



ارزیابی تغییرات مکانی هدایت هیدرولیکی اشباع خاک با استفاده از آمار مکانی (مطالعه موردی: دشت لاغر)

*چنگیز سعدی پور^۱، محسن رودپیما^۲، علیداد کرمی^۳، ناصر دواتگر^۴ و سیده‌مریم صلاح‌الدین^۱

^۱دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه شاهد، ^۲استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه شاهد، ^۳استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه شاهد، ^۴استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران، ^۵استادیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۹/۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۸/۱

چکیده

سابقه و هدف: توزیع مکانی خصوصیات فیزیکی و هیدرولیکی بر رفتارهای هیدرولوژیکی، انتقال آب و رسوب به آب‌های سطحی و زیرسطحی مؤثر است. از این رو شناخت تغییرات این ویژگی‌ها برای مدیریت بهینه اراضی امری مهم و تأثیرگذار می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی تغییرات مکانی هدایت هیدرولیکی اشباع خاک و عوامل مؤثر بر آن با روش زمین‌آمار و انتخاب مناسب‌ترین روش میان‌یابی برای برآورد آن در دشت لاغر بود.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش تغییرات مکانی هدایت هیدرولیکی اشباع و برخی ویژگی‌های خاک با استفاده از آمار مکانی مورد بررسی قرار گرفت. هدایت هیدرولیکی اشباع در صحرا و به روش چاهک و چاهک وارونه اندازه‌گیری شد. درون‌یابی و پهنه‌بندی مقادیر این ویژگی‌ها با استفاده از روش‌های وزن دادن عکس فاصله (IDW)، کریجینگ و کوکریجینگ انجام شد و دقت این تخمین‌گرها با یکدیگر مقایسه گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که پارامترهای درصد شن، درصد گچ (CaSO_4) و درصد کربنات کلسیم (CaCO_3) با نسبت واریانس قطعه‌ای به آستانه به ترتیب ۰/۰۰۱، ۰/۲۴۶، ۰/۲۱۷ ساختار مکانی قوی داشت. هدایت هیدرولیکی اشباع، درصد سیلت و درصد رس نیز با نسبت واریانس قطعه‌ای به آستانه معادل ۰/۴۹۹ از ساختار مکانی متوسطی برخوردار بودند. بهترین مدل تغییرنمای تجربی با بالاترین مقدار R^2 و کم‌ترین مقدار RSS برای ویژگی‌های درصد شن، سیلت و رس، درصد گچ مدل گوسی و برای هدایت هیدرولیکی اشباع و درصد کلسیم کربنات مدل کروی بود. پارامترهای مورد مطالعه از الگوی پراکنش و ساختار مکانی مناسبی برخوردار بود و هر کدام از آن‌ها الگوی مکانی خاصی داشت. **نتیجه‌گیری:** تخمین‌گر کریجینگ برای درون‌یابی پارامترهای هدایت هیدرولیکی اشباع، درصد گچ و درصد کربنات کلسیم نتایج بهتر و خطای کم‌تری نسبت به روش وزن دادن عکس فاصله داشت اما برای درون‌یابی پارامترهای درصد شن، سیلت و رس روش وزن دادن عکس فاصله نتیجه بهتری نشان داد. روش درون‌یابی کوکریجینگ به علت عدم همبستگی بین متغیر اصلی (هدایت هیدرولیکی اشباع) و دیگر پارامترها (به‌عنوان متغیر کمکی) برای درون‌یابی ویژگی‌ها، مورد استفاده قرار نگرفت.

واژه‌های کلیدی: توزیع مکانی، دشت لاغر، زمین‌آمار، هدایت هیدرولیکی اشباع

مقدمه

دشت لاغر اراضی شور و شور- سدیمی و زهکشی ضعیفی دارد که کشت و کار در این اراضی با مشکل روبرو است. بررسی نفوذ آب به خاک و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در اصلاح این اراضی بسیار مؤثر می‌باشد. هدایت هیدرولیکی اشباع یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی خاک است که بر سرعت نفوذ، مقدار نفوذ عمقی، طراحی زهکش‌ها و دیگر فرآیندهای هیدرولوژیکی مؤثر است (۱). دلیل اصلی پژوهش روی ویژگی‌های هیدرولیکی خاک مخصوصاً هدایت هیدرولیکی وابسته به مکان بودن آن‌ها است که علت آن ناهمگونی ذاتی خاک است (۲).

مالانتس و همکاران (۱۳) شدت تغییرپذیری ویژگی‌های هیدرولیکی خاک را در سه دسته طبقه‌بندی نموده‌اند که عبارتند از ویژگی‌هایی با شدت تغییرپذیری بالا مانند هدایت هیدرولیکی اشباع (K_s)، ویژگی‌هایی با تغییرات متوسط مانند میزان رطوبت باقی‌مانده (θ_r) و ویژگی‌هایی با تغییرپذیری اندک مانند مقدار رطوبت اشباع خاک (θ_s) می‌باشد.

پژوهشگران زیادی تغییرپذیری مکانی را بر اساس ویژگی‌های هیدرولیکی پایه ارزیابی کرده‌اند، که در این بین شارما و همکاران (۱۸) پیشنهاد می‌کنند که تغییرپذیری هیدرولیکی سطح زمین با پارامترهایی که به‌آسانی اندازه‌گیری و قابل اطمینان باشند ارزیابی شود.

جعفرنیا و اکبری‌نیا (۱۰) در بررسی توزیع مکانی برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و آب جنگل‌های مانگرو جزیره قشم نشان دادند که تخمین‌گر کریجینگ در بررسی ویژگی‌های خاک و آب دارای دقت قابل‌قبولی است. مهربانی و سپاسخواه (۱۴) با مقیاس‌بندی و تعیین تغییرات مکانی ویژگی‌های نفوذ آب به خاک در حوضه آبریز باجگاه با پساب تصفیه‌شده نشان دادند که مقدار رس خاک از مرکز به سمت خارج رو به کاهش بوده و این کاهش، تأثیری به‌سزا در ویژگی نفوذ آب به خاک دارد.

در این پژوهش تغییرات مکانی هدایت هیدرولیکی اشباع خاک و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن با استفاده از آمار مکانی و پهنه‌بندی آن در دشت لاغر واقع در ۲۷۰ کیلومتری جنوب‌غربی شیراز بررسی شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: دشت لاغر به مساحت تقریبی ۱۲۹۸۶ هکتار واقع در شهرستان خنج از توابع استان فارس می‌باشد که در محدوده جغرافیایی ۲۸ درجه و ۱ دقیقه و ۲۸ ثانیه تا ۲۸ درجه و ۱۲ دقیقه و ۵۴ ثانیه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۴ دقیقه و ۴۴ ثانیه تا ۵۳ درجه و ۲۱ دقیقه و ۵۰ ثانیه طول شرقی واقع شده است. ابتدا نقشه ۱:۲۰۰۰۰ دشت لاغر با درج در محیط ArcGIS رقوم‌سازی و به فواصل ۱×۱ کیلومتر شبکه‌بندی و موقعیت نقاط بر روی نقشه مشخص گردید. با استفاده از GPS در گره‌های شبکه ۸۰ نقطه نمونه‌برداری شد. هدایت هیدرولیکی اشباع به روش چاهک، فراوانی نسبی ذرات خاک (شن، سیلت و رس) به روش هیدرومتری (۷)، مقدار گچ به روش استون (۱۹)، درصد کربنات کلسیم معادل به روش کلسی‌متری اندازه‌گیری شد. برای برآورد نفوذ آب به خاک مدل تجربی کوستیاکوف (۱۲) و مدل فیزیکی فیلپ (۱۶) استفاده شد. آماره‌های توصیفی کمینه، بیشینه، میانگین، میانه، چولگی، کشیدگی، انحراف معیار، ضریب تغییرات و ضریب همبستگی خطی (r) بین متغیرها با استفاده از نرم‌افزار SPSS تعیین گردید. برای تخمین متغیرها در نواحی نمونه‌برداری‌نشده و پهنه‌بندی ویژگی‌ها از میان‌یاب کریجینگ و وزن دادن عکس فاصله (IDW) استفاده شد.

برای اعتبارسنجی روش‌های درون‌یابی و صحت برآوردها از روش اعتبارسنجی جک‌نایف استفاده شد (۱۵). برای بیان خطای مطلق و ارزیابی برآوردها و انتخاب روش مناسب درون‌یابی از آماره‌های میانگین

اریب خطاها (MBE)، میانگین مطلق خطا (MAE)، میانگین مربعات خطاها (MSE) و ریشه میانگین مربعات خطاها (RMSE) استفاده شد.

نتایج و بحث

توصیف‌های آماری داده‌ها شامل میانگین، واریانس، مقادیر بیشینه و کمینه، کشیدگی، چولگی و درصد ضریب تغییرات تعیین شد.

مقایسه ضریب تغییرات (معیار پراکندگی) نشان داد که هدایت هیدرولیکی اشباع بیشترین میزان تغییرات (۱/۶۹) و درصد رس کمترین میزان تغییرات (۰/۳۷) را داشت. همچنین مقادیر ضریب تغییرات درصد اندازه ذرات خاک (درصد شن، سیلت و رس)، درصد کربنات کلسیم (CaCO_3) و درصد گچ (CaSO_4) نشان داد که پارامترها از یکنواختی مناسبی برخوردار هستند. آماره‌های کشیدگی و چولگی نشان داد که هدایت هیدرولیکی اشباع توزیع نرمال نداشت و با نرمال‌سازی توزیع داده‌های آن نرمال گردید. داده‌های دیگر پارامترها، به توزیع نرمال نزدیک بودند ولی برای اطمینان از نرمال بودن داده‌ها از تست نرمالیت‌ه برای داده‌ها استفاده شد. پارامتر هدایت

هیدرولیکی اشباع بیشترین انحراف از توزیع نرمال با کشیدگی (۱۴/۲۳) و چولگی (۳/۳۸) و درصد رس با ضریب کشیدگی (۰/۰۳-) و درصد کلسیم کربنات با مقدار ضریب چولگی (۰/۰۴-) کمترین انحراف را از توزیع نرمال داشتند. شرط استفاده از روش‌های زمین‌آماري، ایستا بودن متغیر می‌باشد که از طریق نیم‌تغییرنما قابل تشخیص است، ضمناً توزیع داده‌ها نیز باید به توزیع نرمال نزدیک باشد. برای نمایش گرافیکی توزیع داده‌ها هیستوگرام‌های فراوانی این ویژگی‌ها نیز ترسیم گردید.

بررسی الگوی مکانی ویژگی‌ها: با ترسیم نیم‌تغییرنمای تجربی و بررسی الگوی توزیع مکانی ویژگی‌ها جهت‌دار بودن و ناهمسانگردی آن بررسی شد. سپس بهترین مدل تئوری بر نیم‌تغییرنماها با در نظر گرفتن حداقل مربعات خطا و با داشتن R^2 بالاتر و مجموع مربعات باقی‌مانده‌های (RSS) کم‌تر انتخاب گردید و پارامترهای مدل همسانگرد برای همه ویژگی‌ها تعیین شد. ضریب همبستگی پیرسون (r) بین پارامترهای مورد مطالعه محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- مقادیر ضریب همبستگی پیرسون برای ویژگی‌های مورد بررسی.

Table 1. Pearson correlation coefficient values for the studied properties.

درصد کربنات کلسیم CaCO_3 (%)	درصد گچ CaSO_4 (%)	درصد رس Clay (%)	درصد سیلت Silt (%)	درصد شن Sand (%)	هدایت هیدرولیکی اشباع Ks (m day^{-1})
					1
				1	0.161
			1	-0.890**	-0.088
		1	0.398**	-0.770**	-0.205
	1	0.031	0.303**	-0.222*	0.214
1	-0.498**	-0.044	-0.24*	0.188	-0.167

واریانس قطعه‌ای به آستانه $0/499$ ، از ساختار مکانی متوسطی برخوردار هستند. مجموع مربعات باقی‌مانده‌های مدل تئوری برازش شده بر تغییرنمای تجربی، نشان داد که مدل گوسی برای ویژگی‌های درصد شن، سیلت، رس و درصد گچ و مدل کروی برای پارامتر هدایت هیدرولیکی اشباع با داشتن بالاترین مقدار R^2 و کم‌ترین مقدار RSS بهترین برازش را بر تغییرنمای تجربی داشتند. با توجه به این‌که ضریب تبیین (R^2) بهترین مدل‌های برازش داده شده بر تغییرنمای تجربی برای همه پارامترها بالاتر از $0/5$ می‌باشند بنابراین از همبستگی مکانی قوی برخوردار می‌باشند. از این مدل‌ها برای تخمین زمین‌آماری در روش کریجینگ و وزن دادن عکس فاصله استفاده گردید.

نسبت واریانس قطعه‌ای به آستانه (C_0/C_0+C) شاخصی از قدرت ساختار متغیرهای مکانی است. اگر این نسبت کم‌تر از $0/25$ باشد، متغیر از ساختار مکانی قوی و اگر نسبت بین $0/25$ تا $0/75$ قرار گیرد ساختار مکانی آن متوسط و اگر این نسبت بیش از $0/75$ باشد، ساختار مکانی آن ضعیف خواهد بود (۳). اگر ضریب تبیین بهترین مدل برازش داده شده بر نیم‌تغییرنما کم‌تر از $0/5$ باشد همبستگی مکانی ضعیف تعریف می‌شود (۵). همان‌طور که در جدول ۲ دیده می‌شود پارامترهای درصد شن، درصد گچ و درصد کلسیم کربنات با داشتن نسب واریانس قطعه‌ای به آستانه به ترتیب $0/001$ ، $0/246$ ، $0/217$ دارای ساختار مکانی قوی و ویژگی‌های هدایت هیدرولیکی اشباع، درصد سیلت، درصد رس با داشتن نسبت

جدول ۲- مدل‌های برازش داده شده بر نیم‌تغییرنمای تجربی و خلاصه‌ای از اطلاعات زمین‌آماری پارامترهای مورد مطالعه.

Table 2. Theoretical fitted model on experimental semivariogram and a summary of geostatistical information of studied parameters.

مجموع مربعات باقی‌مانده Rss	ضریب تبیین R^2	نسبت همبستگی مکانی C_0/C_0+C	دامنه تأثیر (m)	مقدار آستانه Sill	اثر قطعه‌ای (C_0)	مدل انتخابی Chosen model	ویژگی Property
6.52×10^{-3}	0.973	0.499	7230	3.5390	1.769	نمایی Exponential	Ks
0.0299	0.840	0.001	925	0.702	0.001	گوسی Gaussian	Sand (%)
1870	0.930	0.499	21100	427.9	213.9	گوسی Gaussian	Silt (%)
402	0.827	0.499	21100	251.3	125.6	گوسی Gaussian	Clay (%)
1.9×10^{-3}	0.982	0.246	9925	3.025	0.746	گوسی Gaussian	CaSO ₄ (%)
13.1	0.987	0.217	2140	90.47	19.70	نمایی Exponential	CaCO ₃ (%)

درصد شن، سیلت و رس روش وزن دادن عکس فاصله نتیجه بهتری نشان داد. گالیچاند و همکاران (۶) در زمینه شوری و قلیائیت خاک و کرسیس (۴) و هاجینسون (۹) برای کاربرد روش‌های میان‌یابی، در پژوهش‌های خود به این نتیجه رسیدند که روش

درون‌یابی ویژگی‌های مورد مطالعه: تخمین‌گر کریجینگ برای درون‌یابی پارامترهای هدایت هیدرولیکی اشباع، درصد گچ و درصد کربنات کلسیم نتایج بهتر و خطای کم‌تری نسبت به روش وزن دادن عکس فاصله داشت (جدول ۳) اما برای درون‌یابی پارامترهای

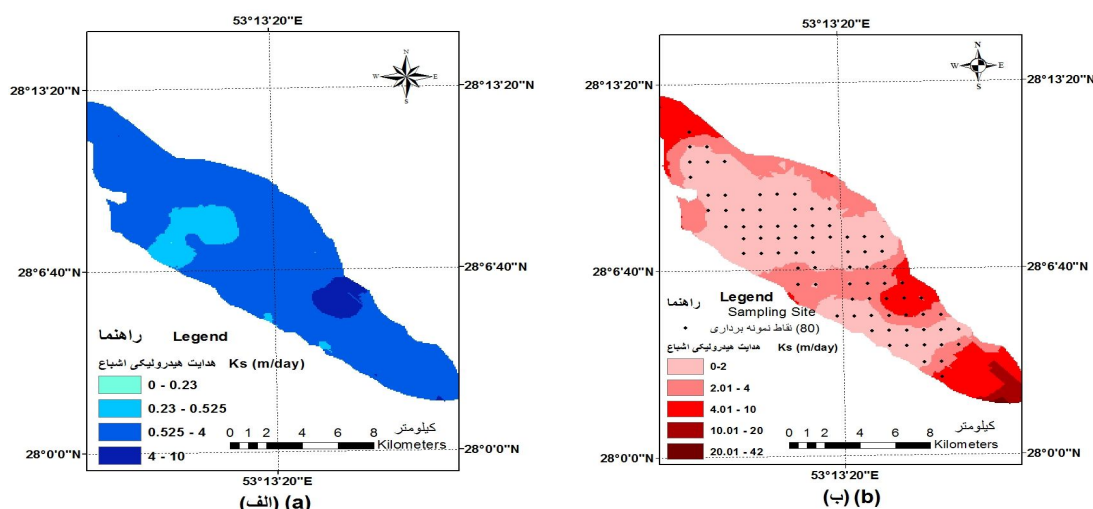
اعتماد به داده‌ها تعیین شود و در صورت لزوم برای افزایش دقت در نمونه‌برداری تراکم تعداد نمونه‌ها در پهنه‌هایی که از دقت مورد نظر برخوردار نیستند، افزایش داده شود. نقشه‌های به دست آمده می‌تواند در جهت مدیریت دقیق‌تر و تفسیر فرآیندها مورد استفاده قرار گیرند. در این راستا رودریگز و همکاران (۱۷) با بررسی تغییرات مکانی پارامترهای فرسایش‌پذیری خاک نشان دادند که نقشه‌های حاصل از درون‌یابی فاکتور فرسایش‌پذیری با روش کریجینگ معمولی و نقشه پیش‌بینی خطای تخمین، سهولت بیشتری در تفسیر فرسایش‌پذیری منطقه را نشان می‌دهد. میزان آبگذری خاک در سه بازه ضعیف ($(m/day) < 0.075$)، متوسط ($(m/day) 0.075 - 0.525$) و زیاد ($(m/day) > 0.525$) طبقه‌بندی می‌شود (۸). در این پژوهش نیز قسمت اعظم پهنه مورد نظر دارای هدایت هیدرولیکی زیاد ($(m/day) > 0.525$) بود که با توجه به پهنه‌بندی دیگر ویژگی‌ها، احتمالاً عوامل مختلفی از جمله سبک بودن بافت خاک، رطوبت بالا، فشرده نبودن خاک (مقاومت کم) و ... دلالت داشته است.

کریجینگ از دیگر روش‌های میان‌یابی، دقیق‌تر است. ولتز و گولارد (۲۰)، سه روش میان‌یابی نزدیک‌ترین فاصله، کریجینگ معمولی و کوکریجینگ با متغیر کمکی را برای برآورد منحنی رطوبتی خاک ارزیابی نمودند. بر اساس نتایج به دست آمده، کریجینگ و کوکریجینگ نتایج بهتر از روش نزدیک‌ترین فاصله داشته است. کرمی و همکاران (۱۱) در مطالعه پراکنش مکانی پارامترهای نفوذ آب به خاک در مقیاس ناحیه‌ای به این نتیجه رسیدند که روش کوکریجینگ در مقایسه با دیگر روش‌های درون‌یابی (وزن دادن عکس فاصله و کریجینگ) کارایی بیشتری در برآورد مشخصه‌های نفوذ (توانایی جذب و انتقال) دارد. درون‌یابی مقادیر هر یک از ویژگی‌ها با سه روش درون‌یابی کریجینگ معمولی و وزن دادن عکس فاصله و کوکریجینگ انجام شد. پهنه‌بندی هدایت هیدرولیکی اشباع با روش کریجینگ در شکل ۱ ارائه شده است. خطای تخمین در پهنه‌هایی که تراکم نمونه‌برداری بیشتر است کاهش می‌یابد (شکل ۱). همچنین مقادیر کمی این خطا کم می‌کند تا سطح

جدول ۳- دقت تخمین گر کریجینگ و وزن دادن عکس فاصله در تخمین مقادیر ویژگی‌های مورد مطالعه.

Table 3. Kriging and IDW estimation accuracy in the estimation of studied properties.

میانگین مطلق	میانگین اربب	واریانس	ریشه میانگین	میانگین	پارامتر	تخمین گر
خطاها	خطاها	اشتباه معیار	مربعات خطاها	مربعات خطاها	Parameter	Estimator
MAE	MBE	MSDR	RMSE	MSE		
2.323	-1.462	0.032	4.877	23.794	$K_s (m day^{-1})$	
26.166	270.647	1.241	30.337	920.339	Sand (%)	
13.173	0.317	0.347	16.040	257.308	Silt (%)	کریجینگ معمولی
9.639	-0.052	0.206	12.388	153.464	Clay (%)	Ordinary kriging
6.621	-2.825	0.106	8.897	79.172	$CaSO_4$ (%)	
5.492	-0.244	0.066	6.998	48.982	$CaCO_3$ (%)	
2.344	-1.720	0.033	4.977	24.779	$K_s (m day^{-1})$	
20.481	-7.843	0.840	24.967	623.386	Sand (%)	
13.176	0.424	0.346	16.027	256.895	Silt (%)	وزن دادن عکس فاصله
9.605	-0.025	0.205	12.352	152.577	Clay (%)	IDW
6.609	-2.820	0.106	8.905	79.311	$CaSO_4$ (%)	
6.246	-1.004	0.079	7.697	59.252	$CaCO_3$ (%)	



شکل ۱- پهنه‌بندی هدایت هیدرولیکی اشباع با استفاده از روش کریجینگ (شکل الف) و نقشه خطای تخمین آن (شکل ب).

Figure 1. The zoning of saturated hydraulic conductivity using kriging method (fig a) and its error of estimate map (fig b).

سیلت و رس، روش وزن دادن عکس فاصله نتیجه بهتری نشان داد. روش کوکریجینگ به علت عدم همبستگی بین متغیر اصلی (هدایت هیدرولیکی اشباع) و دیگر پارامترها به عنوان متغیر کمکی استفاده نگردید. نقشه‌های پهنه‌بندی خصوصیات مورد نظر با استفاده از روش میان‌یابی کریجینگ معمولی و وزن دادن عکس فاصله رسم گردید که برای مدیریت و تصمیم‌گیری اجرایی پراهمیت است.

نتیجه‌گیری کلی

بررسی‌ها نشان داد که پارامترهای مورد مطالعه تغییرات مکانی ساختاردار را نشان دادند و هر یک از خصوصیات الگوی مکانی خاص خود را دارا بود. نتایج درون‌یابی نیز نشان داد که تخمین‌گر کریجینگ برای درون‌یابی پارامترهای هدایت هیدرولیکی اشباع، درصد گچ و درصد کربنات کلسیم نتایج بهتر و خطای کمتری نسبت به روش وزن دادن عکس فاصله داشت، اما برای درون‌یابی پارامترهای درصد شن،

منابع

1. Ahuja, L.R., Cassel, D.K., Bruce, R.R., and Burnes, B.B. 1989. Evaluation of hydraulic conductivity using effective porosity data. *Soil Sci.* 148: 404-441.
2. Bevington, J., Piragnolo, D., Teatini, P., Vellidis, G., and Morari, F. 2016. On the spatial variability of soil hydraulic properties in a Holocene coastal farmland. *Geoderma.* 262: 294-305.
3. Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Novak, J.M., Parkin, T.B., Karlen, D.L., Turco, R.F., and Konopka, A.E. 1994. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 1501-1511.
4. Cressis, N. 1991. *Statistics for Spatial Data.* John Wiley and Sons, Inc., New York.
5. Duffera, M., White, J.G., and Weisz, R.W. 2007. Spatial variability of southeastern U.S. coastal plain soil physical properties: Implications for site-specific management. *Geoderma.* 137: 327-339.
6. Gallichand, J.D., Bouckland, G.D., Marcotte, D., and Hendry, M.J. 1992. Spatial interpolation of soil salinity and sodicity for a saline soil in southern Alberta. *Can. J. Soil Sci.* 72: 503-516.

7. Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis. P 383-411, In: A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis, Part I*, 2^d ed. Madison, WI, Am. Soc. Agron.
8. Heydarizadeh, M. Check seepage losses from irrigation channels. Master's Thesis. Department of Irrigation and Reclamation Engineering Agriculture College of Tehran University. July 1989. (In Persian)
9. Hutchinson, M.F. 1993. On thin plate spline and kriging. P 104-113, In: M.E. Tarter and M.D. Lock (Eds.), *Computing Science and Statistics*, Vol. 25, Interface Foundation of north America, University of California, Berkeley, CA, USA.
10. Jaafariya, Sh., and Akbariniya, M. 2014. Spatial evaluation some of physical and chemical properties of soil and water of mangroo forest in Qeshm Island using geostatistics. *J. Sci. - Res. Iran For. Spruce*. 22: 4. 673-686. (In Persian)
11. Karami, A., Homae, M., Byboordi, M., Mahmoudian Shooshtari, M., and Davatgar, N. 2012. The spatial distribution parameters of soil water infiltration in regional scale. *J. Soil Water Sci*. 22: 1. 18-31. (In Persian)
12. Kostiakov, A.N. 1932. On the dynamics of the coefficient of water percolation in soils and on the necessity of studying it from a dynamic point of view for the purposes of amelioration. *Transactions of the Sixth Congress of International Soc. Soil Sci. Moscow, Russia*, Pp: 17-21.
13. Mallants, D., Mohanty, B.P., Jacques, D., and Feyen, J. 1996. Spatial variability of hydraulic properties in a multi-layered soil profile. *Soil Sci*. 161: 167-181.
14. Mehrabi, F., and Sepaskhah, A. 2013. Scaling and evaluate spatial variability of soil water infiltration properties in watershed scale (Case study: Plain Bajgah). *Magazine of Agricultural Engineering*. 14: 1. 13-32. (In Persian)
15. Mohammadi, G. 2006. *Pedometer. Second section (Spatial statistics)*, Pelk publisher, 453p. (In Persian)
16. Philip, J.R. 1957. The theory of infiltration: 4. Sorptivity and algebraic infiltration equation. *Soil Sci*. 84: 257-264.
17. Rodriguez, R.P., Marques, M.J., and Bienes, R. 2007. Spatial variability of the soil erodibility parameters and their relation with the soil map at subgroup level. *Science of the Total Environment*. 378: 166-173.
18. Sharma, M.L., Gander, G.A., and Hunt, C.G. 1980. Spatial variability of infiltration in a watershed. *J. Hydrol*. 45: 101-122.
19. Soil Survey Staff. 1972. *Soil Survey laboratory methods and procedures for Collecting Soil Samples*. Soil Survey Investigations Report No. 1. U.S.D.A, S.C.S. U.S. Govern. Printing Office, Washington, D.C.
20. Voltz, M., and Goulard, M. 1994. Spatial interpolation of soil moisture retention curves. *Geoderma*. 62: 109-123.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 23(6), 2017
<http://jwsc.gau.ac.ir>

Short Technical Report

Evaluation of spatial variation of soil saturated hydraulic conductivity using spatial statistic (Case study: Laghar plain)

*Ch. Saadipoor¹, M. Roodpeyma², A. Karami³, N. Davatgar⁴ and S.M. Salahedin¹

¹M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, University of Shahed, ²Assistant Prof., Dept. of Soil Science, University of Shahed, ³Assistant Prof. of Soil and Water Research Dept., Fars Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran, ⁴Assistant Prof. of Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Received: 11/28/2015; Accepted: 10/22/2016

Abstract

Background and Objectives: Spatial distribution of soil physical and hydraulic properties is effective on hydrologic behavior of water and sediment transmission to surface and subsurface water. Therefore, recognition of these properties variation is effective and important for optimum land management. This research aims to study the spatial variation of soil hydraulic conductivity and effective factors on it, with geostatistic method and selecting the most appropriate interpolation method for its estimation in the Laaghar plain.

Materials and Methods: In this research spatial variation of soil saturated hydraulic conductivity and some other soil parameters were studied using geostatistics. The soil saturated hydraulic conductivity was measured in the field using auger hole and inverse auger hole method. Interpolating and zoning of these properties were done with IDW, kriging and co-kriging methods and these estimators accuracy were compared with each other.

Results: Results showed that the parameters of sand, gypsum and calcium carbonate percentage with a Nugget variance to sill ratio of 0.001, 0.246 and 0.217 respectively, had strong spatial structure. Saturated hydraulic conductivity, silt and clay percentage having Nugget variance ratio to sill 0.499, had a moderate spatial structure. The best model on experimental variograms equal highest R^2 and lowest RSS for the sand, silt and clay and gypsum percentage properties was Gaussian model and for saturated hydraulic conductivity and calcium carbonate percentage was spherical model. The studied parameters had suitable distribution pattern and spatial structure and each one of them had specific spatial pattern.

Conclusion: Kriging estimator had better results and less error for interpolating of saturated hydraulic conductivity, gypsum and calcium carbonate percentage parameters compare to IDW method, but the IDW method showed better results in interpolating of sand, silt and clay percentage parameters. The cokriging interpolating method were not used to interpolate properties because of the lack correlation between major variable (saturated hydraulic conductivity) and other parameters (as the auxiliary variable) to interpolate the properties.

Keywords: Geostatistic, Laghar plain, Saturated hydraulic conductivity, Spatial variability

* Corresponding Author; Email: chsadipoor@gmail.com