [In Persian].
- Tunkay, T., bayramin, I., Tercan, A., Unver, I., (2013), "Spatial variability of some soil properties: A case study of the lower Seyhan river basin in Turkey", *Zemdirbyste-Agriculture*. 100 (2): 213-219.
- Vieira, S. R., Paz Gonzalez, A., (2003), "Analysis of the spatial variability of crop yield and soil properties in small agricultural plots", *Bragantia*, 62: 127-138.
- Vijay Kumar, K., Remadevi, S., (2006), "Kriging of groundwater levels-A case Study", *Journal of Spatial Hydrology*, 6 (1): 43-58.
- Webster, R., Oliver, M. A., (2000), "*Geostatistics for environmental scientists*", Wiley press: California, USA.
- Zhou, J., Ying, W., Kang, Q., Zhang, J., (2007), "Spatial variations of carbon, nitrogen, phosphorous and sulfur in the salt marsh sediments of the Yangtze Estuary in China", *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 71: 47-59.