

بررسی و مقایسه روش‌های مختلف زمین‌آمار در تهیه نقشه شوری خاک (مطالعه موردی در دشت میامی)

علیرضا ارزانی^۱، زرین تاج علی‌پور^{۲*}، فرهاد تقی‌پور^۳ و احمد اخیانی^۳

۱- استادیار، گروه خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دامغان، ایران

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه خاکشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دامغان، ایران، پست الکترونیک: zalipour58@gmail.com

۳- مربی، مرکز تحقیقات کشاورزی استان سمنان، بخش تحقیقات آب و خاک، شاهرود، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۲۳

تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۹

چکیده

شور شدن اراضی از معضلات مهم و مخرب در بخش کشاورزی است که باید با تدبیر و مدیریت صحیح علمی این روند کنترل شود. اولین گام در این راه، شناسایی و تهیه نقشه مناطق شور است. در چند دهه گذشته استفاده از روش‌های زمین‌آمار و سنجش از دور برای تهیه نقشه شوری خاک و پایش تغییرات آن توسعه پیدا کرده است. هدف از این مطالعه مقایسه قابلیت روش‌های زمین‌آماري مختلف برای تهیه نقشه شوری خاک سطحی در بخشی از دشت میامی واقع در شهرستان میامی استان سمنان می‌باشد. برای انجام این کار تعداد ۲۲۵ نمونه خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک سطحی از محل تقاطع خطوط شبکه منظم به ابعاد ۶۰۰ * ۶۰۰ متری با کمک GPS تهیه شد و EC، pH و درصد رس نمونه‌های خاک اندازه‌گیری شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که روش کریجینگ با میانگین مطلق خطا ۲/۲۹ از دقت بالاتری نسبت به سایر روش‌های میانجی‌بری برخوردار بود و در مقابل روش Thin plate spline با میانگین مطلق خطای ۴/۳۸ کمترین دقت را داشت. بر اساس نقشه تهیه شده در منطقه مورد مطالعه بیشترین مقدار شوری ۱۵/۶۹ ds/m و کمترین مقدار شوری ۲/۰۲ ds/m و میانگین شوری در دشت میامی ۵/۲۴ ds/m بود.

واژه‌های کلیدی: دشت میامی، میانجی‌بری، کریجینگ، شوری.

مقدمه

آبیاری بی‌رویه، فقر زهکشی و کیفیت نامناسب آب آبیاری باعث تجمع نمک در خاک می‌شود. شور و سدیمی شدن خاک یکی از مهمترین فرایندهای مخرب خاک به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. در این مناطق تبخیر و تعرق بالقوه بیش از مقدار بارندگی و به‌همین دلیل نمک‌های محلول در خاک انباشته شده و باعث افزایش شوری و کاهش باروری خاک می‌شود. فرایند شور شدن خاک باعث کاهش ارزش و بهره‌وری مناطق وسیعی از اراضی در سراسر جهان شده است

(Elhag, 2016). همچنین وجود سدیم زیاد در خاک، سبب پراکنش ذرات خاک و تخریب خاک شده و فرسایش را تشدید می‌کند. برای زمان‌بندی ارزیابی شور شدن اراضی تحت آبیاری، به‌منظور تشخیص پیامدهای آن و همچنین ارزشیابی مناسب بودن اقدامات مدیریتی ذیربط یک راهکار عملی مورد نیاز می‌باشد. بررسی تغییرات شوری خاک به‌ویژه در مناطقی با وسعت زیاد، گران و زمان‌بر است. از این‌رو نیاز به روش‌هایی احساس می‌شود که بتواند براحتی سطح وسیعی از مناطق را پایش کرده و روند تغییرات شوری را مورد بررسی قرار دهد.

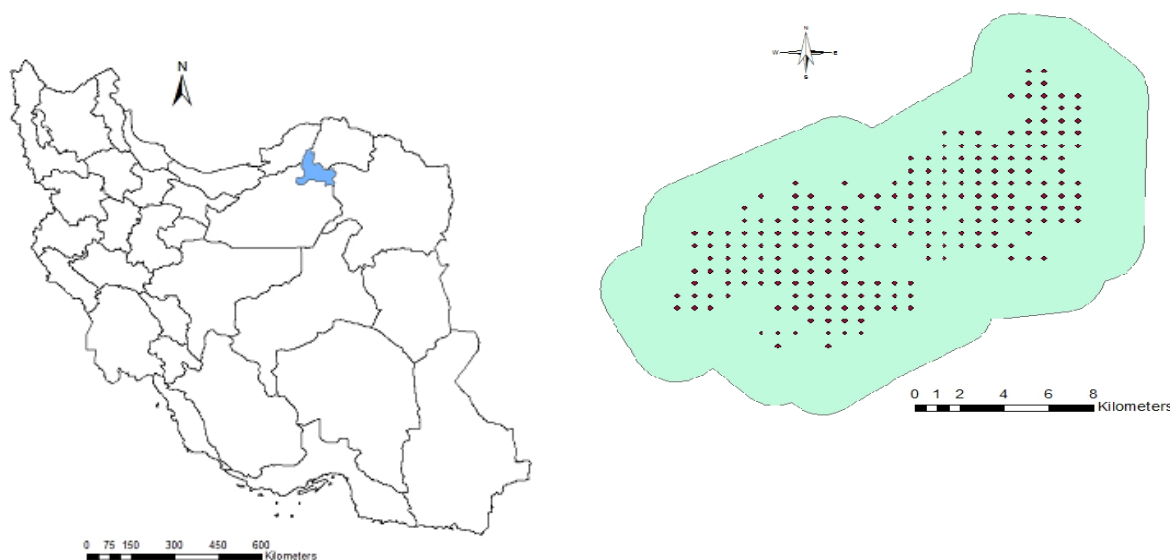
زمینه مدیریت منابع آب و خاک دارد. نخستین تجربه‌ها برای به‌کارگیری روش‌های آماری مبتنی بر ژئواستاتستیک در علوم خاک، با تجزیه و تحلیل pH و میزان شن خاک با استفاده از تابع واریوگرام، توسط Campbell (۱۹۸۷) آغاز گردید. کاربرد نظریه ژئواستاتستیک در ایران که به آن زمین‌آمار اطلاق می‌شود، اولین مرتبه توسط Hajrasuliha و همکاران (۱۹۸۰) به‌منظور تجزیه و تحلیل تغییرات مکانی شوری خاک در خاک‌شناسی استفاده گردید. در ایران مطالعه‌ای برای تعیین روش‌های مناسب میان‌یابی برای ایجاد نقشه‌های مقدار شوری خاک در جنوب غربی ایران به وسیله Hosseini و همکاران (۱۹۹۴) انجام شد. این مطالعه در ۱۶ هزار هکتار از اراضی استان خوزستان انجام شده است و نامبردگان نشان دادند که روش کریجینگ معمولی نسبت به روش‌های دیگر دقیق‌تر بوده‌است. Eldeiry و همکاران (۲۰۰۹) برای تهیه نقشه شوری خاک و مقایسه عملکرد انواع مختلف محصول یونجه، طالبی، ذرت و گندم به‌عنوان شاخص‌های شوری خاک در بخش جنوبی ارکانزاس حوضه رودخانه کلرادو دریافتند که روش کریجینگ نسبت به روش کوکریجینگ تخمین‌های بهتری در نشان دادن تغییرات عملکرد محصولات نسبت به تغییرات کوچک شوری خاک داشت. Asfaw و همکاران (۲۰۱۶) از تلفیق سنجش از دور و تکنیک‌های زمین‌آمار برای تهیه نقشه شوری خاک اراضی فاریاب کشت نیشکر در کشور اتیوپی استفاده کردند. در ایران اختری و اسدی میابادی (۱۳۹۵) با استفاده از داده‌های میدانی و روش درون‌یابی کریجینگ نقشه‌های پراکنش سدیم، منیزیم، پتاسیم، کلسیم، هدایت الکتریکی و اسیدیته برای جنوب دشت ملایر تهیه نمودند. علیپور و همکاران (۱۳۸۶) در بررسی مکانی شاخص فرساینده‌گی باران در حوضه دریاچه نمک به این نتیجه رسیدند که روش فازی کریجینگ و در مرحله بعدی روش کوکریجینگ با متغیر کمکی بیشینه بارندگی ماهانه بیشترین دقت را در بین روش‌های میان‌یابی دارند. محمدخانی (۱۳۸۸) از شبیه‌سازی هیتوگراف بارش وقایع مختلف تثبیت شده در ایستگاه‌ها، برای یافتن راهی برای شبیه‌سازی بارش در مناطق فاقد ایستگاه، از روش‌های درون‌یابی استفاده نمود.

امروزه با پیشرفت علوم، استفاده از فناوری‌های جدید مانند دریافت و پردازش داده‌ها از طریق ماهواره و به‌کارگیری نرم‌افزارها و سیستم‌های پردازش اطلاعات مانند زمین‌آمار، نقش مهمی در مدیریت منابع آب و خاک دارد. در این فناوری اغلب موجب کاهش هزینه و افزایش دقت و سرعت در انجام پروژه‌ها می‌گردد. در چند دهه گذشته استفاده از روش‌های زمین‌آمار و سنجش از دور برای تهیه نقشه شوری خاک و پیش‌تغییرات آن توسعه پیدا کرده است (Fan et al., 2016؛ Bogaert و Hamzehpour, 2017). (Ninerola et al., 2017) تغییرات مکانی-زمانی شوری خاک قسمت‌های غربی خاک دشت ارومیه با روش انتروپی حداکثر ارباب را مورد بررسی قرار دادند و اقدام به تهیه نقشه شوری خاک نمودند. بررسی تغییرات زمانی شوری خاک، نشان داد که در طول دوره مطالعه، وضعیت شوری در اراضی کشاورزی دورتر از بستر قدیمی دریاچه ارومیه نسبتاً پایدار بوده است. Abdelfattah (۲۰۰۹) از تلفیق تکنیک سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی برای تهیه نقشه شوری خاک استفاده کرد. در تحقیق دیگری Douaoui و همکاران (۲۰۰۶) برای تهیه نقشه شوری خاک در منطقه الجزایر از روش‌های زمین‌آمار استفاده کردند. آنان در تحقیقات خود از داده‌های تصاویر ماهواره به‌عنوان متغیر کمکی در روش کوکریجینگ استفاده کردند. علم زمین‌آمار نیز که بر پایه نظریه مکانی استوار بوده، قادر به ارائه مجموعه گسترده‌ای از تخمین‌گرهای آماری به‌منظور برآورد ویژگی مورد نظر در مکانی که نمونه‌برداری نشده، با استفاده از اطلاعات بدست آمده از نقاط نمونه برداری شده است (Goovaerts, 1999). البته شناسایی مناطق شور و تهیه نقشه شوری خاک به‌منظور اعمال مدیریت خاک می‌تواند یکی از راهکارها باشد. هدف اصلی از انجام این مطالعه، تهیه نقشه شوری خاک و مشخص کردن زمین‌هایی با شوری یکسان برای ارائه برنامه مدیریتی ویژه برای اصلاح خاک‌های منطقه مورد مطالعه و شناسایی زمین‌های با محدودیت کم شوری در این منطقه می‌باشد. از اهداف دیگر، می‌توان کمک به مسئولان را برای استفاده از روش اجرایی یادشده برای پیش‌اراضی نام برد. آگاهی از توزیع مکانی خصوصیات خاک فواید زیادی در

مواد و روش‌ها

میامی یکی از شهرستان‌های استان سمنان است. این شهرستان در شمال‌شرق استان سمنان واقع شده و قسمت شمالی آن کوهستانی و سردسیر و قسمت جنوبی آن دشت معتدل است. طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۳۹ دقیقه و عرض

جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه از خط استوا و در ارتفاع ۱۰۲۵ متری از سطح دریا قرار دارد. شکل شماره (۱)، موقعیت محدوده مطالعاتی را نمایش می‌دهد. متوسط بارندگی ۱۰ ساله در محدوده ایستگاه هواشناسی منطقه میامی ۱۱۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه ۱۵/۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی دشت میامی

روش نمونه‌برداری

برای نمونه‌برداری از خاک دشت میامی، بر روی منطقه تعیین شده در دشت میامی، با استفاده از نرم‌افزار Google Earth یک شبکه منظم حدود ۸۳۰۰ هکتاری با فواصل ۶۰۰ متری بر روی نقشه در نظر گرفته شد. از تقاطع خطوط شبکه و عمق ۳۰-۰ نمونه‌برداری شده و در مجموع ۲۲۵ نمونه خاک به آزمایشگاه تحویل داده شد. مشخصات هر یک از نمونه‌ها از نظر مختصات جغرافیایی توسط دستگاه GPS تعیین و یادداشت‌برداری گردید. بافت خاک (درصد رس)، EC و pH نمونه‌ها اندازه‌گیری شد.

روش‌های میان‌یابی

به منظور تهیه نقشه شوری خاک منطقه مورد مطالعه و تبدیل اطلاعات نقطه‌ای به ناحیه‌ای روش‌های مختلف زمین

آماري مانند میانگین متحرک وزندار، کریجینگ معمولی و کوکریجینگ مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این مرحله از نرم‌افزارهای ARCGIS10 و GS+ برای تهیه نقشه‌های مختلف با روش‌های میان‌یابی مختلف استفاده شد. در تکنیک‌های زمین‌آمار از خصوصیات آماری نقاط اندازه‌گیری شده استفاده می‌گردد و بر اساس همبستگی مکانی بین نقاط اندازه‌گیری شده، نحوه پراکندگی نقاط حول نقطه تخمین و ساختار مکانی، نقاط مجهول برآورد می‌شوند. برای انتخاب روش مناسب میان‌یابی برای تبدیل اطلاعات نقطه‌ای به ناحیه‌ای از تکنیک ارزیابی متقابل (Cross-Validation) استفاده شده است. در این روش، در هر مرحله یک نقطه مشاهده‌ای حذف شده و با استفاده از بقیه نقاط مشاهده‌ای، آن نقطه برآورد می‌شود. این کار برای کلیه نقاط مشاهده‌ای تکرار می‌شود، به طوری که در آخر به تعداد

استفاده شده است. آمارهای توصیفی خصوصیات مورد مطالعه در جدول (۱) خلاصه شده است. آزمون نرمالیته داده‌ها به وسیله آزمون کولموگروف اسمیرنوف نشان داد که متغیر شوری دارای توزیع نرمال است ولی توزیع درصد رس و واکنش خاک نرمال نیست. Zhou و همکاران (۲۰۱۰) همبستگی معنادار بین بافت خاک، درصد رس، مقدار نمک و رطوبت خاک در عمق ۰-۲۰ سانتی‌متری خاک مشاهده نموده‌اند. در این تحقیق نیز در روش کوکریجینگ از متغیر کمکی درصد رس و pH خاک استفاده شده است.

نقاط مشاهده‌ای برآورد وجود خواهد داشت. برای ارزیابی میزان دقت از آماره‌های میانگین خطای انحراف (MBE)، میانگین خطای مطلق (MAE) و ریشه دوم میانگین مربع خطا (RMSE) استفاده شده است. هر قدر این دو معیار به صفر نزدیکتر باشد، نشان‌دهنده اختلاف کمتر مقادیر برآورد شده نسبت به مقادیر مشاهده‌ای است. در این تحقیق، مقایسه براساس معیار اصلی ریشه دوم میانگین مربع خطا انجام شده است و در شرایطی که نتوان به کمک آن قضاوت کرد، از سایر معیارهای ارزیابی همانند میانگین قدرمطلق خطا

جدول ۱- آماره‌های توصیفی هدایت الکتریکی ds/m، pH و درصد رس

آماره متغیر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	چولگی	کشیدگی
هدایت الکتریکی	۵/۳	۳/۹۰	۱	۲۴	۰/۵۷	۳/۳۶
PH	۷/۸۳	۰/۲۱۹	۷/۳۵	۸/۵۹	۰/۸۳	۰/۴۷
رس (درصد)	۸/۰۳	۴/۴۰	۰	۲۳	۰/۶۵	۰/۲۸

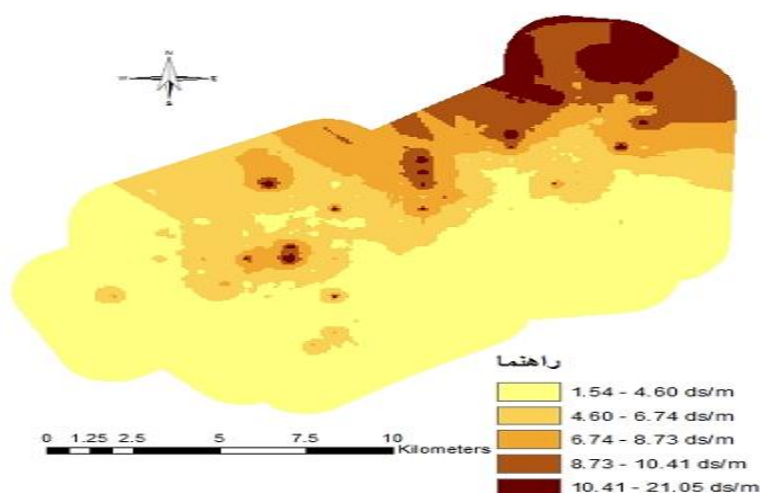
نتایج

نقشه شوری خاک با استفاده از روش عکس فاصله وزن‌دار به‌منظور تهیه نقشه شوری خاک روش میان‌یابی عکس فاصله وزن‌دار با توان ۱، ۲ و ۳ مورد ارزیابی قرار گرفت. مقایسه خطای روش‌های مختلف نشان داد که روش عکس فاصله وزن‌دار با توان یک با ریشه دوم میانگین مربعات خطا ۳/۶۸ کمترین خطا را بین مقادیر اندازه‌گیری شده و برآورد شده به خود اختصاص داده است و در مقابل روش عکس فاصله وزن‌دار با توان سه با ریشه دوم میانگین

مربعات خطا ۳/۷۶ بیشترین خطا را نشان داده است (جدول ۲). بر اساس نقشه بدست آمده با روش عکس فاصله وزن‌دار کمترین مقدار شوری با هدایت الکتریکی برابر با ۱/۵۴ در قسمت جنوب منطقه مورد مطالعه واقع شده است. براساس نتایج بدست آمده کمتر از ۱۶ درصد از مساحت منطقه دارای هدایت الکتریکی کمتر از ۴/۶ ds/m است و بیش از ۸۰ ds/m از مساحت منطقه هدایت الکتریکی بالای ۴/۶ ds/m دارد. همچنین میانگین شوری خاک منطقه ۵/۲۵ ds/m است (شکل ۲).

جدول ۲- نتایج ارزیابی روش عکس فاصله وزن‌دار به توان‌های مختلف

روش	MAE	MBE	RMSE
توان ۱	۲/۳۷	-۰/۱۲۴	۳/۶۸
توان ۲	۲/۳۶	-۰/۱۳۳	۳/۷۱
توان ۳	۲/۴۰	-۰/۱۳۸	۳/۷۶



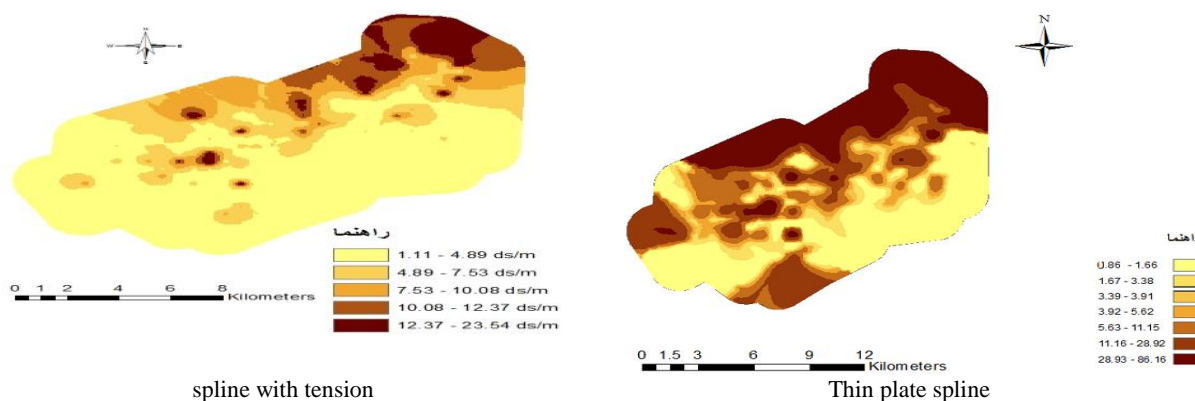
شکل ۲- نقشه تهیه شده با استفاده از روش عکس فاصله وزندار با توان ۱

میانگین مربعات خطا $4/38$ بیشترین خطا را به خود اختصاص داده است. میانگین خطای انحراف در روش Spline with Tension $-0/06$ و در روش Thin plate Spline $-0/07$ است. بر اساس نقشه تهیه شده حدود ۱۴ درصد از مساحت منطقه دارای شوری کمتر از 4 ds/m است و بیش از ۸۵ درصد منطقه دارای شوری بیش از 4 است. میانگین شوری در منطقه با استفاده از روش اسپلاین $5/3$ ds/m است (شکل ۳).

نقشه شوری خاک با استفاده از روش اسپلاین در این تحقیق برای تهیه نقشه شوری خاک از دو روش اسپلاین استفاده شده است. نتایج ارزیابی هر یک از این روش‌ها در جدول (۳) آمده است. براساس نتایج بدست آمده روش Spline with Tension با میانگین خطای مطلق $2/42$ و ریشه دوم میانگین مربعات خطا $3/75$ کمترین خطا و روش Thin plate Spline با میانگین خطای مطلق $2/95$ و ریشه دوم

جدول ۳- نتایج ارزیابی روش اسپلاین

روش	MAE	MBE	RMSE
Thin plate Spline	$2/95$	$-0/07$	$4/38$
Spline with Tension	$2/41$	$-0/06$	$3/75$



شکل ۳- نقشه تهیه شده با استفاده از روش Thin plate spline و spline with tension

نقشه شوری خاک با استفاده از روش کریجینگ معمولی اولین گام در استفاده از روش کریجینگ بررسی وجود ساختار مکانی در بین داده‌ها توسط آنالیز تغییرنا می‌باشد. به‌منظور بررسی وجود ساختار مکانی در بین داده‌ها نیم تغییر نمای تجربی ترسیم گردید. مشخصات مدل برازش داده شده

در جدول ۵ آورده شده است. شعاع تأثیر مدل نمایی برازش داده شده ۸۱۰۰ متر می‌باشد. مقادیر اثر قطعه‌ای مدل برازش داده شده بر داده‌ها ۴۵ درصد است که نشان‌دهنده این مطلب است که نقش مؤلفه ساختاردار بیش از مؤلفه تصادفی است و مدل از ساختار فضایی قوی برخوردار است.

جدول ۴- نتایج ارزیابی روش کریجینگ معمولی

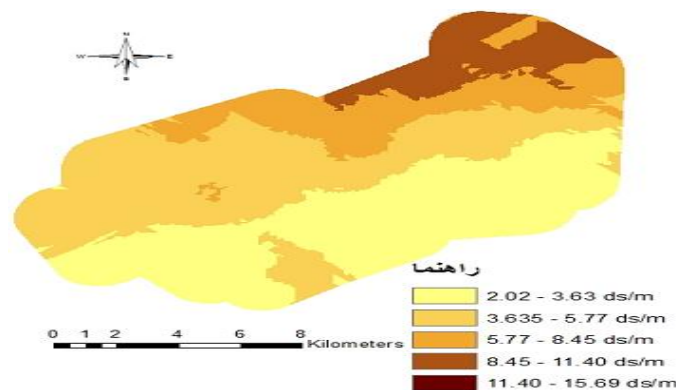
روش	MBE	MAE	RMSE
کریجینگ معمولی	-۰/۱۴	۲/۲۹	۳/۶۴

جدول ۵- مشخصات مدل انتخابی بر داده‌های شوری در منطقه مورد مطالعه

روش	مدل	شعاع تأثیر	آستانه	اثر قطعه‌ای
		(m)	(C ₀ + C)	(C ₀)
کریجینگ معمولی	نمایی	۸۱۸۰	۰/۳۸	۰/۱۷

در شکل ۴ نقشه شوری خاک منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش کریجینگ معمولی تهیه شده است. مطابق این شکل کمترین مقدار شوری برابر با ۲/۰۲ ds/m مربوط به نقطه‌ای با "۳۶°۲۶'۲۲" عرض شمالی و "۵۵°۴۴'۴۵" طول شرقی در قسمت جنوبی منطقه است. میانگین شوری در

منطقه مورد مطالعه ۲۴/۵ ds/m است. مطابق نقشه بدست آمده حدود ۱۷ درصد از مساحت منطقه شوری زیر ۳ ds/m دارد و بیش از ۸۰ درصد خاک‌های منطقه دارای شوری بالاتر از ۳ ds/m است. همچنین مقادیر شوری خاک به سمت قسمت‌های شمالی منطقه روند افزایشی دارد.



شکل ۴- نقشه تهیه شده با استفاده از روش کریجینگ

نقشه شوری خاک با استفاده از روش کوکریجینگ و متغیرهای کمکی pH و درصد رس در روش کوکریجینگ استفاده از روش‌های میان‌یابی و

متغیرهای کمکی که با پارامتر موردنظر دارای همبستگی هستند، ضروری به‌نظر می‌رسد. نتایج آزمون همبستگی نشان داد که pH و درصد رس همبستگی بالا و معنی‌داری با

مشخصات برازش داده شده بر نیم‌تغییرنمای تجربی روش کوکریجینگ با متغیر کمکی pH نشان داده شده است. مطابق شکل ۵ کمترین مقدار شوری برابر با $2/08$ ds/m مربوط به منطقه‌ای در قسمت جنوبی منطقه است. میانگین شوری در منطقه مورد مطالعه $5/24$ ds/m است. مطابق نقشه بدست آمده حدود ۲۲ درصد از مساحت منطقه شوری زیر $3/5$ ds/m دارد و بیش از ۷۵ درصد خاک‌های منطقه دارای شوری بالاتر از 4 ds/m است. همچنین مقادیر شوری خاک به سمت قسمت‌های شمال‌غربی منطقه روند افزایشی دارد (شکل ۵).

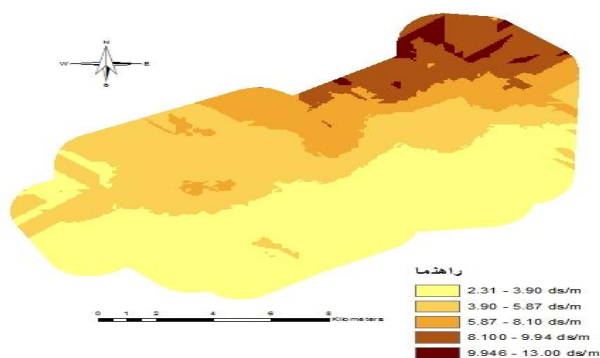
شوری خاک دارند و از pH و درصد رس به‌عنوان متغیر کمکی در روش کوکریجینگ برای تهیه نقشه شوری خاک استفاده گردید. به‌منظور بررسی وجود ساختار مکانی در بین داده‌ها نیم‌تغییرنمای تجربی ترسیم گردید و انواع مدل‌ها بر روی آن برازش داده شد. مناسب‌ترین مدل برازش داده شده بر نیم‌تغییرنمای تجربی در روش کوکریجینگ مدل نمایی است، مقادیر اثر قطعه‌ای مدل برازش داده شده بر داده‌ها ۴۵ درصد است که نشان‌دهنده این مطلب است نقش مؤلفه ساختاردار بیش از مؤلفه تصادفی است و مدل از ساختار فضایی قوی برخوردار است. در جدول ۷ مدل نمایی و

جدول ۶- نتایج ارزیابی روش کوکریجینگ

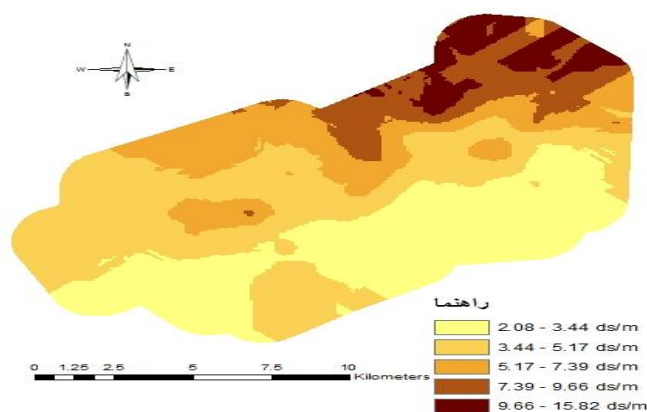
روش	MBE	MAE	RMSE
کوکریجینگ	-۰/۱۴	۲/۲۹	۳/۶۸

جدول ۷- مشخصات مدل انتخابی بر داده‌های شوری در منطقه مورد مطالعه به روش کوکریجینگ

روش	مدل	شعاع تأثیر (m)	آستانه $(C_0 + C)$	اثر قطعه‌ای
کوکریجینگ	نمایی	۸۱۰۰	۰/۳۸۸	۰/۱۷۵



نقشه تهیه شده با استفاده از روش کوکریجینگ و متغیر کمکی درصد رس



نقشه تهیه شده با استفاده از روش کوکریجینگ و متغیر کمکی pH

شکل ۵- نقشه‌های تهیه شده با روش کوکریجینگ

نقش مؤلفه ساختاردار بیش از مؤلفه تصادفی است و مدل از ساختار فضایی نسبتاً قوی برخوردار است (جدول ۹). کمترین مقدار شوری برابر با $2/31$ ds/m مربوط به نقطه‌ای با $22' 26''$ عرض شمالی و $45' 44'' 55$ طول شرقی در قسمت جنوب غربی منطقه است. میانگین شوری در منطقه مورد مطالعه $5/28$ ds/m است. مطابق نقشه بدست آمده حدود ۲۲ درصد از مساحت منطقه شوری کمتر از 3 ds/m دارد و بیش از ۷۵ درصد خاک‌های منطقه دارای شوری بالاتر از $3/5$ ds/m است. همچنین مقادیر شوری خاک به سمت قسمت‌های شمال غربی منطقه روند افزایشی دارد (شکل ۵).

هنگامی که از درصد رس به‌عنوان متغیر کمکی استفاده می‌شود، مقدار MAE و RMSE به‌ترتیب برابر با $2/30$ و $3/65$ می‌گردد و نشان‌دهنده این است که انتخاب درصد رس به‌عنوان متغیر کمکی از نظر آماری باعث بالا رفتن ریشه میانگین مربع خطا شده است (جدول ۷). به‌منظور بررسی وجود ساختار مکانی در بین داده‌ها نیم‌تغییرنمای تجربی ترسیم گردید و انواع مدل‌ها بر روی آن برازش داده شد. مناسب‌ترین مدل برازش داده شده بر نیم‌تغییرنمای تجربی در روش کوکریجینگ با متغیر کمکی درصد رس، مدل نمایی است. مقادیر اثر قطعه‌ای مدل برازش داده شده بر داده‌ها ۴۵ درصد است که نشان‌دهنده این مطلب است که

جدول ۸- نتایج ارزیابی روش کوکریجینگ با استفاده از درصد رس

روش	MBE	MAE	RMSE
کوکریجینگ	-۰/۱	۲/۳۰	۳/۶۵

جدول ۹- مشخصات مدل انتخابی بر داده‌های شوری در منطقه مورد مطالعه به روش کوکریجینگ با استفاده از درصد رس

روش	مدل	شعاع تأثیر	آستانه	اثر قطعه‌ای
		(m)	(C0 + C)	(C0)
کوکریجینگ	نمایی	۱۸۶۴۵	۰/۴۴	۰/۲۲

بحث

بر اساس نتایج به‌دست آمده در بین تخمین‌گرهای زمین‌آماری، روش تین پلت اسپلین دارای کمترین دقت و روش کوکریجینگ از بیشترین دقت برخوردار می‌باشد. در روش کوکریجینگ تنها الگوی تغییرات مکانی متغیر EC (هدایت الکتریکی) است، در حالیکه در روش کوکریجینگ دو متغیر همزمان رس و pH خاک استفاده شده است. نتایج نشان داد که روش کوکریجینگ نسبت به روش‌های میانمایی اسپلین و عکس فاصله وزن‌دار دارای خطای کمتری می‌باشد.

بر اساس ریشه دوم میانگین مربع خطا در روش

کریجینگ ($3/64$) نسبت به روش کوکریجینگ با متغیر کمکی درصد رس ($3/65$) و همچنین با pH ($3/68$) دارای خطای کمتری است. در روش‌های عکس فاصله وزن‌دار (IDW) با توان‌های ۱، ۲ و ۳ به دلیل بالاتر بودن قدرمطلق خطا (MAE) نسبت به روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ در مرتبه بعد از روش کریجینگ و کوکریجینگ قرار گرفتند. Odeh و همکاران (۱۹۹۵) در مقایسه روش‌های مختلف میانمایی برای ضخامت افق‌های خاک به کمک یک متغیر کمکی نشان دادند که روش رگرسیون-کریجینگ بهترین تخمین را به‌دست آورده است. ایوبی و همکاران (۱۳۸۵)، از بین دو روش کوکریجینگ و کریجینگ-رگرسیون، روش

محیط طبیعی، بالا آمدن سطح ایستابی در اثر کاربرد یا مصرف بی‌رویه آب و حمل املاح موجود در خاک توسط جریان آب از مناطق بالادست به مناطق پایین‌دست و همچنین استفاده از آب‌های با کیفیت نامطلوب در امر آبیاری اشاره کرد.

منابع مورد استفاده

- اختری، د. و اسدی میابادی، ا.، ۱۳۹۵. تهیه نقشه شوری خاک با استفاده از تحلیل طیفی داده‌های سنجه OLI و داده‌های میدانی (مطالعه موردی: جنوب دشت ملایر). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، (۲۷): ۸۷-۱۰۰.
- ایوبی، ش.، محمد زمانی، س. و خرمالی، ف.، ۱۳۸۶. برآورد مقدار ازت کل خاک به مقدار ماده آلی و با استفاده از روش‌های کریجینگ، کوکریجینگ و کریجینگ-رگرسیون در بخشی از اراضی زراعی سرخکلاته استان گلستان. علوم کشاورزی و منابع طبیعی، (۴): ۷۸-۸۷.
- تقی‌زاده مهرجردی، ر.، سرمیدان، ف.، امید، م.، ثوابی، غ.، روستا، م. ج.، و رحیمیان، م. ح.، ۱۳۹۱. پهنه‌بندی شوری خاک با استفاده از تکنیک زمین‌آمار و دستگاه الفاکر الکترومغناطیس در منطقه اردکان. پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۲۶: ۳۶۹-۳۸۰.
- سکوتی اسکویی، ر.، مهدیان، م. ح.، محمودی، ش. و قهرمانی، ا.، ۱۳۸۶. مقایسه کارایی برخی روش‌های زمین‌آمار برای پیش‌بینی پراکنش شوری خاک، مطالعه موردی دشت ارومیه، زراعت و باغبانی، ۷۴: ۹۰-۹۸.
- علیپور، ز.، مهدیان، م. ح.، پذیرا، ا.، حیدری‌زاده، م.، حکیم‌خانی، ش. و سعیدی، م.، ۱۳۸۶. بررسی تغییرات مکانی شاخص فرساینده‌گی باران در حوضه دریاچه نمک. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. ۱۳۰ ص.
- محمدخانی، ه.، ۱۳۸۸. پایان‌نامه کارشناسی ارشد (شبیه‌سازی هیتوگراف بارش در حوضه‌های فاقد آمار (مطالعه موردی استان تهران). دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۸۴ ص.
- محمدی، ج.، ۱۳۷۷. مطالعه تغییرات مکانی شوری خاک در منطقه رامهرمز با استفاده از نظریه ژئواستاتستیک. مجله علوم و فنون کشاورزی (۱): ۳-۷.
- Abdelfattah, M. A., 2009. Soil salinity mapping model developed using RS and GIS - A case study from Abu Dhabi, United Arab Emirates. European Journal of Scientific Research, 26 (3), 342-351.
- Asfaw, E., Suryabhagavana, K. V., Argaw, M. 2016. Soil salinity modeling and mapping using

کریجینگ-رگرسیون را با توجه به ساده بودن محاسبات و کم هزینه بودن برای تخمین ازت کل خاک در منطقه‌ای از استان گلستان پیشنهاد نمودند. محمدی (۱۳۷۷) در مطالعه تغییرات مکانی شوری خاک در منطقه رامهرمز (خوزستان) به این نتیجه رسید که از نقشه‌های کریجینگ به راحتی می‌توان به منظور تعیین ساختار پراکنش مکانی شوری در منطقه مورد مطالعه استفاده نمود که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. سکوتی اسکویی و همکاران (۱۳۸۴) برای پیش‌بینی پراکنش مکانی شوری خاک در دشت ارومیه دریافتند که روش کریجینگ دارای خطای کمتری نسبت به سایر روش‌های میانمایی است. همچنین روش کریجینگ و کوکریجینگ در مقایسه با میانگین متحرک وزن‌دار، تخمین‌های بهتری از شوری خاک به دست آوردند که با نتایج Hajrasuliha و همکاران و این تحقیق مطابقت دارد. تقی‌زاده مهرجردی و همکاران (۱۳۹۱)، به‌منظور پیش‌بینی پراکنش مکانی شوری خاک در منطقه اردکان استان یزد به این نتیجه رسیدند که روش کوکریجینگ دارای دقت بالاتری نسبت به روش کریجینگ است. بر اساس نقشه تهیه شده در منطقه مورد مطالعه بیشترین مقدار شوری $15/69$ ds/m و کمترین مقدار شوری $2/02$ ds/m و میانگین شوری در دشت میامی $5/24$ ds/m می‌باشد که این مناطق عموماً زمین‌های زراعی با شیب نسبتاً کم می‌باشد. مناطق جنوبی دارای ارتفاع بیشتر و شوری کمتر و هر چه به سمت شمال منطقه پیش می‌رویم به مقدار شوری افزوده می‌گردد. بافت خاک نیز از سمت جنوب به شمال سنگین‌تر شده و از درصد شن آن کاسته و به مقدار رس افزوده می‌شود. در قسمت شمال شرقی منطقه بیشترین مقدار شوری و در قسمت جنوبی منطقه کمترین شوری وجود دارد که دلایل آن می‌تواند سیر نزولی ارتفاع و سنگین‌تر شدن بافت خاک از سمت جنوب به شمال و نیز ماندابی در اثر ریزدانه شدن رسوبات آبرفتی و تبخیر زیاد به‌ویژه در قسمت شمال شرق منطقه که از شیب کمی برخوردار است، باشد. از علل دیگر این امر می‌توان به تجمع املاح در اراضی یا منابع آب‌های سطحی ناشی از بهره‌برداری نامطلوب از منابع خاک و آب یا تغییر ناگهانی

- Hamzhepour, N. and Bogaert, P., 2017. Improved spatiotemporal monitoring of soil salinity using filtered kriging with measurement errors: An application to the West Urmia Lake, Iran. *Journal of Geoderma*, 295, 22-33.
- Horney, R. D., Taylor, B., Munk, D. S., Roberts, B.A., Lesch, S. M. and Richard, E. P., 2005. Development of practical site-specific management methods for reclaiming salt-affected soil. *Journal of Computers and Electronics in Agriculture*, 46: 379-397.
- Hosseini, E., Gallichand J. and Marcotte, D., 1994. Theoretical and experimental performance of spatial interpolation methods for soil salinity analysis. *ASAE*, 37(6): 1799- 1807.
- Ninerola, V.B., Navarro-Pedreno, J., Gomez Lucas, I., Melendez Pastor, I. and Jordan Vida, M., 2017. Geostatistical assessment of soil salinity and cropping systems used as soil phytoremediation strategy. *Journal of Geochemical Exploration*, 174, 53-58.
- Odeh, I.O.A., Mc Bratney, A. B. and Chittleborough. D.J., 1995. Further result on prediction of soil properties from terrain attributes. *Heterotropic Co-Kriging and regression-Kriging*. *Journal of Geoderma*, 67; 215-226.
- Zhou, H. H., Chen, Y. N. and Li, W. H., 2010. Soil properties and their spatial pattern in an oasis on the lower reaches of the Tarim River, northwest China. *Journal of Agricultural Water Management*, 97; 1915-1922.
- remotesensing and GIS: The case of Wonji sugar caneirrigation farm, Ethiopia. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.2016.05.003>
- Campbell, J. B., 1978. Spatial variation of sand content and pH within single contiguous delineations of two soil mapping unit. *Soil Science Society of America Journal*, 42:460-464.
- Douaoui, A. E. K., Nicolas, H. and Walter, C., 2006. Detecting Salinity hazard within a semi-arid context by means of combining soil and remote – sensing data. *Journal of Geoderma*, 134, 217 -230.
- Eldeiry, A., 2009. Comparison of Regression Kriging and Cokriging Techniques to Estimate Soil Salinity Using Landsat Images. *Civil and Environmental Engineering Department Colorado State University*. Fort Collins, Hydrology days 27-33.
- Elhag, M., 2016. Evaluation of different soil salinity mapping using remote sensing techniques in arid ecosystems Saudi Arabia. *Journal of Sensors*. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/7596175>
- Fan, X., Weng, Y., and Tao, J., 2016. Towards decadal soil salinity mapping using Landsat time series data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geo information*, 52, 32-41.
- Goovaerts, P., 1999. *Geostatistic in Soil Science: State of the Art and Perspective*. *Journal of Geoderma*, 38, 45-93.
- Hajrasuliha, S., Baniabassi, N., Metthey, J. and Nielsen, D.R., 1980. Spatial variability of soil sampling for salinity studies in Southwest Iran. *Irrigation Science*, 1(4), 197-208.

Evaluation and comparison of different geostatistical methods in soil salinity map (Case Study in Miami plain)

A. R. Arzani¹, Z. Alipour^{2*}, F. Taghipur³ and A. Akhyani³

1-Assistant Professor, Department of Soil Science, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran

2*-Corresponding author, Assistant Professor, Department of Soil Science, Damghan Branch, Islamic Azad University, Damghan, Iran, Email: zalipour58@gmail.com

3- Instructor, Department of Water and Soil, Agricultural Resources Research Center of Semnan, shahrood, Iran

Received:30/10/2016

Accepted:13/3/2017

Abstract

Land salinization is a major and destructive problem in the agricultural sector, which must be controlled by proper scientific management. The first step in this way is to identify and map the saline areas. Over the past few decades, the use of geostatistics and remote sensing techniques has been developed to map the soil salinity and monitor its changes. The purpose of this study was to compare the capability of different geostatistics methods to prepare soil surface salinity maps in a part of the Meyami plain, Semnan province. To do this, 225 soil samples were taken from a depth of 0-30 cm of soil from the intersection of regular grid lines of 600 * 600 meters using GPS. EC, pH and clay of soil samples were measured. The results showed that the Kriging method with an average absolute error of 2.29 was more accurate than other interpolation methods and, vice versa, the Spline Thin plate method with an average absolute error of 4.38 had the lowest accuracy. According to the map prepared, the highest, lowest and mean salinity in the Meyami plain were recorded to be 15.69 ds/m, 2.12 ds/m, and, 5.24 ds/m, respectively.

Keywords: Meyami plain, interpolation, Kriging, salinity.