مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۸، ص ۵۴-۴۶

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 2, Summer 2009, p.46-54

ارزیابی روشهای مختلف برآورد مکانی در برآورد شوری، اسیدیته و درصد آهک خاک (مطالعه موردی منطقه بوکان)

خالد احمدالی[1*] - سامان نیک‌مهر[2] - عبدالمجید لیاقت[3]

تاریخ دریافت: ۸۷/۸/۲۵
تاریخ پذیرش: ۸۸/۲/۵

چکیده

آگاهی از نحوه‌ی پراکنش خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، از مهمترین امور در شناسایی، برنامه‌ریزی، مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب و خاک است. با توجه به مشکلاتی که در اندازه‌گیری مستقیم این پارامترها در مزرعه وجود دارد، یافتن راهکاری در تخمین این خصوصیات بسیار ضروری به‌نظر می‌رسد. این تحقیق با هدف بررسی تغییرات مکانی برخی از پارامترهای خاک نظیر: درصد آهک، اسیدیته و شوری توسط روشهای مختلف میان-یابی و سپس انتخاب مناسب‌ترین روش در برآورد پارامترهای مذکور در منطقه بوکان با وسعت کل ۲۹۹۲ کیلومتر مربع انجام گرفت. یکصد و هشتاد و سه نمونه خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر طوری که کل منطقه را به خوبی پوشش دهند، در سال ۱۳۸۶ برداشت شد و مقدار شوری، اسیدیته و درصد آهک در تمام نمونه‌ها اندازه‌گیری گردید. سپس با روشهای مختلف میان‌یابی شامل کریجینگ معمولی، کوکریجینگ معمولی، IDW با توانهای ۲، ۳، ۴ و ۵، TPSS با توانهای ۲، ۳، ۴ و ۵ و با برازش مدل کروی بر داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. و با استفاده از معیارهای آماری میانگین خطای مطلق (MAE) و میانگین خطای انحراف (MBE) مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که روش کوکریجینگ با حداقل میزان MAE برای شوری، اسیدیته و درصد آهک، به ترتیب ۰/۲۱۸، ۰/۱۵۶ . و ۷/۳۵۳ بیشترین دقت را داشت.

واژه‌های کلیدی: اسیدیته، بوکان، شوری، کوکریجینگ، IDW

مقدمه

در کشاورزی متداول مدیریت مزرعه براساس میانگین پارامترها و داده‌های برداشتی انجام می‌شود که به دلیل در نظر نگرفتن تغییرپذیری مکانی و موضعی خصوصیات خاک و نیز عدم یکنواختی مکانی، منجر به عواقب نامطلوب اقتصادی و زیست محیطی شده و مدیریت صحیح و بهینه‌ای به‌کار گرفته نمی‌شود. برآورد توزیع مکانی خصوصیات و ویژگیهای محیطی که دارای تغییرات پیوسته‌ی مکانی هستند و اعمال مدیریت بر اساس نتایج روشهای متداول آمار کلاسیک مانند تجزیه واریانس که موقعیت مکانی داده‌ها را در نظر نمی‌گیرد، کارایی نداشته و حتی ممکن است به دلیل اینکه میانگین عام قادر به توصیف تغییرات موضعی خصوصیت مورد نظر نیست، مشکل‌ساز شوند. در مقایسه روشهای آماری کلاسیک، روشهای زمین آمار ضمن در نظر گرفتن موقعیت مکانی نقاط و ارتباط بین آنها، کارایی بهتری دارند. این روشها قادر به مدلسازی مناسب مکانی و زمانی جهت توصیف متغییر ناحیه‌ای، با در نظر گرفتن مولفه‌های تغییرپذیری ساختاری و تصادفی هستند که اساس این روشها تخمین مقدار نامعلوم متغیر مکانی Z به عنوان یک عدد تصادفی با یک توزیع احتمالاتی مشخص در نقطه‌ای دلخواه از منطقه مورد مطالعه است. نخستین تجربه‌های به کار گیری روشهای زمین آماری به مفهوم امروزی آن از حدود ۵۰ سال پیش براساس نظریات دی.جی.کریج مهندس معدن اهل آفریقای جنوبی مبنی بر وجود نوعی رابطه‌ی هم بستگی بین بخش‌های کم معیار و پر معیار در یک قطعه معدنی آغاز شد. کمبل (۵) برای اولین بار در علوم خاک از روشهای زمین آماری جهت تجزیه و تحلیل میزان شن خاک استفاده کرد. در سالهای اخیر زمین آمار کاربرد وسیعی در زمینه‌های محیط زیست، اکتشاف معدن، نقشه برداری و علوم آب و خاک پیدا کرده است. توانایی‌های بالای این ابزار در پهنه‌بندی فرایندهای مکانی- زمانی این روشها را به ابزار مفیدی برای مطالعه در مورد متغیرهای محیطی تبدیل کرده است. امروزه زمین آمار در اکثر علوم به‌خصوص در علوم آب و خاک، به عنوان ابزاری بسیار کارا و مفید شناخته شده است. بررسی روشهای مختلف میانیابی در تخمین اسیدیته‌ی سطحی خاک، نشان داده که

۱ - دانشجوی سابق کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی دانشگاه تهران
(* - نویسنده مسئول : Email: khaled.ahmadauli@ gmail. Com)
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی-سازه دانشگاه تهران
۳- دانشیار گروه آبیاری و آبادانی دانشکده مهندسی آب و خاک، دانشگاه تهران

کریجینگ مناسب‌ترین روش بوده است (۸). با بررسی روشهای مختلف زمین آماری برای تخمین شوری خاک نیز نتایجی مشابه به دست آمده است (۹). وو و همکاران (۱۴) با استفاده از pH و کربن آلی خاک میزان روی را در داکوتای شمالی با استفاده از کوکریجینگ برآورد کردند. و دریافتند که کوکریجینگ بسیار موثرتر از کریجینگ بود. ولی بین کوکریجینگ، لوگ کریجینگ و آرایش یافته‌ی کوکریجینگ تفاوت چندانی وجود ندارد. یانل و همکاران (۱۵) با بررسی روشهای مختلف زمین آمار در برآورد شوری خاک در اراضی شور ساحل شانکیوی چین با استفاده از تعداد متفاوت داده‌ها، دریافتند که روشهای کوکریجینگ و رگرسیون‌کریجینگ نسبت به روش کریجینگ دقت بیشتری در برآورد شوری خاک داشت. در زمینه کاربرد کوکریجینگ می‌توان به تحقیقاتی که برای شبیه سازی کمبود رطوبت (۱۲)، برآورد شوری خاک(۱۱) و برای تخمین هدایت هیدرولیکی (۹) اشاره کرد. در ایران برای اولین بار نظریه زمین آمار در بررسی و تجزیه و تحلیل تغییرات شوری خاک مورد استفاده قرار گرفت (۶). در زمینه کاربرد زمین آمار در برآورد پارامترهای آب و خاک مطالعات دیگری نیز در کشور انجام شده است(۲، ۷ و ۱۰). انتخاب مناسب‌ترین روش میان‌یابی برای یک متغیر مکانی بستگی به نوع متغیر، شبکه‌ی نمونه‌برداری، نحوه نمونه‌برداری و منطقه‌ی مورد مطالعه دارد و یک روش منتخب برای یک منطقه را نمی‌توان به صورت قطعی برای منطقه دیگر به کار برد. لذا این تحقیق با هدف انتخاب مناسب‌ترین روش تخمین و پهنه‌بندی متغیرهای مکانی خاک (شوری، اسیدیته و درصد آهک خاک) بین روشهای زمین آمار نظیر کریجینگ، کوکریجینگ وIDW با روش TPSS و با استفاده از نرم افزارهای ArcGIS و GS^+ انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در منطقه بوکان با وسعت ۲۹۹۲ کیلومترمربع که ۴۹۲ کیلومترمربع آن را دشت بوکان و دشت حاجی آباد تشکیل می‌دهد انجام گرفت. منطقه مذکور در ۳۶ درجه و ۳۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۱۳ دقیقه طول شرقی واقع شده است . متوسط ارتفاع از سطح دریا ۱۳۳۰ متر می‌باشد. دشت بوکان در جنوب استان آذربایجان‌غربی و جنوب دریاچه ارومیه واقع شده است. از عمده‌ترین محدودیتهای اراضی قابل کشت آبی، جنس خاک و توپوگرافی منطقه است. محصولات عمده زراعی در کشت آبی گندم، چغندرقند، یونجه (به همراه اسپرس و شبدر) و جو و در کشت دیم گندم، جو و نخود می‌باشد. دشت حاجی آباد در شمال دشت بوکان واقع شده است. عمده‌ترین محدودیت اراضی قابل آبیاری در این دشت عوامل کیفی خاک، توپوگرافی، ماندابی و شوری است. منطقه مورد مطالعه جزو مناطق استپی سرد است که دارای زمستانهای سرد و مرطوب و تابستانهای ملایم بوده و رژیم حرارتی مزیک و رژیم رطوبتی زریک است (۲). نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه و پراکنش نقاط در آن در شکل (۱) نشان داده شده است.

جهت بررسی تغییرات مکانی شوری، اسیدیته و درصد آهک خاک از ۱۸۳ نقطه از سطح دشت که نماینده منطقه مورد مطالعه باشد، نمونه برداری و همزمان طول و عرض جغرافیایی محل نمونه‌ها توسط دستگاه GPS ثبت گردید سپس هر نمونه در آزمایشگاه مورد تجزیه قرار گرفت و پارامترهای مذکور اندازه‌گیری گردید بدین ترتیب که شوری و pH خاک با دستگاه‌های Ecمتر و pH متر و درصد آهک خاک نیز به روش تیتراسیون به وسیله‌ی اسید کلریدریک اندازگیری شد.

روشهای درون‌یابی

هر متغیر تصادفی می‌تواند در برگیرنده‌ی دو مولفه‌ی قطعی و تصادفی باشد. جهت تعیین میزان ارتباط مکانی یک متغیر تصادفی یعنی اثر متقابل نمونه‌ها بر یک دیگر تا یک شعاع تاثیر معین، در زمین آمار از نیم تغییرنما استفاده می‌شود به این معنا که نمونه‌های مجاور تا فاصله‌ی معینی به هم وابستگی دارند و چنین فرض می‌شود که این وابستگی بین نمونه‌ها را می‌توان به صورت مدل ریاضی تحت عنوان نیم تغییرنما ارائه کرد. نیم تغییرنما کمیتی برداری است که میزان ارتباط مکانی بین مقادیر متغیر اندازه‌گیری شده را برحسب مربع تفاضل مقدار دو نقطه و در نظر گرفتن فاصله و جهت آنها نشان می‌دهد. یک نیم تغییرنما، خصوصیت مورد نظر را در نقاط اندازگیری نشده با استفاده از مدل تئوریک ریاضی براورد می‌کند. معادله محاسباتی یک نیم تغییرنما به صورت زیر است:

$$\gamma(h)=\frac{1}{2N(h)}\sum_{i=1}^{n}(Z(x_i+h)-Z(x_i))^2 \qquad (۱)$$

که در آن :

$\gamma(h)$: مقدار نیم تغییرنما در فاصله (h)

$Z(x_i+h)$: مقدار اندازه‌گیری شده متغیر در موقعیت (x_i+h)

$Z(x_i)$: مقدار اندازه‌گیری شده متغیر در موقعیت (x_i)

$N(h)$: تعداد اندازه‌گیری‌های انجام شده در محدوده مورد مطالعه

هر نیم تغییرنما از سه پارامتر اثر قطعه‌ای، شعاع تاثیر و حد آستانه تشکیل شده‌اند. مقدار نیم تغییرنما به ازای $h=0$ را اثر قطعه‌ای می‌گویند. که معمولاً ناشی از وجود مولفه‌های تصادفی در توزیع متغیر که در واقع به تصادفی بودن فرایندها بر می‌گردد و خطاهای نمونه-برداری، آماده‌سازی، آزمایشگاهی و آنالیز است. با افزایش h، مقدار نیم تغییرنما تا فاصله معینی اضافه شده سپس به حد ثابتی می‌رسد که

این فاصله را شعاع تاثیر و مقدار نیم تغییرنما که ثابت شده را حدآستانه گویند. روشهای مختلفی در برآورد متغیرهای مکانی وجود دارد که تفاوت عمده آنها در محاسبه‌ی اوزان است که به نقاط مشاهده شده‌ی واقع در همسایگی نقطه‌ی مورد تخمین می‌دهد. در این تحقیق از روشهای زمین آمار نظیر کریجینگ، کوکریجینگ، IDWو TPSS جهت بررسی تغییرات شوری، اسیدیته و درصد آهک خاک استفاده شد.

(شکل ۱)- موقعیت منطقه مورد مطالعه

کریجینگ

کریجینگ تخمینگری نا اریب با کمترین مقدار واریانس تخمین می‌باشد. کریجینگ را می‌توان جهت بررسی تغییرات مکانی و زمانی خصوصیات مورد مطالعه به کار برد. هر چند مدلهای زمانی بیشتر همراه با حل مساله در مکان نیز می‌باشند. کریجینگ مکانی می‌تواند برای تخمین مقدار یک متغیر در نقطه‌ای که اطلاعات آن اندازه‌گیری نشده است، به کار رود. از ویژگی‌های کریجینگ ان است درعین نا اریب بودن، واریانس تخمین نیز حداقل می‌باشد و همچنین واریانس تخمین تابع مشخصات نیم تغییر نما (ساختار مکانی) می‌باشد و ارتباطی با مقدار واقعی داده‌ها ندارد و نیز این روش موجب هموار شدن تغییرات می‌گردد یعنی توزیع نمونه‌های تخمین زده شده نسبت به مقادیر واقعی تغییرات کمتری دارد. خاصیت جمع پذیری از ویژگی-های دیگر کریجینگ است که باعث می‌شود که در مجموعه ای از فضاهای کوچک که کریجینگ در آن صورت می‌گیرد، میانگین مقادیر تخمین این فضاها برابر با مقدار تخمینی فضای بزرگتری که حاوی تمام این فضاهای کوچکتر است باشد. فرمول عمومی تخمین مقادیر مجهول در همه‌ی روش‌های درونیابی به صورت زیر است:

$$Z(x_0)=\sum_{i=1}^{n}\lambda_i Z(x_i) \qquad (۲)$$

که در آن :

$Z(x_0)$: مقدار تخمین زده شده متغیر در نقطه x_0

$Z(x_i)$: مقدار اندازه‌گیری شده متغیر در مکان x_i

λ_i : وزن داده شده به مشاهده i ام

کوکریجینگ

همان طور که در آمار کلاسیک روش‌های چند متغیره برای تخمین وجود دارد، در زمین آمار نیز می‌توان به روش کوکریجینگ بر اساس همبستگی بین متغیرهای مختلف تخمین زد. این خصوصیت می‌تواند باعث دقت بیشتر تخمین‌ها گردد. از نظر تئوری، کوکریجینگ با کریجینگ تفاوتی ندارد. سیستم معادلاتی کوکریجینگ را می‌توان به هر تعداد متغیر ثانویه تعمیم داد. با فرض وجود فقط یک متغیر مکانی کمکی $Z_2(x_i)$ در کنار متغیر مکانی اصلی $Z_1(x_j)$ مقدار نامعلوم متغیر در نقطه x_0 برابر $Z^*(x_0)$ است که در تخمینگر کوکریجینگ به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$Z\ (x_0)=\sum_{i=1}^{n}\lambda_{1i}Z_1(x_i)+\sum_{j=1}^{m}\lambda_{2j}Z_2(x_j) \qquad (۳)$$

که در آن:

$Z_2(x_i)$: متغیر مکانی کمکی یا ثانویه

$Z_1(x_j)$: متغیر مکانی اصلی

$Z(x_0)$: مقدار نامعلوم متغیر در نقطه x_0

m و n به ترتیب برابر با تعداد نقاط نمونه برداری متغیرهای اصلی و فرعی است.

λ_{1i} و λ_{2j} عبارتند از وزنهای آماری اختصاص داده شده به متغیرهای اصلی و کمکی .

روش وزنی معکوس فاصله

(Inverse Distance Weighted) :

این مدل یکی از روش‌های محلی (Local) درونیابی است، در این روش، مدل بر اساس نقاط همسایه برازش داده و تولید می‌شود و به نقاط مجاور بر اساس نسبت فاصله آنها از نقطه مجهول وزن خاصی اختصاص می‌یابد. درحقیقت نوعی میانگین‌گیری وزن دار صورت می‌گیرد. مقدار داده تخمینی از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌گردد:

$$Z_{x_0}=\frac{\sum_{i=1}^{\alpha}Z_{x_i}d_i^{-\alpha}}{\sum_{i=1}^{\alpha}d_i^{-\alpha}} \qquad (۴)$$

Z_{x_0} : مقدار تخمینی متغیر Z در نقطه‌ی X_0

Z_{x_i} : مقدار نمونه در نقطه‌ی X_i

d_i : فاصله‌ی نقطه‌ی نمونه تا نقطه‌ی مورد تخمین

α : ضریبی که وزن را بر اساس فاصله تعیین می‌کند.

TPSS

TPSS نوعی روش میان یابی عددی از نوع اسپیلاین به مفهوم یک صفحه‌ی نازک انعطاف پذیر است و واتسون(۱۹۸۴) ثابت کرد که نوعی کریجینگ است، جهت توازن بین داده‌های واقعی و تابع اسپیلاین نیاز به برآورد پارامتر هموارکننده دارد که بهترین توازن را بین داده‌های واقعی و تابع اسپلاین هموارشده، برقرار کند. در این روش برای محاسبه λ از تابع کواریانس زیر استفاده می‌شود.

$$C(h) = h^k \log|h| \qquad (۵)$$

$$C(0) = \xi$$

که درآن:

$C(h)$: تابع کواریانس h: فاصله‌ی بین نقاط

m: درجه مشتق جزئی داده‌های مشاهده شده

$k = m - 1$ ξ : پارامتر هموار کننده

در این مطالعه TPSS با درجات ۲، ۳، ۴ و ۵ مورد استفاده قرار گرفت.

پس از به کار بردن روشهای مذکوربرای ارزیابی از شیوه ارزیابی متقاطع به شرح زیر استفاده شد: ابتدا واریوگرام تجربی از روی اطلاعات برداشت شده رسم شده و واریوگرام تئوری بر آن برازش می‌شود. هر بار در یک نقطه مقدار اندازه‌گیری شده حذف و از روی نقاط مجاور مقداری برای آن برآورد می‌گردد. سپس مقدار واقعی به محل قبلی برگردانده می‌شود و این عمل برای تمام نقاط دارای اندازه‌گیری تکرار می‌شود. با استفاده از نتایج بدست آمده از معیارهای آماری میانگین خطای انحراف (MBE) و میانگین خطای مطلق (MAE) که اولی نشان دهنده‌ی انحراف روش و دومی نشانگر دقت هر روش می‌باشد، ارزیابی مدل انجام می‌شود. روشی که در آن میزان MAE کوچک تر باشد، مقادیر محاسبه شده توسط مدل و مقادیر واقعی به هم نزدیکتر بوده و مدل خطای کمتری دارد. در شاخص MBE تفاوت بین مقادیر مشاهداتی و محاسباتی به صورت جبری محاسبه می‌گردد لذا این شاخص می‌تواند اطلاعات مفیدی در مورد بیش یا کم برآورد کردن عملکرد مدل بدست دهد. مقادیر مثبت MBE نشان‌دهنده بیش برآورد کردن مدل و مقادیر منفی آن دال بر کم برآورد کردن آن می‌باشند.

$$MAE = \frac{\sum \left| \hat{Z}(x_i) - Z(x_i) \right|}{n} \qquad (۶)$$

$\hat{Z}(x_i)$: مقدار تخمین زده شده متغیر

$Z(x_i)$: مقدار مشاهده شده متغیر

n : تعداد نقاط اندازه‌گیری شده

$$MBE = \frac{\sum (\hat{Z}(x_i) - Z(x_i))}{n} \qquad (۷)$$

هر یک از این دو آماره به طور ایده آل باید برابر صفر باشد ولی در عمل هیچ‌گاه چنین نیست. و هر چه مقدار این دو آماره کمتر باشد روش از دقت بیشتری برخوردار است.

نتایج و بحث

آمار توصیفی متغیرهای مورد مطالعه یعنی شوری، اسیدیته و درصد آهک در جدول (۱) خلاصه شده است.

با توجه به مقادیر چولگی و کشیدگی در جدول مذکور و نیز منحنی‌های توزیع فراوانی که در شکل (۲) نشان داده شده است. با استفاده از نرم افزار Minitab و روش اسمیرنوف- کلموگروف آزمون نرمالیته انجام گرفت و ملاحظه می‌گردد که داده‌های درصد آهک و اسیدیته نرمال بوده (P-Value<0.005) ولی داده‌های شوری نرمال نیستند (P-Value>0.005) و از توزیع لوگ نرمال پیروی می‌کند.

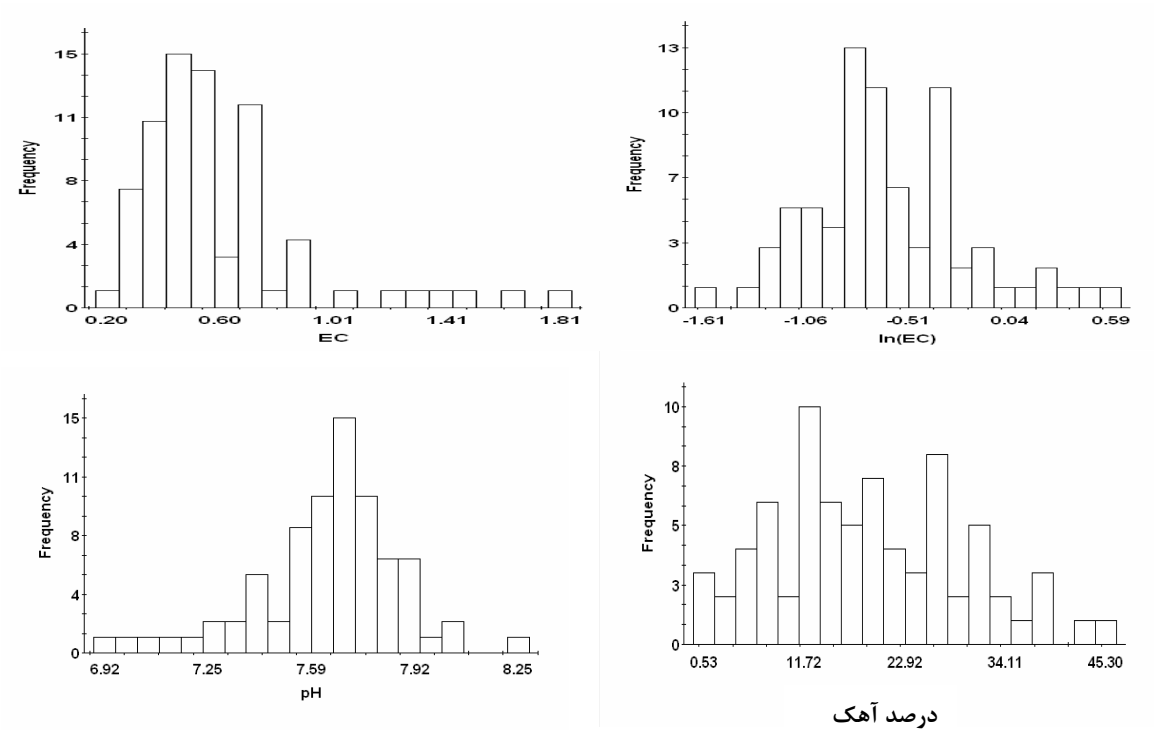
ضریب همبستگی بالایی بین داده‌های شوری- اسیدیته ($r^2 = ۰/۸۴$)، اسیدیته- درصد آهک($r^2 = ۰/۷۱$) و درصد آهک- شوری($r^2 = ۰/۷۳$) وجود دارد. با توجه به همبستگی بالای بین جفت متغیرهای ذکر شده تخمین شوری از اسیدیته، اسیدیته از درصد آهک و درصد آهک از روی مقادیر داده‌های شوری با کوکریجینگ منطقی به نظر می‌رسد. جهت بررسی وجود یا عدم وجود همبستگی مکانی متغیرهای مورد مطالعه پس از برازش چند مدل واریوگرام و بررسی ظاهری آنها، این نتیجه حاصل شد که تمام داده‌ها را می‌توان از مدل کروی توصیف کرد. . مدل مناسب برای برازش بر روی نیم تغییرنمای تجربی با توجه میزان نسبت $C_0/(C_0+C)$ که که باید کمتر از ۰/۵ باشد. این نسبت معرف آن است که چه مقدار از کل تغییر پذیری را اثر قطعه‌ای توجیه می‌کند(۱). بنابراین با استفاده معیار $C_0/(C_0+C)$ به ترتیب ۰/۲۸، ۰/۱۳ و۰/۳۱ برای شوری، درصد آهک و اسیدیته ، که همگی کمتر از۰/۵می‌باشد، مدل کروی برای وایوگرام‌ها مناسب‌ترین مدل تشخیص داده شد. اثر قطعه‌ای، حد آستانه و دامنه تاثیر برای این مدل در سه پارامتر مورد بررسی محاسبه گردید که خلاصه آن در جدول (۲) آمده است.

با توجه به جدول (۳) و بررسی نتایج حاصل از ارزیابی روش‌های مختلف درون‌یابی در برآورد میزان شوری، اسیدیته و درصد آهک این نتیجه حاصل شد که روش کوکریجینگ با حداقل MAE ،به ترتیب ۰/۲۱۸، ۰/۱۵۶ . و ۷/۳۵۳ بیشترین دقت را داشته است. روش TPSS با توان ۳ بعد از روش کوکریجینگ، در برآورد دو پارامتر شوری و اسیدیته بیشترین دقت را داشته ولی در مورد درصد آهک روش کریجینگ بعد از روش کوکریجینگ دارای بیشترین دقت بوده است. با توجه به نتایج حاصل شده، دقت برآورد روش‌های مختلف بسیار نزدیک به هم می‌باشد طوری که روش کوکریجینگ با اختلاف بسیار ناچیز دارای دقت بهتری بوده است در این حالت با در نظر گرفتن پیچیدگی محاسباتی و مدل سازی واریوگرام متقابل، میتوان از روش کریجینگ معمولی به دلیل سادگی و دقت کافی استفاده نمود. نتایج حاصل از رتبه بندی روش‌های میان یابی بر اساس دقت پیش بینی در جدول (۳) آمده است. نقشه پراکنش میزان شوری، اسیدیته و

درصد آهک سطحی با استفاده از تخمین گـر کوکریجینـگ در شـکل (۴) نشان داده شده است.

(جدول ۱) - توصیف متغیرهای مورد بررسی

متغیر مورد بررسی	میانگین	حداقل	حداکثر	ضریب تغییرات	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی	دامنه تغییرات
اسیدیته	۷/۶۴	۶/۹۲	۸/۲۵	۳/۰۱	۰/۲۳	-۰/۶۸	۴/۲۷	۱/۳۳
شوری (mmoh/cm)	۰/۶	۰/۲	۱/۸۱	۵۱/۶۷	۰/۳۱	۱/۹۱	۶/۸۸	۱/۶۱
درصد آهک (٪)	۱۸/۸۵	۰/۵۳	۴۵/۳	۵۶/۴۵	۱۰/۶۴	۰/۳۶	۲/۵۲	۴۴/۷۷

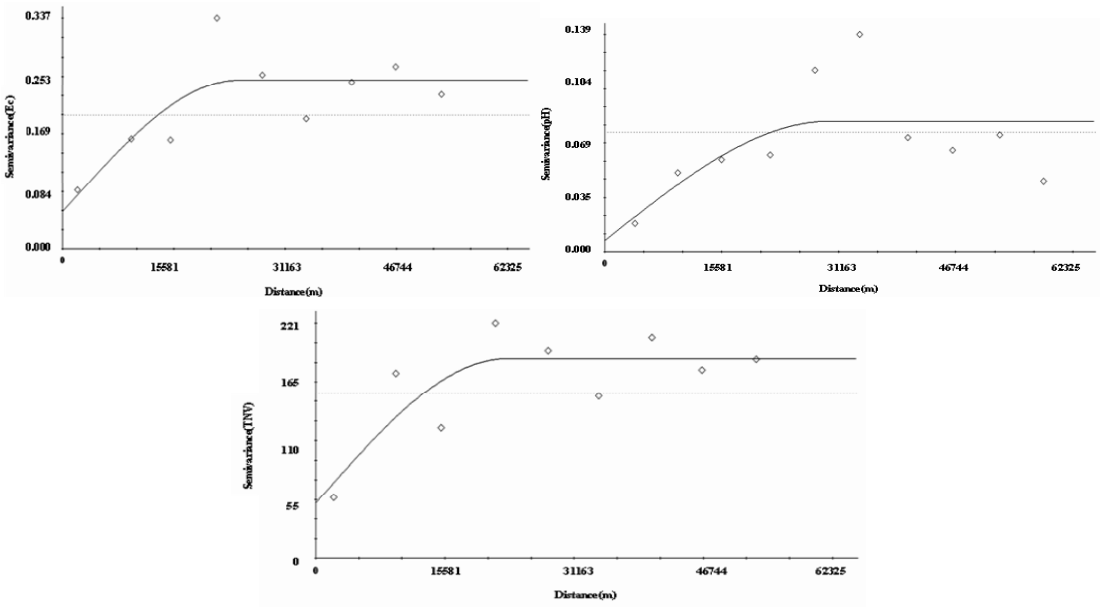


(شکل ۲)- منحنی‌های فراوانی داده‌های شوری، اسیدیته و درصد آهک در ۰ تا ۳۰ سانتی متری سطح خاک

(جدول ۲)- مشخصات مدل کروی برازش داده شده بر مقادیر نیم تغییرنماهای تجربی اسیدیته، شوری و درصد آهک

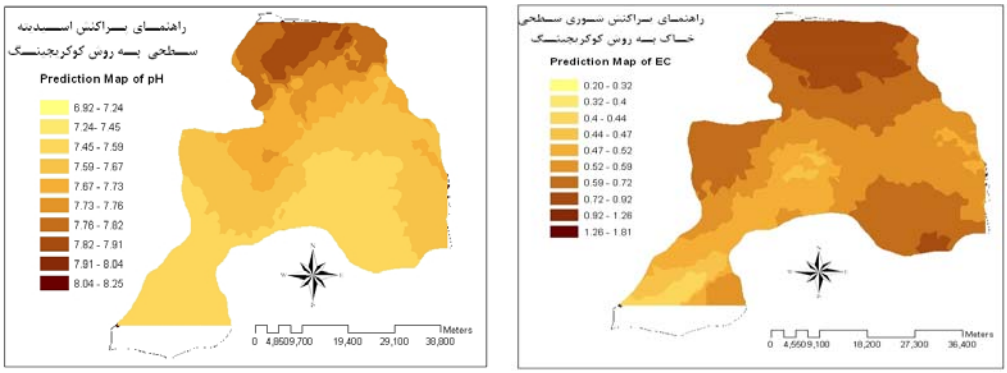
متغیر	روش	اثر قطعه ای	دامنه تاثیر (km)	حد آستانه
اسیدیته	کریجینگ	۰/۰۳۹	۲۰	۰/۰۱۶
	کوکریجینگ (درصد آهک)	۰/۰۵	۶۸	۰/۰۰۷
شوری	کریجینگ	۰/۱۶۵	۶۸	۰/۰۵۶
	کوکریجینگ (اسیدیته)	۰/۱۶۵	۶۸	۰/۰۵۶
درصد آهک	کریجینگ	۶۹/۱۵	۶۸	۸۳/۵
	کوکریجینگ (شوری)	۵۵/۵	۶۶	۸۷/۷۳

مدل نیم تغییرنمای برازش داده شده برای سه پارامتر در شکل۳ نشان داده شده است.

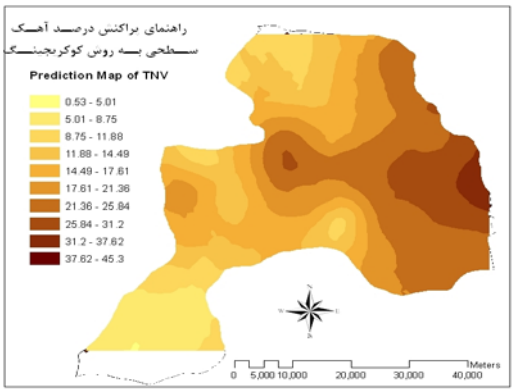


(شکل ۳)- نیم تغییرنماهای تجربی و مدل‌های برازش داده شده به آنها

(a) (b)



(c)



(شکل ٤)- نقشه‌های پراکنش اسیدیته (a)، شوری (b) و درصد آهک (c) با استفاده از کوکریجینگ

(جدول ۳) مقایسه روشهای مختلف در تخمین اسیدیته، شوری و درصد آهک

متغییر مورد بررسی	روش درون یابی	MAE	MBE	رتبه بر اساس MAE
اسیدیته	کریجینگ	۰/۱۶۳	۰/۰۰۶	۳
	کوکریجینگ	۰/۱۵۶	۰/۰۰۸	۱
	۲IDW	۰/۱۷۲	۰/۰۱۲	۷
	۳IDW	۰/۱۸۶	۰/۰۱۲	۸
	۴IDW	۰/۱۹۵	۰/۰۱۲	۹
	۵IDW	۰/۲۰۲	۰/۰۱۳	۱۰
	۲ TPSS	۰/۱۶۴	۰/۰۰۶	۴
	۳ TPSS	۰/۱۶۱	۰/۰۰۶	۲
	۴ TPSS	۰/۱۶۵	۰/۰۰۶	۵
	۵ TPSS	۰/۱۶۶	۰/۰۰۶	۶
شوری	کریجینگ	۰/۲۲۲	-۰/۰۰۲۴۴	۳
	کوکریجینگ	۰/۲۱۸	-۰/۰۰۲۶۸	۱
	۲IDW	۰/۳۶۱	-۰/۰۰۴	۷
	۳IDW	۰/۲۵۲	-۰/۰۰۴	۸
	۴IDW	۰/۲۶۴	-۰/۰۰۴	۹
	۵IDW	۰/۲۷۴	-۰/۰۰۴	۱۰
	۲ TPSS	۰/۲۲۴	-۰/۰۰۳	۵
	۳ TPSS	۰/۲۲۰	-۰/۰۰۴	۲
	۴ TPSS	۰/۲۲۳	-۰/۰۰۴	۴
	۵ TPSS	۰/۲۲۵	-۰/۰۰۴	۶
درصد آهک	کریجینگ	۷/۴۵۶	۰/۰۶۵	۲
	کوکریجینگ	۷/۳۵۳	۰/۰۰۲	۱
	۲IDW	۷/۴۶۷	۰/۳۰۴	۴
	۳IDW	۷/۳۸۵	۰/۲۴۴	۳
	۴IDW	۷/۴۸۳	۰/۲۱۵	۵
	۵IDW	۷/۶۰۸	۰/۲۰۴	۶
	۲ TPSS	۷/۶۲۷	۰/۵۲۰	۸
	۳ TPSS	۷/۶۱۹	۰/۵۲۷	۷
	۴ TPSS	۷/۶۳۶	۰/۵۳۲	۹
	۵ TPSS	۷/۶۴۱	۰/۵۳۶	۱۰

منابع

۱- عماری، پ. ۱۳۷۷. مطالعات اجمالی خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی منطقه بوکان (استان آذربایجان غربی). نشریه شماره ۱۰۲۷. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی موسسه آب وخاک. صفحه ۷۶.

۲- محمدی، ج. ۱۳۷۷. مطالعه تغییرات مکانی شوری خاک در منطقه رامهرمز (خوزستان) با استفاده از نظریه زمین آمار. ۱

۳- کریجینگ. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد۲، شماره ۴، ص.۶۴-۴۹.

4- Alemi, M.H., A.S. Azari, & D.R. Nielsen. 1980. Kriging and univariate modeling of a spatial correlated data. Soil Technology.1: 133-147. 4. Bellehumeur, C., D. Marcotte, & P.

5- Legendre. 2000. Estimation of regionalized phenomena by geostatistical

6- Campbell, J. B. 1978. Spatial variation of sand content and pH within single contiguous delineations of two soil mapping units. Soil Soc. Am. J. 42: 460 – 464.

7- Hajrasuliha, S., N. Baniabbasi, J. Metthey and D. R. Nielsen. 1980. Spatial variability of soil sampling for salinity

studies in southwest Iran. Irrig. Sci. 1: 197 – 208.
8- Hosseini, E., J. Gallichand, & J. Caren. 1993. Comparison of several interpolators for smoothing hydraulic conductivity data in south west Iran. Transactions of the ASAE. 36(6): 1687-1693.
9- Laslett, G.M., Mcbrathey, P.J. Pahl, & M.F. Hutchinson. 1987. Comparison of several spatial prediction methods for soil pH. Soil Science. 38: 325-341.
10- Li, B. and T.C. J. Yeh 1999. Cokrigng estimation of the conductivity field under variably saturated flow conditions. Wat. Res. 35: 3663-3674.
11- Moustafa, M.M. & A. Yomota. 1998. Spatial modeling of soil properties for subsurface drainage projects. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 124(4): 218-228.
12- Pozdnyakova, L., R.D. Zhang, P.C. Robert, R.H. Rust, & W.E. larson. 1999. Estimating spatial variability of soil salinity using geostatistical methods. Proceedings of Fourth International Conference on Precision Agriculture, St. Paul, Minnesota, USA. Part A and B, 79-89.
13- Stein, A., I. G. SStaritsky, A. J. Bouma. A. C. Van Eijnsbergen and A. K. Bregt 1991. Simulation of moisture deficits and areal interpolation by universal cokriging. Wat.Res. 27:1963-1973.
14- Vaughan, P. J., S.M. Lesch, D. L. Corwin and D. G. Cone 1995. Water content effect on soil salinity prediction: A geostatistical study using cokriging. Soil Sci. Soc. Am. J. 59: 1146-1156.
15- Wu, J., Norvell, W.A., Welch, R.M. 2006. Kriging on highly skewed data for DTPA-extractable soil Zn with auxiliary information for pH and organic carbon. Geoderma 134: 187– 199
16- Yanl, LI., Zhou, SHI., Ci-fang, WU., Hong-yi, LI and Feng, LI. 2007.Improved Prediction and Reduction of Sampling Density for Soil Salinity by Different Geostatistical Methods. Agricultural Sciences in China . 6(7): 832-841
17- Zhang, R., Shouse, P.J., Yates, S. R. & Kravchenko, A. 1997. Application of geostatistics in soil science. Trends in soil science .2: 95-104.

Journal of Water and Soil
Vol. 23, No. 2, Summer 2009, p.46-54

مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۸، ص ۵۴-۴۶

Evaluation of different spatial estimating on estimating soil salinity, pH and $CaCO_3$ percentage (Case study of Boukan region)

Kh. Ahmad auli[*] - S. Nikmehr - A. Liaghat[1]

Abstract

Understanding distribution of physical and chemical soil parameters is very important in recognizing, planning, and soil and water resources management in precision agriculture. Regard to the problems related to direct measurement, finding solution to estimate these parameters are very essential. The purpose of this study was to evaluate the spatial variation of some soil parameters such as; soil salinity, pH and $CaCO_3$ percentage using different methods of interpolation and then to select the most suitable method for estimation of the proposed parameters in the Boukan region with total area 2992 Km^2. Totally, 183 soil samples were taken from 0-30 cm soil depth in order to cover whole studied area and the amount of salinity, pH and $CaCO_3$ percentage were measured in all soil samples. Then, different interpolation methods (kriging, cokriging, weighted moving average with powers of 2, 3, 4 and 5 and TPSS with powers of 2, 3, 4 and 5) with ArcGIS and GS^+ software were used to analyze data. The proposed methods were evaluated by MAE (Mean Absolute Error) and MBE (Mean Bias Error) statistics indexes. The results of this study showed that the cokriging method with minimum MAE 0.218, 0.156 and 7.353 for salinity, pH and $CaCO_3$ percentage respectively, is the most accurate method.

Key words: Acidity, Boukan, Salinity, Cokriging, IDW

(* - Corresponding author Email: khaled.ahmadauli@ gmail. com)
1- Contribution from University of Tehran