

پهنه بندی خطر شور و سدیمی خاک با استفاده از کریجینگ شاخص در قروه استان کردستان

کمال نبی‌اللهی¹، شیرین مرادیان و روح‌اله تقی‌زاده‌مهرجردی

استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه کردستان؛ nabiollahy_k@yahoo.com; k.nabiollahi@uok.ac.ir

دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه کردستان؛ Sh.moradiyan51@yahoo.com

استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان؛ rtaghizadeh@ardakan.ac.ir

دریافت: 95/4/27 و پذیرش: 95/9/17

چکیده

در چند دهه اخیر استفاده از روش‌های زمین‌آمار برای نقشه برداری شوری و سدیمی خاک و بررسی تغییرات آن توسعه پیدا کرده است. هدف از این پژوهش استفاده از روش کریجینگ شاخص برای تهیه نقشه‌های احتمال شوری و سدیمی خاک بود. بدین منظور، در 178 نقطه از منطقه مورد مطالعه تعداد 356 نمونه خاک از دو عمق 0-30 و 30-60 سانتی‌متری خاک‌های منطقه قروه استان کردستان به روش هایپرکیوب برداشت شد و خصوصیات هدایت الکتریکی، pH، سدیم، کلسیم، منیزیم و نسبت جذب سطحی سدیم اندازه‌گیری شد. با استفاده از روش کریجینگ شاخص، نقشه‌های احتمال شوری و سدیمی خاک در هر دو عمق بر اساس دو شاخص آستانه شوری 4 دسی‌زیمنس بر متر و 13 SAR میلی مول بر لیتر تهیه شد. نتایج نشان داد نقشه‌های احتمال در عمق 0-30 سانتی‌متری برای شوری و SAR خاک به ترتیب با شاخص کاپای 0/53 و 0/94 دارای سطح دقت متوسط و عالی و در عمق 30-60 سانتی‌متری هم با شاخص کاپای 0/64 و 0/80 دارای سطح دقت خوب و عالی می‌باشند. بخش مرکزی منطقه احتمال شوری و سدیمی بیشتری (بیشتر از شاخص‌های آستانه) نسبت به سایر بخش‌ها دارد. این بخش از اراضی دارای فیزیوگرافی پست و سفره آب زیرزمینی با کیفیت نه چندان مناسب نزدیک به سطح خاک بود.

واژه‌های کلیدی: زمین‌آمار، نقشه احتمال، شوری و قلیائیت

¹ نویسنده مسئول، آدرس: سنج، دانشگاه کردستان-دانشکده کشاورزی، گروه علوم و مهندسی خاک

مقدمه

ارزیابی توزیع مکانی ویژگی های خاک برای اهداف مختلفی همچون کشاورزی، مهندسی و کارهای زیست محیطی ضروری است (گوارتز، 1997). شور و سدیمی شدن خاک یکی از مهم ترین فرآیندهای مخرب خاک بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک می باشد. در این مناطق تبخیر و تعرق بالقوه بیش از مقدار بارندگی است و به همین دلیل نمک های محلول در خاک انباشته شده و موجب افزایش شوری و کاهش باروری خاک می شود. همچنین وجود سدیم زیاد در خاک، سبب پراکنش ذرات خاک و تخریب خاک شده و فرسایش خاک را تشدید می کند (فریفته، 2005). وسعت اراضی شور و سدیمی در ایران بین 23-16 میلیون هکتار می باشد (سیادت، 1997). اقدامات انجام شده برای پایش و ارزیابی شوری خاک، به طور فزاینده ای در سطح دنیا در حال گسترش است. این در حالی است که نمونه برداری مستقیم همراه با اندازه گیری های آزمایشگاهی یا صحرائی، معمولاً، پرهزینه و وقت گیر بوده و در نتیجه، برای اهداف کاربردی دارای محدودیت است. از این رو نیاز به روش هایی احساس می شود که بتواند براحتی سطح گسترده ای از مناطق را پایش کرده و روند تغییرات شوری را مورد بررسی قرار دهد.

در سال های اخیر استفاده از روش های زمین آماری به منظور برآورد ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک ها افزایش یافته و در دهه اخیر داده های بدست آمده از طریق زمین آمار نقش مهمی در مطالعه توزیع مکانی ویژگی های خاک داشته اند (شی و همکاران، 2005). کریجینگ یک تخمین گر میانگین وزنی است که در آن، وزن ها بر اساس مدل برازش شده به یک تابع مانند نیم تغییرنا که تغییرات مکانی متغیر را بیان می کند، تعیین می شوند. کریجینگ که به آن بهترین تخمین گر خطی نااریب نیز می گویند (جورنل و هاجبرگ، 1987) متداول ترین نوع کریجینگ است که محققین زیادی از آن برای بهینه بندی شوری و سدیمی خاک استفاده کرده اند (چیکاو و همکاران، 2014؛ دائم پناه و همکاران، 1390؛ اسکویی و همکاران، 1385). بسیاری از خصوصیات خاک در علوم زمینی به علت تعداد اندکی مقادیر بسیار بزرگ یا کوچک در بین مقادیر آنها، از توزیع نرمال تبعیت نمی کنند. روش های گوناگونی برای تعدیل یا کاهش اثر نامطلوب این مقادیر وجود دارد. استفاده از کریجینگ شاخص و تغییر شکل متغیر به متغیر شاخص یکی از این راه حل هاست. این

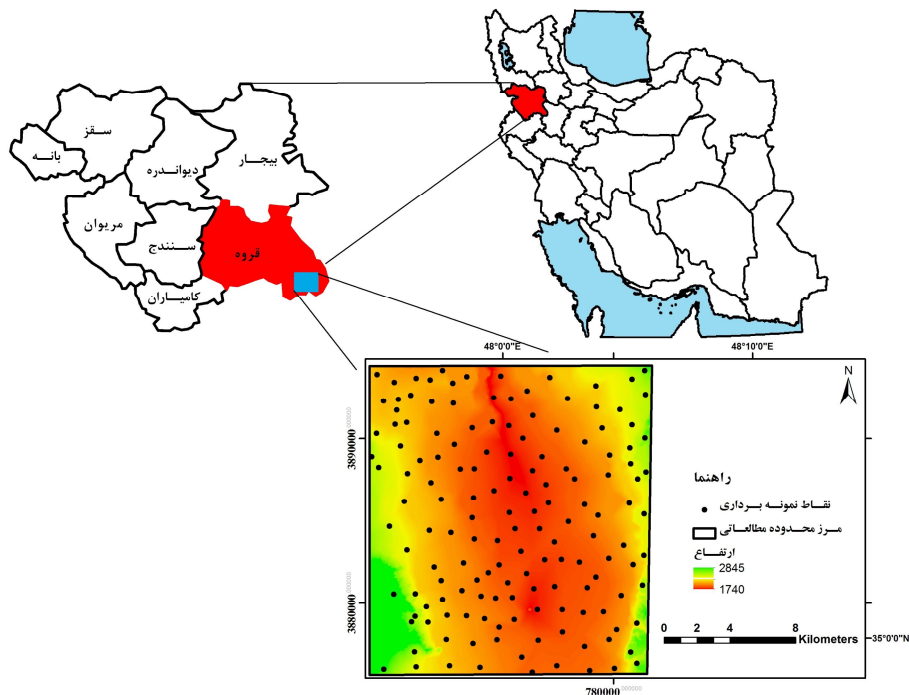
تخمین گر با مقادیر دو ارزشی (صفر و یک) به جای مقادیر اصلی داده ها سر و کار دارد و از آن می توان به منظور تخمین مقادیر شاخص در نقاط نامعلوم استفاده کرد (محمدی، 2006). چیکاو و همکاران (2014) و چن و ژانگ (2015) از کریجینگ شاخص جهت تهیه نقشه احتمالاتی نترات آب های زیرزمینی استفاده کردند. مامت و همکاران (2014) و ریس و همکاران (2005) هم از کریجینگ شاخص جهت تهیه نقشه احتمالاتی آلودگی فلزات سنگین بهره بردند. بنابراین، هدف از این پژوهش استفاده از روش کریجینگ شاخص در تهیه نقشه های احتمال شوری و سدیمی خاک در منطقه قروه استان کردستان می باشد.

مواد و روش ها

محدوده مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه حوزه ای با وسعت 30000 هکتار بوده که در شمال شرقی شهرستان قروه در استان کردستان واقع شده است (شکل 1). متوسط بارندگی سالیانه 369/8 میلیمتر و متوسط درجه حرارت سالیانه 10/20 درجه سانتی گراد می باشد. رژیم رطوبتی و حرارتی خاک منطقه به ترتیب زیریک و مزیک می باشد. واحدهای فیزیوگرافی منطقه شامل اراضی پست، دشت های دامنه ای، فلات و تپه و کاربری های اصلی منطقه شامل زراعت (عمدتاً گندم و جو)، صیفی جات و مرتع می باشد. از لحاظ زمین شناسی منطقه عمدتاً حاوی آبرفت، مرم، شیست، سنگ آهک، مارن و دولومیت می باشد.

بر اساس روش هایپرکیوب (طرحی تصادفی و طبقه بندی)، محل 178 نمونه در منطقه قروه استان کردستان به وسعت 30000 هکتار انتخاب شده و سپس نمونه برداری از دو عمق 0-30 و 30-60 سانتی متری صورت گرفته و جمعاً 356 نمونه جمع آوری شد (متغیرهای کمکی همچون تصویر ماهواره ای، مدل رقومی ارتفاع، تغییرات سفره آب زیرزمینی و... در این روش نمونه برداری استفاده شد). (شکل 1). نمونه های خاک پس از هوا خشک شدن و عبور از الک 2 میلیمتری هدایت الکتریکی و اسیدیته در عصاره گل اشباع به ترتیب با دستگاه های هدایت سنج و pH متر (اسپارکز، 1996)، کلسیم، سدیم به روش تیتراسیون و منیزیم محلول به روش شعله سنجی (نلسون، 1982) اندازه گیری و SAR محاسبه شد.



شکل 1- موقعیت منطقه مورد مطالعاتی و پراکنش مکانی نقاط نمونه‌برداری بر روی نقشه مدل رقومی ارتفاع نمونه برداری و آنالیزهای آزمایشگاهی

شاخص آستانه شوری 4 دسی‌زیمنس بر متر و SAR 13 تهیه شد. محاسبات و تجزیه و تحلیل‌های زمین‌آماری به وسیله نرم افزار Arc-GIS 10 و تجزیه و تحلیل‌های آماری به وسیله نرم افزار SPSS 14 انجام شد.

ارزیابی مدل‌ها و نقشه‌ها

به منظور برازش بهترین مدل به واریوگرام‌های هدایت الکتریکی خاک و SAR از نتایج اعتبارسنجی مقاطع و پارامترهای میانگین خطا (ME) (رابطه 1)، ضریب تبیین (R) و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) (رابطه 2) استفاده شد. در روش اعتبارسنجی مقاطع مقادیر مشاهده شده متغیر مورد مطالعه یکی یکی از مجموعه مشاهدات حذف و هر بار روش کریجینگ با استفاده از داده‌های باقی مانده اجرا می‌شود تا مقداری برای عدد حذف شده برآورد شود در نهایت مقادیر واقعی با مقادیر تخمین زده شده متناظر با خود مقایسه می‌شوند.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_0 - Z_p)^2} \quad (\text{رابطه 1})$$

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_0 - Z_p) \quad (\text{رابطه 2})$$

که در آنها Z_0 مقادیر پیش بینی شده، Z_p مقادیر مشاهداتی، Z_{ave} متوسط مقادیر مشاهداتی، n تعداد

آنالیزهای آماری و زمین آماری

برای تهیه نقشه شوری و سدیمی خاک به روش زمین آماری توزیع داده‌ها داده‌های EC و SAR به روش هیستوگرام، بررسی شد. چولگی و کشیدگی و آزمون آماری کولموگروف-اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت و در صورت نرمال نبودن توزیع داده‌ها از تبدیل لگاریتمی استفاده گردید. در خصوص تجزیه و تحلیل زمین آماری الگوهای تغییرنا برای ویژگی‌های مورد نظر رسم و اجزای آن توصیف گردیده و سپس با استفاده از کریجینگ معمولی، نقشه‌های شوری و SAR خاک در دو عمق 0-30 و 30-60 سانتی‌متری تهیه گردید. برای تهیه نقشه احتمالاتی شوری و سدیمی خاک به روش کریجینگ شاخص از شاخص آستانه شوری 4 دسی‌زیمنس بر متر و SAR 13 که به ترتیب مرز خاک شور و غیرشور و سدیمی و غیرسدیمی می‌باشند استفاده شد (ریچاردز 1954). مقادیر کدبندی شده شوری و سدیمی خاک متناظر با هر آستانه با توجه به فرمول 5 تعیین و نیم تغییرنا می‌تواند تجربی مربوط به هر یک محاسبه شد. پس از آن بهترین مدل نیم بر اساس شاخص‌های آماری میانگین خطا، ضریب تبیین، مجذور میانگین مربعات خطا بر نقاط نیم تغییرنا برازش شد و با استفاده از روش کریجینگ شاخص، نقشه‌های احتمال مربوط به دو عمق بر اساس دو

واقعی متغیر مورد نظر قرار گیرند. سپس نیم تغییرنمای تجربی داده‌های تبدیل یافته مربوط به هر حد آستانه مطابق رابطه 5 محاسبه و بهترین مدل تئوری بر آن برازش می شود (گوارتز، 1997).
(رابطه 5)

$$\lambda I(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [I_z(x_i) - I_z(x_i + h)]^2$$

نتایج و بحث

در جدول 1 خلاصه خصوصیات آماری هدایت الکتریکی، pH، کلسیم، سدیم، منیزیم و SAR در دو عمق 0-30 و 30-60 سانتی متری آمده است. میانگین شوری و سدیمی در منطقه در عمق 0-30 و 30-60 نشان دهنده شوری و سدیمی نسبتاً متوسط منطقه مورد بررسی است.

داده‌ها است. ارزیابی صحت نقشه‌های احتمالاتی هدایت الکتریکی خاک و SAR تهیه شده با کریجینگ شاخص با استفاده از تشکیل ماتریس خطا و اندکس کاپا صورت گرفت.

کریجینگ شاخص

کریجینگ شاخص با استفاده از مقادیر اندازه گیری شده متغیر در همسایگی نقطه مورد برآورد، احتمال مقادیر متغیر را که بالاتر از حد آستانه معلوم است تعیین می کند. مقادیر متغیر بر اساس حد یا حدود آستانه داده شده به مقادیر شاخص بر اساس رابطه 4 تبدیل می شوند. بدین ترتیب که به مقادیر اصلی اگر از حد آستانه کوچک تر باشند، کد 1 و اگر بزرگ تر باشند، کد صفر تعلق می گیرد.

$$I_z(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } Z(x) < z \\ 1 & \text{if } Z(x) \geq z \end{cases} \quad (\text{رابطه 4})$$

که در آن $I_z(x)$ متغیر شاخص و Z حد آستانه است. مقادیر آستانه‌ها بایستی بین حداقل و حداکثر مقادیر

جدول 1- پارامترهای آماری مربوط به خصوصیات

انحراف معیار	کشیدگی	چولگی	میانگین	بیشینه	کمینه	خصوصیت
0/47	2/14	0/68	7/53	9/55	6/35	pH
0/96	18/48	3/98	0/81	6/93	0/23	هدایت الکتریکی خاک (ds/m)
0/34	1/17	0/99	-0/18	0/84	-0/63	هدایت الکتریکی خاک نرمال شده (ds/m)
9/13	42/92	6/25	4/41	74/45	0/72	SAR
0/4	2/5	1	0/48	1/87	-0/14	SAR نرمال شده
1/83	24/23	4/36	1/87	15/4	0/2	کلسیم (meq/lit)
0/074	2/1	0/61	0/17	1/19	-0/7	کلسیم نرمال شده (meq/lit)
12/53	12/95	2/75	2/11	11/6	0/2	منیزیم (meq/lit)
0/07	0/64	-0/26	0/24	1/06	-0/7	منیزیم نرمال شده (meq/lit)
12/53	50/59	6/79	5/86	105/29	1/2	سدیم (meq/lit)
0/03	-1/07	-0/08	0/31	0/6	0/01	سدیم نرمال شده (meq/lit)
0/43	2/54	-0/71	7/74	9/75	6/5	pH
1/35	16/21	3/7	1/16	8/97	0/25	هدایت الکتریکی خاک (ds/m)
0/36	0/5	1	-0/04	0/95	-0/6	هدایت الکتریکی خاک نرمال شده (ds/m)
12/22	26/48	4/91	7/00	89/36	1/05	SAR
0/44	0/73	1	0/72	1/95	0/02	SAR نرمال شده
2/48	31/57	4/81	2/19	22/4	0	کلسیم (meq/lit)
0/1	2/1	0/16	0/21	1/35	-0/7	کلسیم نرمال شده (meq/lit)
2/02	9/43	2/7	2/23	12/4	0	منیزیم (meq/lit)
0/1	0/36	0/15	0/23	1/09	-0/7	منیزیم نرمال شده (meq/lit)
21/18	37/18	5/82	10/3	175/04	1/52	سدیم (meq/lit)
0/15	2	1	0/75	2/24	0/18	سدیم نرمال شده (meq/lit)

جدول 2- پارامترهای مدل‌های برازش داده شده به واریوگرام کریجینگ شاخص و معمولی

R	RMSE	ME	$C0/(C0+C) \times 100$	اثر قطعه‌ای	آستانه	دامنه	مدل	خصوصیت	روشن
0/71	0/15	0/018	0/06	0/00006	0/087	1096	کروی	هدایت الکتریکی خاک	کریجینگ شاخص
0/65	0/17	0/02	0/06	0/00006	0/065	1198	نمایی	SAR	
0/7	0/16	0/02	0/06	0/00007	0/07	940	گوسین	هدایت الکتریکی خاک	
0/85	0/25	0/35	0	0	0/107	1258	کروی	SAR	
0/82	0/29	0/39	0	0	0/112	1493	نمایی	SAR	
0/84	0/29	0/38	0	0	0/106	1086	گوسین	SAR	
0/6	1/8	0/33	0/1	0/00013	0/801	1054	کروی	هدایت الکتریکی خاک	
0/54	1/83	0/36	0/1	0/00013	0/870	1396	نمایی	هدایت الکتریکی خاک	
0/62	1/73	0/31	0/1	0/00013	0/824	940	گوسین	هدایت الکتریکی خاک	
0/81	10/53	0/43	0/2	0/00254	1/013	1509	کروی	معمولی	
0/81	13/98	0/45	0/2	0/00254	1/063	1887	نمایی	SAR	
0/73	12/7	0/44	0/2	0/00254	1/028	1308	گوسین	SAR	
0/71	0/19	0/45	0	0	0/113	1092	کروی	هدایت الکتریکی خاک	کریجینگ معمولی
0/65	0/28	0/51	0	0	0/121	1337	نمایی	هدایت الکتریکی خاک	
0/70	0/28	0/47	0/09	0/00011	0/117	968	گوسین	هدایت الکتریکی خاک	
0/85	0/19	0/41	0/09	0/00015	0/151	1644	کروی	کریجینگ شاخص	
0/82	0/38	0/45	0/09	0/00015	0/165	1783	نمایی	SAR	
0/84	0/38	0/43	0/09	0/00015	0/155	1195	گوسین	SAR	
0/63	2/28	0/3	0/01	0/00088	0/850	1081	کروی	هدایت الکتریکی خاک	
0/56	2/71	0/34	0/09	0/00088	0/934	1433	نمایی	هدایت الکتریکی خاک	
0/61	2/54	0/33	0/09	0/00088	0/886	967	گوسین	هدایت الکتریکی خاک	
0/86	14/6	0/21	0	0	1/039	2527	کروی	معمولی	
0/84	18/00	0/28	0	0	1/149	3771	نمایی	SAR	
0/78	16/33	0/22	0	0	1/029	1875	گوسین	SAR	

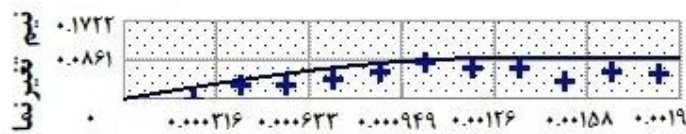
داده های عمق 0-30 سانتی متری

داده های عمق 60-30 سانتی متری

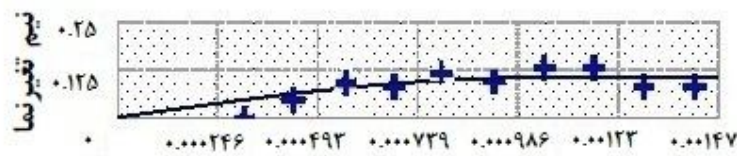
نقشه احتمال شوری و SAR خاک به روش کریجینگ شاخص

همانگونه که در جدول 1 نشان داده شده است وجود چولگی مثبت از توزیع غیر نرمال داده‌ها حکایت دارد. علاوه بر این حداکثر شوری و سدیمی به دست آمده زیاد بوده و چندین برابر میانگین داده‌ها می‌باشد و این داده‌های پرت بر روی پیوستگی مکانی تابع واریوگرام موثر می‌باشند. در جدول 2 پارامترهای مدل‌های برازش داده شده به واریوگرام شوری و SAR در دو عمق و در شکل 2 واریوگرام آنها نشان داده شده است. در عمق 30-0 سانتی متری برای شوری خاک مدل کروی با ضریب تبیین 0/71، میانگین خطا 0/018 و مجدور میانگین

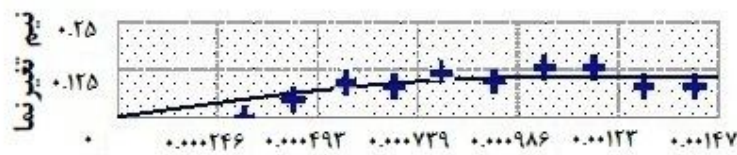
مربعات خطا 0/15 و برای SAR مدل کروی با ضریب تبیین 0/85، میانگین خطا 0/35 و مجدور میانگین مربعات خطا 0/25 بهترین مدل بودند. در عمق 30-60 سانتی-متری برای شوری خاک مدل کروی با ضریب تبیین 0/71، میانگین خطا 0/45 و مجدور میانگین مربعات خطا 0/19 و برای SAR مدل کروی با ضریب تبیین گوسین 0/85، میانگین خطا 0/41 و مجدور میانگین مربعات خطا 0/19 بهترین مدل برازشی بودند. در شکل‌های 3 و 4 نقشه‌های احتمالاتی و شوری و SAR خاک که با استفاده از کریجینگ شاخص تهیه شده و نقشه کلاس‌بندی شده آنها جهت بهتر نشان دادن مناطق پر خطر نشان داده شده است.



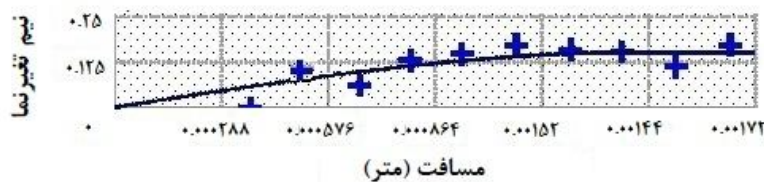
الف



ب

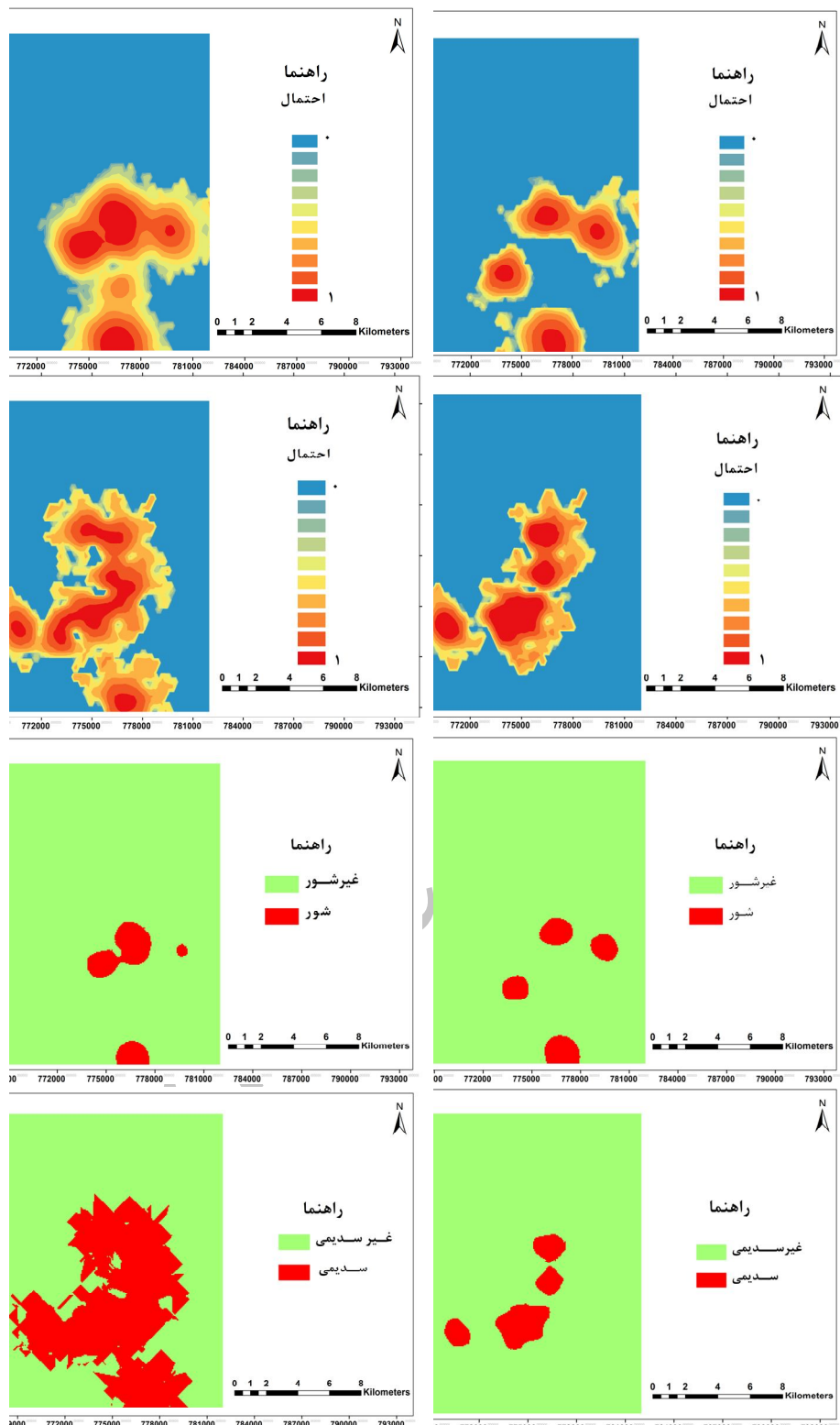


ج



د

شکل 2- واریوگرام کریجینگ شاخص شوری و سدیمی، به ترتیب الف و ب در (عمق 0-30 سانتی متری) ج و د در (عمق 30-60 سانتی متری)

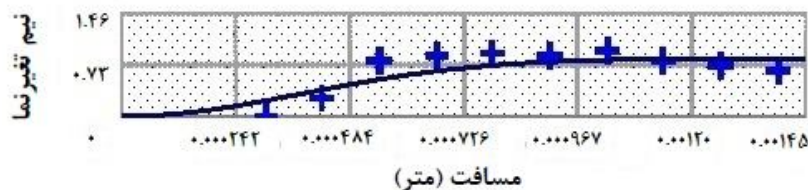


شکل 4- به ترتیب الف وب نقشه احتمالاتی شوری و سدیمی، ج و د نقشه کلاس بندی شوری و سدیمی (عمق 30-60 سانتی متری)

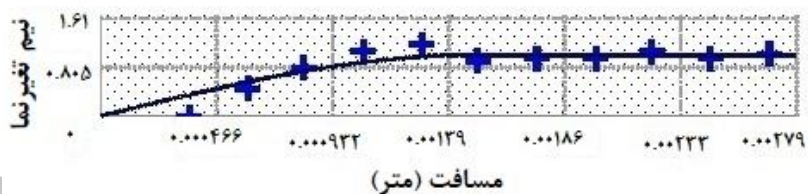
شکل 3- به ترتیب الف وب نقشه احتمالاتی شوری و سدیمی، ج و د نقشه کلاس بندی شوری و سدیمی (عمق 0-30 سانتی متری)

کرد (کامبردلا و همکاران، 1994). چنانچه این نسبت از 25 کمتر باشد، وابستگی مکانی قوی، اگر بین 25 تا 75 باشد، وابستگی مکانی متوسط، و چنانچه از 75 بیشتر باشد، وابستگی مکانی ضعیف خواهد بود که در این تحقیق نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه در هر دو عمق نسبت بسیار کوچکی محاسبه شده و بیانگر بالا بودن دقت برآورد این روش است. رسم نیم تغییرنمای شوری و سدیمی در چندین جهت مختلف نشان داد که داده‌های شوری و SAR در جهت‌های مختلف تغییرات چندانی نداشته و از نوع همسانگرد می‌باشند. در شکل‌های 6 و 7 نقشه‌های شوری و SAR خاک که با استفاده از کریجینگ معمولی تهیه شده، نشان داده شده است. در عمق 0-30 سانتی‌متری دامنه مقدار شوری و SAR به ترتیب بین 0/23-6 و 0/72-74 و در عمق 30-60 سانتی‌متری دامنه مقدار شوری و SAR به ترتیب بین 0/25-8/5 و 1-89 می‌باشد.

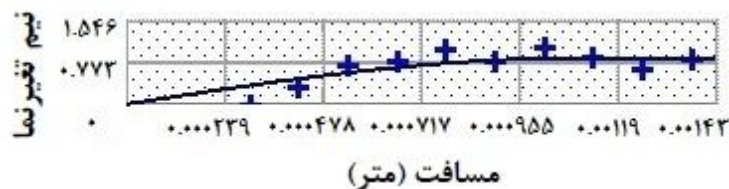
نقشه شوری و SAR خاک به روش کریجینگ معمولی علاوه بر نقشه‌های احتمال، نقشه شوری و SAR خاک به روش کریجینگ معمولی نیز جهت تطبیق با نقشه‌های احتمال و نشان دادن بهتر مناطق خطر تهیه شد. برای انجام درون‌یابی به روش کریجینگ معمولی بهتر است که داده‌ها نرمال باشند (گوارتز، 1997). از این رو داده‌های مربوط به شوری و سدیمی با لگاریتم طبیعی به داده‌های نرمال تبدیل شدند (جدول 1). سپس واریوگرام مربوط به شوری و سدیمی خاک مورد مطالعه با مدل‌های مختلف رسم و بهترین مدل بر اساس شاخص‌های آماری میانگین خطا، ضریب تبیین و مجدور میانگین مربعات خطا برای برآورد مقادیر شوری و سدیمی خاک گزینش شدند. در جدول 2 پارامترهای مدل‌های برازش داده شده به واریوگرام شوری و SAR در دو عمق و در شکل 5 واریوگرام آنها نشان داده شده است. از نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه می‌توان برای ارزیابی وابستگی مکانی استفاده



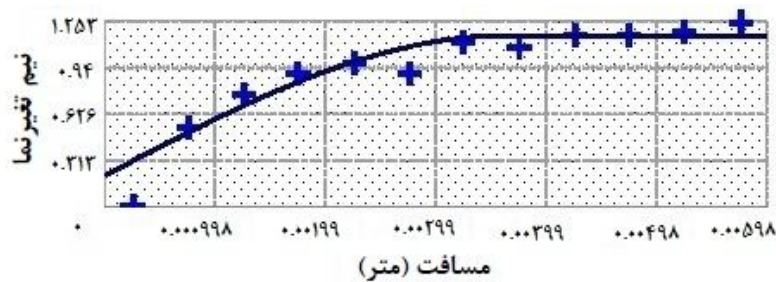
الف



ب

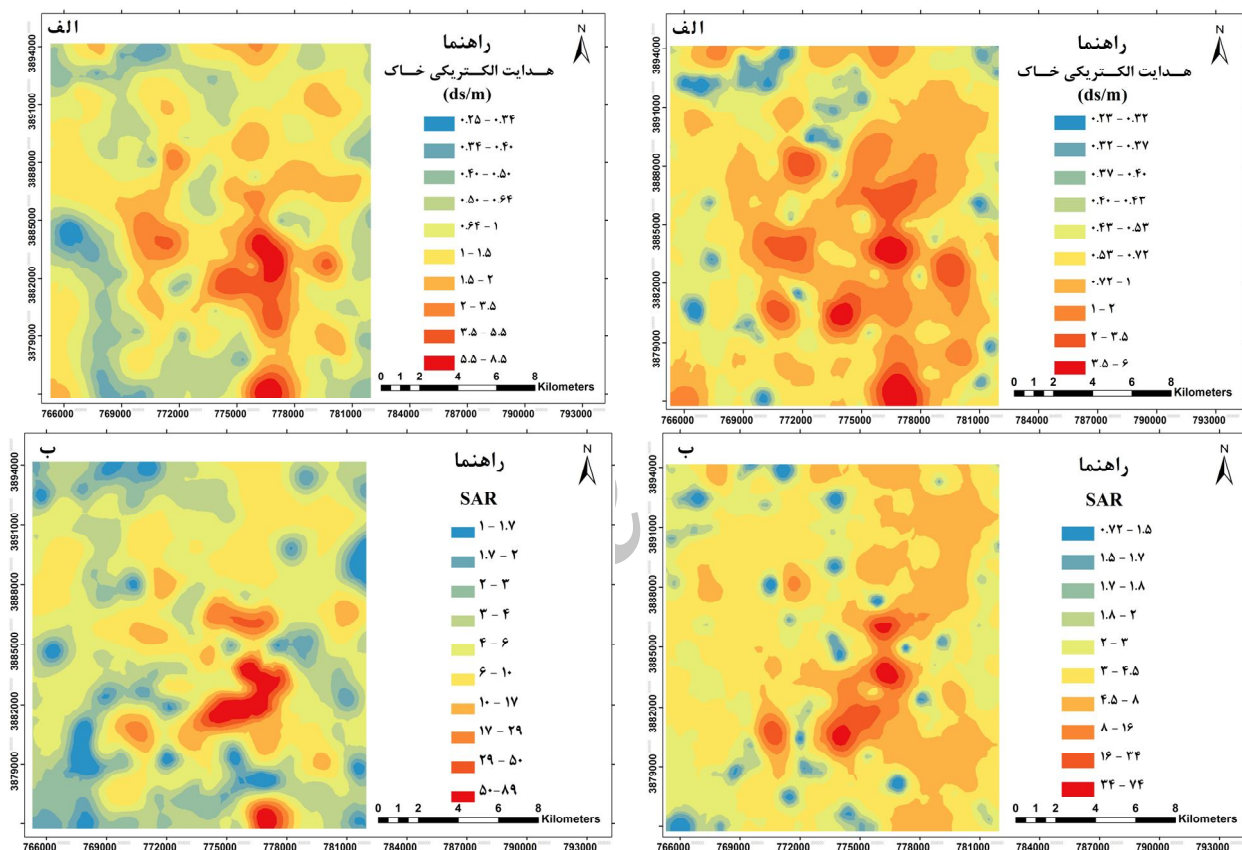


ج



د

شکل 5- واریوگرام کریجینگ معمولی شوری و سدیمی، به ترتیب الف و ب در (عمق 0-30 سانتی متری) ج و د در (عمق 30-60 سانتی متری)



شکل 7- نقشه شوری (الف) و سدیمی (ب) (عمق 30-60 سانتی متری) با روش کریجینگ معمولی

شکل 6- نقشه شوری (الف) و سدیمی (ب) (عمق 0-30 سانتی متری) با روش کریجینگ معمولی

شاخص کاپا نشان داده شده است (سیلوا، 2015). شاخص کاپا زمانی که عملیات طبقه‌بندی کاملاً موفقیت-آمیز باشد برابر با یک خواهند و زمانی که کاملاً وابسته به شانس باشد عدد صفر را نشان می‌دهند (پونتیسوس، 2000). در جدول 4 نتایج ماتریس خطا برای شوری و SAR در دو عمق بر اساس داده‌های مشاهداتی (اندازه-گیری شده در آزمایشگاه) و داده‌های طبقه‌بندی شده کریجینگ شاخص بر اساس دو آستانه شوری 4 دسی-

ارزیابی صحت نقشه‌های شوری و SAR خاک در بسیاری از مطالعات از جمله مطالعات خاک-شناسی، سنجش از دور و غیره به منظور ارزیابی دقت نقشه‌های حاصل از شاخص کاپا استفاده شود، که میزان توافقی حاصل از مقایسه دقت طبقه‌بندی نقشه مشاهده شده نسبت به دقت مورد انتظار از نقشه تهیه شده را نشان می‌دهد. در جدول 3 سطح دقت طبقه‌بندی بر اساس

می باشد که نشان دهنده دقت طبقه بندی انجام شده توسط کریجینگ شاخص برای شوری خاک و برای SAR می باشد. دائم پناه و همکاران (1390) نقشه شوری و سدیمی خاک سطحی را با روش های دورسنجی و زمین آماری در جنوب شهرستان مهولات تهیه و با استفاده از شاخص کاپا با هم مقایسه کردند. محمدی (1378) تغییرات مکانی شوری را در منطقه رامهرمز با استفاده از روش کوکریجنگ و کریجینگ بررسی و با استفاده از شاخص کاپا با هم مقایسه کردند.

آنالیز مکانی شوری و SAR خاک در ارتباط با شاخص های آستانه

جهت بهتر نشان دادن مناطق دارای خطر شوری و سدیمی بیشتر علاوه بر نقشه های احتمالاتی، نقشه های کلاس بندی شده آنها نیز تهیه (شکل های 3 و 4) و با هم تلفیق شده و در نهایت نقشه کلاس کیفیت خاک بر اساس شور و سدیمی بودن تهیه شد (شکل های 8 و 9). مطابق با شکل های 3 و 4 بر اساس شاخص آستانه شوری 4 دسی زیمنس بر متر قسمت های از منطقه بر اساس این شاخص شور می باشد. در مرکز، جنوب و جنوب غربی منطقه مطالعاتی (عمدتاً شوره زارهای بدون پوشش)، احتمال بیشتر بودن شوری خاک از حد 4 دسی زیمنس بر متر خیلی زیاد بوده و این احتمال در شمال غربی، جنوب شرقی، شمال شرقی و شمال منطقه مطالعاتی بسیار کم (عمدتاً بلندی های با پوشش مرتعی) می باشد. همچنین، احتمال بیشتر بودن مقدار نسبت جذب سطحی سدیم (SAR) از 13 در مناطق مرکزی منطقه بیش از سایر مناطق است. محدوده های با احتمال شور و سدیمی زیاد از لحاظ فیزیوگرافی جزو اراضی پست می باشند که شامل محدوده های اطراف شهرستان دزج، روستاهای صندوق آباد، حسن آباد محمد نظر، دوسر و شهاب الدین است.

زیمنس بر متر و نسبت جذب سطحی سدیم (SAR) 13، نشان داده است. کریجینگ شاخص مقادیر عددی صفر و یک بر اساس آستانه های تعریف شده برای شوری 4 دسی زیمنس بر متر) و نسبت جذب سدیم (13) ارائه می کند. مقادیر شوری که بیشتر از 4 دسی زیمنس بر متر باشند (عدد یک) به عنوان کلاس شور و مقادیر شوری کمتر از 4 (عدد صفر) به عنوان کلاس غیر شور در نظر گرفته و همچنین مقادیر نسبت جذب سدیم که بیشتر از 13 (عدد یک) باشند به عنوان کلاس سدیمی و مقادیر کمتر از 13 (عدد صفر) به عنوان کلاس غیر سدیمی در نظر گرفته شد. سپس این کلاس ها بر اساس مقادیر صفر و یک پیش بینی شده توسط کریجینگ شاخص در 178 نقطه مورد بررسی مشخص شده و با کلاس های تعیین شده بر اساس داده های مشاهداتی (اندازه گیری شده) در همان 178 نقطه در مقابل هم قرار گرفته و شاخص کاپا مورد ارزیابی قرار گرفت. در عمق 0-30 سانتی متری شوری خاک به ترتیب دارای دقت عمومی و شاخص کاپای 0/95 و 0/53 و SAR دارای 0/98 و 0/94 و در عمق 30-60 سانتی متری شوری خاک به ترتیب دارای دقت عمومی و شاخص کاپای 0/95 و 0/64 و SAR دارای 0/95 و 0/80 بودند. هرچه شاخص کاپا به دقت عمومی نقشه نزدیک تر باشد دقت طبقه بندی بهتر می باشد. ضریب کاپا این مزیت را نسبت به دقت کلی دارد که از مقادیر حاشیه ای (غیر قطری ماتریس) خطا نیز برای محاسبه دقت استفاده کرده و بنابراین به دقت بهتری می رسد معمولاً دقت کلی یک برآورد خوشبینانه بوده و همیشه دقت را بالاتر از مقدار واقعی محاسبه می کند و ضریب کاپا برآورد بدبینانه بوده و دقت را کمتر از مقدار واقعی بیان می کند. مطابق با جدول 3 شاخص کاپا برای شوری خاک و SAR در عمق 0-30 سانتی متری به ترتیب دارای سطح موفقیت متوسط و عالی و در عمق 30-60 سانتی متری هر دو دارای سطح موفقیت خوب و عالی

جدول 3- سطح دقت طبقه بندی برای شاخص کاپا (Silva et al., 2015)

شاخص کاپا	سطح موفقیت
شاخص کاپا > 0	عدم موفقیت
$0 < \text{شاخص کاپا} = 0/19$	خیلی ضعیف
$0/2 < \text{شاخص کاپا} = 0/39$	ضعیف
$0/4 < \text{شاخص کاپا} = 0/59$	متوسط
$0/6 < \text{شاخص کاپا} = 0/79$	خوب
$0/8 < \text{شاخص کاپا} = 1$	عالی

جدول 4- نتایج ماتریس خطا مربوط به کریجینگ شاخص برای هدایت الکتریکی و SAR

داده‌های مشاهداتی			
دقت کاربری (%)	غیر شور (>4 ds/m)	شور (<4 ds/m)	داده‌های کریجینگ
50	5	5	شور (<4 ds/m)
1/7	165	3	غیر شور شور (>4 ds/m)
	98	62	دقت تولیدکننده (%)
	دقت عمومی = 95% و شاخص کاپا= 53%		
دقت کاربری (%)	غیر سدیمی (SAR>13)	سدیمی (SAR<13)	
26	4	11	سدیمی (SAR<13)
0	164	0	غیر سدیمی (SAR>13)
	97	100	دقت تولیدکننده (%)
	دقت عمومی = 98% و شاخص کاپا= 94%		
دقت کاربری (%)	غیر شور (>4 ds/m)	شور (<4 ds/m)	
42	6	8	شور (<4 ds/m)
1/2	162	2	غیر شور شور (>4 ds/m)
	96	80	دقت تولیدکننده (%)
	دقت عمومی = 95% و شاخص کاپا= 64%		
دقت کاربری (%)	غیر سدیمی (SAR>13)	سدیمی (SAR<13)	
23	6	20	سدیمی (SAR<13)
1/3	150	2	غیر سدیمی (SAR>13)
	96	90	دقت تولیدکننده (%)
	دقت عمومی = 95% و شاخص کاپا= 80%		

داده‌های عمق 0-30

داده‌های عمق 30-60

لندسکیپ منطقه مطالعاتی دارد و اراضی پست دارای سطح ایستابی بالا و بیشترین می‌باشند و در برخی مناطق سطح خاک آن‌ها با لایه‌ای از نمک پوشیده شده است. کلیچ و همکاران (2007) در بررسی تغییرات مکانی شوری و قلیائیت در ترکیه با استفاده از زمین آمار نشان دادند که بالا بودن سطح آب‌زیرزمینی و کیفیت بد آب آبیاری عامل‌های شوری منطقه می‌باشند. خاک‌های با چنین غلظت‌هایی از نمک دارای کیفیت مناسبی نبوده (اشکال 8 و 9) و برای گیاه و اکوسیستم مناسب نمی‌باشند، لذا این نقشه‌ها با فرض دانستن مقدار ریسکی که برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران مربوطه می‌توانند متحمل شوند، در شناسایی مناطق خطرناک از لحاظ شوری و سدیمی می‌تواند بسیار سودمند واقع شود (کاستریگانو، 2008). ارائه نقشه‌های احتمال شوری و سدیمی که در فرایندهای تصمیم‌گیری مانند مدیریت منابع خاک و آب کارایی بسیاری دارند، از قابلیت‌های منحصر به فرد کریجینگ شاخص است. دلبری و افراسیاب (1392) نشان دادند که کریجینگ شاخص برای ارزیابی خطای تخمین کلر ابزا ر مناسبی می‌باشد. بنابراین، در مواردی که هدف مطالعه، مدل کردن قطعی نبودن تخمین و نه فقط تهیه نقشه‌های هم‌مقدار است، این روش مناسب می‌باشد.

علت شور و سدیمی در ایران شامل دو دسته عوامل طبیعی همچون وضعیت زمین‌شناسی، شرایط آب و هوایی، انتقال املاح به وسیله آب و عوامل مرتبط با فعالیت‌های بشر همچون مدیریت منابع آب و غیره می‌باشند (برزگر، 1387). مهمترین عوامل شور و قلیایی شدن مجموعه خاک‌های منطقه، سفره‌های آب زیرزمینی با کیفیت نه چندان مناسب با کلاس شوری زیاد (C3S1) و کربنات سدیم باقی مانده نامناسب بیشتر از 2/5 (نمونه-های آب حاوی کربنات سدیم باقی مانده زیاد منجر به رسوب کلسیم و منیزیم و افزایش سدیم در خاک می‌شود) (جدول 5) که در عمق کمی نسبت به سطح زمین واقع شده‌اند، در معرض تبخیر شدید قرار دارند و هرگونه اختلاف ارتفاع و شیب هر چند ناچیز در وضعیت اراضی از نظر میزان نفوذپذیری و زهکشی و در نهایت ماندابی و شور و قلیا شدن آن نقش اساسی و کلیدی دارد، به طوری که وضعیت ژئومورفولوژیکی حاکم از جمله توپوگرافی چاله مانند اراضی پست و رسوبات با نفوذپذیری ضعیف و غیرکافی موجب ماندابی و شور و قلیا شدن اراضی شده است. محمدی (1377) در بررسی تغییرات مکانی شوری را در منطقه راه‌مزم در 4 واحد فیزیوگرافی شامل: فلات، دشت آبرفتی رودخانه، دشت آبرفتی دامنه‌ای و اراضی پست نشان دادند نقشه شوری ارتباط مستقیمی با

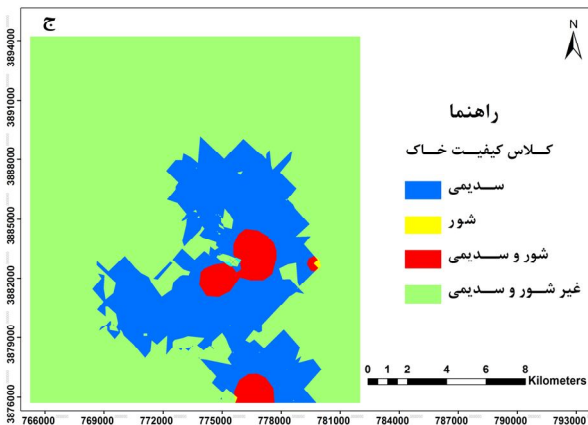
نتیجه گیری کلی

در این پژوهش از روش کریجینگ شاخص برای تهیه نقشه های احتمال شوری و سدیمی خاک در منطقه قروه استان کردستان استفاده شد. نقشه های احتمال مربوط به شوری و سدیمی در دو عمق 0-30 و 30-60 سانتی متری بر اساس دو شاخص آستانه شوری 4 دسی - زیمنس بر متر و نسبت سدیم جذب سطحی شده (SAR) 13 تهیه شد. نتایج نشان داد که نقشه های تهیه شده با

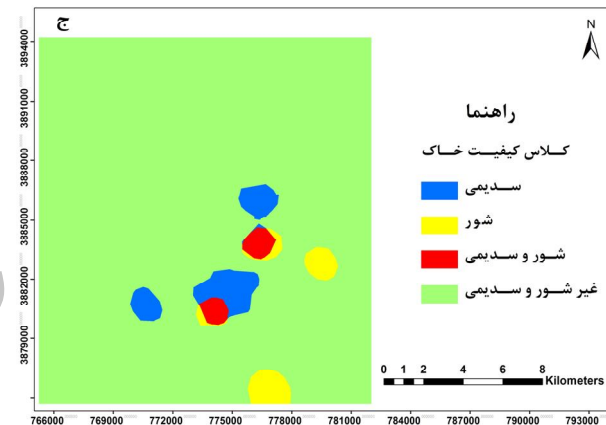
استفاده کریجینگ شاخص دارای سطح دقت مناسبی بوده و بخش مرکزی منطقه دارای شوری و SAR بیشتر می باشد. مهمترین عوامل شور و قلیایی شدن مجموعه خاک های منطقه، سفره های آب زیرزمینی با کیفیت نه چندان مناسب است که در عمق کمی نسبت به سطح زمین واقع شده اند و از لحاظ ژئومورفولوژی پست می باشند.

جدول 5- نتایج تجزیه نمونه آب بخش شور و سدیمی منطقه مطالعاتی

نمونه	هدایت الکتریکی (dc/m)	pH	سدیم	کلسیم + منیزیم	کربنات	کلر	سولفات	بی کربنات	کربنات سدیم باقی مانده	کلاس کیفیت (Richards, 1954)
1	2	7/6	4/8	11/5	0	3/4	0/6	13/4	2/1	C3S1
2	1/75	7/95	3/5	8	0	2.2	0/8	8/3	0/3	C3S1
3	2/89	7/25	6	8/6	0	1/7	0/1	12/4	3/8	C3S1



شکل 9- نقشه کلاس بندی شوری و سدیمی (عمق 30-60 سانتی متری)



شکل 8- نقشه کلاس بندی شوری و سدیمی (عمق 0-30 سانتی متری)

فهرست منابع:

1. دلبری، م. و افراسیاب، پ. 1393. کاربرد کریجینگ شاخص و معمولی در مدل کردن کلر آب زیرزمینی. محیط شناسی، 40 (3): 751-764.
2. برزگر، ع. 1387. خاک های شور و سدیمی. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، 355 ص.
3. دائم پناه، ر. حق نیا، غ. علیزاده، ا. و کریمی کارویه، ع. 1390. تهیه نقشه شوری و سدیمی خاک سطحی با روش های دورسنجی و زمین آماری در جنوب شهرستان مه ولات. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، 25 (3): 508-498.

4. سکوتی اسکوئی، ر. مهدیان، م. محمودی، ش. و قهرمانی، ا. 1386. مقایسه کارایی برخی روش‌های زمین آماری برای پیش بینی پراکنش مکانی شوری خاک، مطالعه موردی دشت ارومیه. پژوهشی و سازندگی در زراعت و باغبانی، 74: 98-91.
5. محمدی، ج. 1377. مطالعه تغییرات مکانی شوری خاک در منطقه رامهرمز (خوزستان) با استفاده از نظریه ژئواستاتستیک (کریجینگ). علوم و فنون کشاورزی، 2 (4): 49-63.
6. Cambardella, C.A., T.B. Moormam. T.B. Parkin. D.L. Karlen. R.F. Turco. and A.E. Konopka. 1994. Field scale soils variability of soil properties in Central Iowa soils. Soil Science Society of America Journal, 58: 1501-1511.
7. Castrignano, A., G. Buttafuoco. and C. Giasi. 2008. Assessment of Ground water Salinisation Risk Using Multivariate Geostatistics. GeoENVVI – Geostatistics for Environmental Applications, 191-202.
8. Chica-Olmo, M., J.A. Luque-Espinar. V. Rodriguez-Galiano. E. Pardo-Iguzquiza. and L. Chica-Rivas. 2014. Categorical Indicator Kriging for assessing the risk of groundwater nitrate pollution: The case of Vega de Granada aquifer (SE Spain). Science of the Total Environment, 470-471: 229-239.
9. Farifte, J., A. Farshad. and R.J. George. 2005. Assessing salt – affected soils using remote sensing, solute modeling, and geophysics. Geoderma, 130: 191-206.
10. Goovaerts, P. 1997. Geostatistics for Natural Resources Evaluation. Oxford University Press, Oxford.
11. Jang, C.H., and C.K. Chen. 2015. Integrating indicator-based geostatistical estimation and aquifer vulnerability of nitrate-N for establishing groundwater protection zones. Journal of Hydrology, 523: 441-451.
12. Journel, A.G., and C.J. Huijbregts. 1978. Mining Geostatistics. Academic Press, New York, 600 pp.
13. Kilic, K., and S. Kilic. 2007. Spatial variability of salinity and alkalinity of a field having salination risk in semi-arid climate in northern Turkey. Environ Monit Assess, 127: 55–65.
14. Mamat, Z., H. Yimit. R.Z.A. Ji. and M. Eziz. 2014. Source identification and hazardous risk delineation of heavy metal contamination in Yanqi basin, northwest China, Science of the Total Environment, 493: 1098-1111.
15. Mohammadi, J. 2006. Spatial Statistics (Geo statistics). Pelk. Press. Pp: 345-346.
16. Nelson, R.E. 1982. Carbonate and gypsum. p. 181-196. In A.L. Page et al. (ed.) Methods of soil analysis. Part 2-chemical and microbiological properties. Madison, WI.
17. Pontius Jr, R.G., and M. Millones. 2011. Death to Kappa: birth of quantity disagreement and allocation disagreement for accuracy assessment. International Journal of Remote Sensing, 32 (15): 4407-4429.
18. Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Soil Sci, 78 (2), 154.
19. Shi, k., C.Q. Liu. N.S. Ai. X.H. Zhang. 2008. Using three methods to investigate time – scaling properties in air pollution indexes time series. Nonlinear Analysis: Real. World Application, 9: 693-707.
20. Silva, A.F.D., A.P. Barbosa. C.R.L. Zimback. P.M.B. Landim. and A. Soares. 2015. Estimation of croplands using indicator kriging and fuzzy classification. Computers and Electronics in Agriculture, 111:1-11.
21. Sparks, D.L., A.L. Page. P.A. Helmke. R.H. Leoppert. P.N. Soltanpour. M.A. Tabatabai. G.T. Johnston. and M.E. Summer. 1996. Methods of Soil Analysis. Soil. Sci. Soc. Am. J, Madison, Wisconsin.

Mapping of Soil Salinity and Sodicity Hazard Using Indicator Krijing in Ghorveh, Kurdistan Province

K. Nabiollahi¹, Sh. Moradian and R. Taghizadeh-Mehrjardi

Assistant Professor Of Department of Soil Science and Engineering, University of Kurdistan, Sanandaj; E-mail:nabiollahy_k@yahoo.com; k.nabiollahi@uok.ac.ir

MSc student, Department of Soil Science and Engineering, University of Kurdistan, Sanandaj; E-mail:Sh.moradiyan51@yahoo.com

Assistant Professor Of Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Ardakan; E-mail: rtaghizadeh@ardakan.ac.ir

Received: July, 2016 & Accepted: November, 2016

Abstract

In the recent decades, application of geostatistic for mapping salinity and sodicity of soil and investigation of their changes has developed. The purpose of this study is to use Indicator Krijing to make probability maps of soil salinity and sodicity. In order to do this, in 178 points of the study area, 356 soil samples from two depths, i.e. 0-30 and 30-60 cm, were taken in Ghorveh soils, Kurdistan Province, using hypercube method. Then, electrical conductivity, pH, Na, Ca, Mg, and Sodium Adsorption Ratio characteristics were measured. Using Indicator Krijing, probability maps of soil salinity and sodicity were prepared for both depths based on two threshold indices of 4 dS/m for salinity and $13 (\text{mmol-l})^{0.5}$ for SAR. Results showed that probability maps of 0-30 cm depth for soil salinity and sodicity, respectively, with 0.53 and 0.94 Kappa index, had moderate and excellent accuracy levels, while in 30-60 cm depth, with 0.64 and 0.8 Kappa index, respectively, had good and excellent accuracy levels. Central part of the area had higher probability of salinity and sodicity compared to the other parts. This part of the area had lowland physiography and somewhat unsuitable water table near the soil surface.

Keywords: Geostatistic, Probability map, Alkalinity, Kappa index

¹ Corresponding author: Soil Science and Engineering Department, Faculty of Agricultural, Kurdistan University, Sanandaj.