

صلى الله عليه وسلم



دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی و حاصلخیزی خاک

بررسی وضعیت آلودگی به عناصر سنگین در خاک های

اطراف کارخانه پتروشیمی بجنورد

نگارنده: مصطفی یزدان مهر

اساتید راهنما

دکتر علی عباسپور

دکترهادی قربانی

استاد مشاور

دکتر مهدی دلقندی

خرداد ۱۳۹۷

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده



مدیریت تحصیلات تکمیلی

باسمه تعالی

شماره: ۱۵۹
تاریخ: ۱۳۹۷/۴/۹

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای مصطفی یزدان مهر با شماره دانشجویی ۹۴۱۹۱۴۴ رشته علوم خاک گرایش شیمی و حاصلخیزی تحت عنوان بررسی وضعیت آلودگی به عناصر سنگین در خاکهای اطراف کارخانه پتروشیمی بجنورد که در تاریخ ۱۳۹۷/۰۳/۲۰ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه:)			
☐ مردود			
نوع تحقیق: ☐ نظری ☒ عملی			
عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر علی عباسپور	دانشیار	
۲- استاد راهنمای دوم	دکتر هادی قربانی	دانشیار	
۳- استاد مشاور	دکتر مهدی دلقندی	استادیار	
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	روزبه موذن زاده	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	وحیده درستکار	استادیار	
۶- استاد ممتحن دوم	یاسر صفری	استادیار	

نام و نام خانوادگی:
تاریخ و امضاء و مهر دانشکده: ۱۳۹۷/۴/۳

تقديم به پدر مادر عزيزم

تعهد نامه

اینجانب **مصطفی یزدان مهر** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی وضعیت آلودگی به عناصر سنگین در خاک های اطراف کارخانه پتروشیمی بجنورد تحت راهنمایی آقای دکتر علی عباسپور و آقای دکتر هادی قربانی متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « **Shahrood University of Technology** » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

از زمان انقلاب صنعتی تاکنون کره زمین و ساکنان آن با مشکلات زیست‌محیطی متعددی مواجه بوده‌اند. در حقیقت افزایش جمعیت جوامع انسانی، به افزایش نیازهای انسان منجر شده است و از سوی دیگر در قرن اخیر پیشرفت علم و تکنولوژی و توسعه سریع صنایع، آلوده شدن بخش‌های مختلف محیط زیست به انواع آلاینده‌های شیمیایی را به همراه داشته است. آلودگی محیط خاک، آب و هوا به وسیله صنایع مختلف شیمیایی یک مشکل جدی و فراگیر است. در میان صنایع شیمیایی، کارخانه‌های پتروشیمی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. در حال حاضر، صنعت پتروشیمی با چالش‌های مهمی از نظر آلودگی‌های محیطی چون، آب، خاک و هوا روبه‌رو است. مجتمع پتروشیمی شامل پالایشگاه بزرگ نفت و کارخانه پتروشیمی است. صنایع پتروشیمی به علت ماهیت فعالیت‌های خود یک منبع بالقوه برای تولید و انتشار انواع مختلف مواد زائد و خطرناک به داخل محیط محسوب می‌شوند. این تحقیق جهت آگاهی از وضعیت عناصر سنگین خاک در اراضی اطراف مجتمع پتروشیمی بجنورد انجام گردید. جمع‌آوری نمونه‌ها به صورت تصادفی و از ۴۵ نقطه از منطقه مورد مطالعه صورت گرفت. همزمان با نمونه برداری با استفاده از دستگاه GPS نمونه‌ها مکان‌دار گردید. آزمایشات لازم از پارامترهای انتخاب شده برای این تحقیق شامل شوری، واکنش خاک، کربن آلی، بافت، و برخی عناصر سنگین شامل آهن، منگنز، سرب، نیکل و کروم با روش‌های استاندارد آزمایشگاهی انجام گردید و همچنین میان‌یابی داده‌ها و تجزیه و تحلیل آنها با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) صورت گرفت. تجزیه و تحلیل‌ها نشان دادند که خاک‌های منطقه مورد مطالعه میزان آهک زیادی دارند و همچنین واکنش خاک در اکثر نقاط منطقه مورد مطالعه عدد زیادی را نشان داد. میزان کربن آلی در منطقه مورد مطالعه پایین بوده و خاک این منطقه از این نظر جزء خاک‌های فقیر محسوب می‌شود. وضعیت عناصر سنگین به گونه‌ای بوده که هیچ کدام از عناصر سنگین از استانداردهای جهانی بالاتر نبوده است و یا اینکه نزدیک به استاندارد جهانی بوده‌اند. در پایان به این صورت نتیجه‌گیری گردید که تمهیدات لازم جهت افزایش میزان کربن آلی منطقه

صورت گیرد، همچنین میزان pH خاک و همینطور میزان آهک خاک بالا بوده و جهت کاهش این دو پارامتر نیز تمهیدات لازم اندیشیده گردد. آزمایشات بیشتری با عناصر مختلف در سالهای آتی انجام گردد.

کلمات کلیدی: آلودگی خاک، عناصر سنگین، کریجینگ، وزن معکوس فاصله، مجتمع پتروشیمی بجنورد

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه	
۱-۱ مقدمه	۲
۲-۱- ضرورت انجام کار	۳
فصل دوم: مرور منابع	
۱-۲ - مقدمه	۶
۱-۲-۲ - بافت	۶
۲-۲-۲ - هدایت الکتریکی	۶
۳-۲-۲ - اسیدیت	۷
۴-۲-۲ - کربن آلی	۸
۵-۲-۲ - عناصر سنگین ..	۹
۳-۲ - سوابق مطالعاتی ..	۱۳
فصل سوم: مواد و روش‌ها	
۱-۳ - مشخصات منطقه مورد مطالعه	۱۸
۱-۳-۱ شرایط آب و هوایی ..	۱۹
۲-۳ - نمونه برداری و آماده سازی نمونه	۱۹
۳-۳ - اندازه‌گیری متغیرهای فیزیکی و شیمیایی موثر در حاصلخیزی خاک	۲۲
۴-۳ - میان‌یابی	۲۳
۳-۴-۱ - آشنایی با سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)	۲۴
۳-۴-۲ - ویژگی‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی	۲۵

- ۳-۵- اجرای نرم افزار GIS..... ۲۶
- ۳-۶- پارامترهای آماری..... ۲۸

فصل چهارم : نتایج و بحث

- ۴-۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک..... ۳۰
- ۴-۱-۱- شوری خاک..... ۳۱
- ۴-۱-۲- واکنش خاک..... ۳۱
- ۴-۱-۳- درصد کربن آلی..... ۳۱
- ۴-۱-۴- درصد آهک..... ۳۲
- ۴-۱-۵- آهن خاک..... ۳۲
- ۴-۱-۶- منگنز خاک..... ۳۲
- ۴-۱-۷- مس خاک..... ۳۲
- ۴-۱-۸- کبالت خاک..... ۳۳
- ۴-۱-۹- کروم خاک..... ۳۳
- ۴-۱-۱۰- جیوه خاک..... ۳۳
- ۴-۱-۱۱- وضعیت نیکل خاک..... ۳۳
- ۴-۱-۱۲- وضعیت آرسنیک خاک..... ۳۴
- ۴-۱-۱۳- وضعیت کادمیوم خاک..... ۳۴
- ۴-۱-۱۴- وضعیت سرب خاک..... ۳۴
- ۴-۲- میان یابی..... ۳۴
- ۴-۲-۱- شوری خاک..... ۳۵

- ۳۶.....۲-۲-۴ واکنش خاک
- ۳۸.....۳-۲-۴ درصد کربن آلی
- ۴۰.....۴-۲-۴ آهک خاک
- ۴۱.....۵-۲-۴ آهن خاک
- ۴۳.....۶-۲-۴ منگنز خاک
- ۴۵.....۷-۲-۴ مس خاک
- ۴۶.....۸-۲-۴ کبالت خاک
- ۴۸.....۹-۲-۴ کروم خاک
- ۵۰.....۱۰-۲-۴ جیوه خاک
- ۵۱.....۱۱-۲-۴ نیکل خاک
- ۵۳.....۱۲-۲-۴ آرسنیک خاک
- ۵۴.....۱۳-۲-۴ کادمیوم خاک
- ۵۶.....۱۴-۲-۴ سرب خاک

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

- ۶۰.....۱-۵ نتیجه
- ۶۰.....۲-۵ پیشنهاد
- ۶۲.....منابع

فهرست جداول

عنوان	صفحه
فصل دوم	
جدول ۱-۲- تقسیم‌بندی خاک‌ها بر حسب تغییرات هدایت الکتریکی.....	۷
جدول ۲-۲- تقسیم‌بندی خاک‌ها بر اساس میزان درصد کربن آلی.....	۹
جدول ۳-۲- غلظت کل عناصر موجود در خاک.....	۹
جدول ۴-۲- طبقه‌بندی عناصر جزئی به صورت ماده غذایی گیاه و حیوان یا ماده سمی.....	۱۰
جدول (۵-۲) مقادیر قابل تحمل عناصر جزئی در گیاهان.....	۱۱
جدول ۶-۲- حداکثر غلظت مجاز عناصر سنگین خاک زراعی در استانداردهای مختلف.....	۱۲
جدول ۷-۲- حداکثر غلظت قابل قبول فلزات در عمق شخم.....	۱۲
جدول ۸-۲- استاندارد WHO برای غلظت فلزات سنگین خاک.....	۱۳
فصل سوم	
جدول ۱-۳ طول و عرض جغرافیایی مکان‌های نمونه برداری شده در منطقه مورد مطالعه.....	۲۰
فصل چهارم	
جدول ۱-۴- توصیف آماری متغیرهای فیزیکی و شیمیایی.....	۳۰
جدول ۲-۴- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه شوری خاک.....	۳۵
جدول ۳-۴- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه واکنش خاک.....	۳۶
جدول ۴-۴- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه کربن آلی.....	۳۸
جدول ۵-۴- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه آهک.....	۴۰
جدول ۶-۴- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه آهن.....	۴۱

- جدول ۴-۷- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه منگنز.....۴۳
- جدول ۴-۸- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه مس.....۴۵
- جدول ۴-۹- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه کبالت.....۴۶
- جدول ۴-۱۰- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه کروم.....۴۸
- جدول ۴-۱۱- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه جیوه.....۵۰
- جدول ۴-۱۲- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه نیکل.....۵۱
- جدول ۴-۱۳- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه آرسنیک.....۵۳
- جدول ۴-۱۴- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه آرسنیک.....۵۴
- جدول ۴-۱۵- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه سرب.....۵۶

فهرست اشکال

صفحه

عنوان

فصل سوم

شکل ۳-۱ موقیت محدوده مورد مطالعه ۱۸

شکل ۳-۲ نقشه پراکنش نقاط نمونه برداری در محدوده مورد مطالعه ۱۹

فصل چهارم

شکل ۴-۱ توزیع مکانی شوری خاک ۳۶

شکل ۴-۲ توزیع مکانی واکنش خاک ۳۸

شکل ۴-۳ توزیع مکانی کربن آلی ۳۹

شکل ۴-۴ توزیع مکانی آهک خاک ۴۱

شکل ۴-۵ توزیع مکانی آهن خاک ۴۳

شکل ۴-۶ توزیع مکانی منگنز خاک ۴۴

شکل ۴-۷ توزیع مکانی مس خاک ۴۶

شکل ۴-۸ توزیع مکانی کبالت خاک ۴۸

شکل ۴-۹ توزیع مکانی کروم خاک ۴۹

شکل ۴-۱۰ توزیع مکانی جیوه خاک ۵۱

شکل ۴-۱۱ توزیع مکانی نیکل خاک ۵۲

شکل ۴-۱۲ توزیع مکانی آرسنیک خاک ۵۴

شکل ۴-۱۳ توزیع مکانی کادمیوم خاک ۵۶

شکل ۴-۱۴ توزیع مکانی سرب خاک ۵۸

فصل اول

کلیات

از زمان انقلاب صنعتی تاکنون کره زمین و ساکنان آن با مشکلات زیست‌محیطی متعددی مواجه بوده‌اند. در حقیقت افزایش جمعیت جوامع انسانی، به افزایش نیازهای انسان منجر شده است و از سوی دیگر در قرن اخیر پیشرفت علم و تکنولوژی و توسعه سریع صنایع، آلوده شدن بخش‌های مختلف محیط زیست به انواع آلاینده‌های شیمیایی را به همراه داشته است. آلودگی محیط خاک، آب و هوا به وسیله صنایع مختلف شیمیایی یک مشکل جدی و فراگیر است (خانی و همکاران، ۲۰۱۴). یکی از انواع آلاینده‌های شیمیایی در طبیعت، فلزات بالقوه سمی هستند که ممکن است دارای دو منشاء طبیعی و انسان‌زاد در محیط باشند و در صورت تجمع در محیط‌هایی چون خاک، به آسانی وارد سایر بخش‌های محیط خواهند شد. از منابع ورود این فلزات به داخل خاک، هوازدگی مواد مادری (عوامل طبیعی) و همچنین منابع انسان‌زاد مانند معدنکاری، دفع زباله‌ها، پساب‌های شهری، لجن فاضلاب، آفت‌کش‌ها، کودها و صنایع شیمیایی را می‌توان نام برد (نادال و همکاران، ۲۰۰۴). در میان صنایع شیمیایی، کارخانه‌های پتروشیمی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. در حال حاضر، صنعت پتروشیمی با چالش‌های مهمی از نظر آلودگی محیط‌هایی چون، آب، خاک و هوا روبه‌رو است (ژانک و همکاران، ۲۰۱۲). یک مجتمع پتروشیمی شامل پالایشگاه بزرگ نفت و کارخانه پتروشیمی است. صنایع پتروشیمی به علت ماهیت فعالیت‌های خود یک منبع بالقوه برای تولید و انتشار انواع مختلف مواد زائد و خطرناک به داخل محیط محسوب می‌شوند (مالماسی و همکاران ۲۰۱۰). بسیاری از مواد شیمیایی و یا در حقیقت آلاینده‌هایی که در پالایش نفت خام و پتروشیمی تولید می‌شوند، سمی هستند (نادال و همکاران، ۲۰۰۴). از میان آن‌ها هیدروکربن‌های آروماتیک و هالوژنه، آمین‌های آروماتیک، نیتروسامین و ترکیبات آلی فلزدار را می‌توان نام برد. این آلاینده‌ها یا به صورت گاز وارد جو می‌شوند و یا به صورت پساب از کارخانه‌های پتروشیمی خارج شده و وارد بخش‌های مختلف محیط (به ویژه آب و خاک) می‌شوند (کالدور و همکاران، ۱۹۸۴). یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های خاک، فلزات سنگین می‌باشند. افزایش سطوح آن با توجه به پایداری آن‌ها در محیط زیست، منجر به جلب توجه

محققین در دهه‌های اخیر شده‌است (بون، ۱۹۷۹). هرگونه تغییر در ویژگی‌های اجزای تشکیل دهنده محیط به نحوی که عملکرد طبیعی و تعادل زیستی آن را مختل کند و به طور غیر مستقیم و مستقیم منابع و و زندگی موجودات زنده را به خطر اندازد، آلودگی محیط زیست اطلاق می‌شود (دبیری، ۲۰۱۱). فعالیت‌های انسانی به طور مستقیم و گاه غیرمستقیم بر کیفیت عملکرد محیط زیست تأثیرگذار است (رومیک و همکاران، ۲۰۰۷). آلودگی فلزات سنگین نه تنها بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، کاهش فعالیت بیولوژیکی و کاهش دستیابی زیستی مواد مغذی در خاک تأثیر می‌گذارد، بلکه خطر جدی برای سلامتی انسان با ورود به زنجیره غذایی و همچنین امنیت زیست محیطی از طریق نفوذ در آبهای زیرزمینی محسوب می‌شوند (فاچلینی و همکاران، ۲۰۰۱). پهنه بندی توزیع مکانی آلودگی خاک، پایه ارزیابی آلودگی، کنترل و مدیریت بحران برای نشان دادن مناطق آلوده است. امروزه استفاده از روش‌های درون‌یابی به‌طور گسترده‌ای در پهنه بندی و تخمین غلظت عناصر سنگین در نقاطی که نمونه‌برداری نشده‌اند، کاربرد دارد (زی و همکاران، ۲۰۱۱). استفاده از روش‌هایی که بتواند هم‌زمان انواع آلودگی را در نظر گرفته و ماهیت پیوسته تغییرات آن‌ها را در خاک نشان دهد قادر به ارائه تصویر واقعی‌تری از گسترش و شدت آلودگی خواهد بود. این دیدگاه به معنی کاربر روشی برای شناسایی خاک‌های آلوده و تعریف کلاس‌های آلودگی است (تان و همکاران، ۲۰۰۶). نقشه‌های مشخص کننده مناطق آلوده به فلزات سنگین و یا در معرض خطر آلودگی می‌تواند اطلاعات مهمی را در زمینه انتخاب و یافتن مناطق مناسب جهت کاربری‌های استفاده از زمین یا پاکسازی خاک در اختیار تصمیم گیران قراردهد.

۱-۲- ضرورت انجام کار و اهداف پژوهش

مجتمع پتروشیمی بجنورد به عنوان فعال‌ترین کارخانه‌های پتروشیمی شرق کشور، در حال حاضر به عنوان یکی از صنایع آلوده کننده محیط زیست در این منطقه کشور به حساب می‌آید. عدم رعایت استانداردهای زیست محیطی از یک سو و قدیمی بودن تکنولوژی مورد استفاده در کارخانه از سوی

دیگر باعث شده است که حجم زیادی از آلاینده‌های جوی (به صورت ذرات گرد و غبار) و مایع (به صورت پساب) تولید شود. از این روی آگاهی از میزان عناصر سنگین در اراضی اطراف این مجتمع امری ضروری است.

۱-۳- اهداف پژوهش

(۱) ارزیابی وضعیت عناصر سنگین و آلودگی خاک‌های (مرتعی، کشاورزی) منطقه مورد مطالعه

(۲) پهنه بندی مکانی ویژگی های خاک

(۳) بررسی میزان عناصر و تفسیر نقشه‌ی توزیع مکانی عناصر

فصل دوم

مرور منابع

۲-۱- مقدمه

در این فصل متغیرهای موثر در آلودگی، اثرات آنها در خاک و تغذیه گیاه و تقسیم بندی کیفی عناصر تشریح می‌گردد. در ادامه ضمن تشریح پژوهش‌ها و تحقیقات انجام شده در ارتباط با موضوع مورد مطالعه در داخل و خارج از کشور در طی سالهای اخیر، نسبت به جمع‌بندی مطالعات مذکور و ترجیح استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی در تهیه نقشه‌های پراکنش مکانی متغیرهای موثر در ارتباط با آلودگی خاک به شمار می‌روند که خصوصیات آنها به شرح زیر می‌باشد.

۲-۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

۲-۲-۱- بافت

بافت خاک، درصد نسبی ذرات شن، سیلت و رس می‌باشد که بر اساس طبقه بندی USDA ذرات بر حسب اندازه به سه گروه شن (۲ تا ۰/۰۵ میلی‌متر)، سیلت (۰/۰۵ تا ۰/۰۰۲ میلی‌متر) و رس (کمتر از ۰/۰۰۲ میلی‌متر) تقسیم می‌شوند. بافت خاک منعکس کننده برخی از ویژگی‌های خاک نظیر نفوذپذیری، ظرفیت نگهداری رطوبت، ظرفیت تبادل کاتیونی، میزان مواد آلی و رفتار خاک در مقابل شخم و دیگر عملیات خاک‌ورزی می‌باشد (کسبی و همکاران، ۱۹۸۴).

۲-۲-۲- هدایت الکتریکی

هدایت الکتریکی (EC) محلول خاک نشان‌دهنده غلظت کل املاح یونیزه شده در خاک می‌باشد و به عنوان شاخص شوری از مهم‌ترین ویژگی‌های شیمیایی خاک است که مقادیر بالای آن افزون بر اثر اسمزی و سمیت ویژه یونی، موجب بروز عدم تعادل تغذیه‌ای در گیاه می‌گردد. شوری خاک فعالیت یونی عناصر غذایی موجود در محلول خاک را تحت تاثیر خود قرار داده و در نتیجه توازن موجود میان نسبت عناصر غذایی را بر هم می‌زند (همایی، ۱۳۸۱). یکی از مهم‌ترین اثرات صدمات شوری، کاهش رشد گیاه است. عدم توازن یونی ناشی از کاهش جذب یون‌های ضروری و انباشتگی یون‌های مضر و

کمبود آب ناشی از کاهش جذب آب، منجر به کاهش سنتز پروتئین، تعرق، انتقال یون و در نهایت کاهش محصول خواهد شد (اسلام زاده و خلد برین، ۱۳۸۰).

تحمل گیاهان مختلف در برابر شوری با توجه به نوع گیاه، نوع گونه و مرحله رشد گیاه متفاوت است. جدول ۱-۲ تقسیم‌بندی خاک‌ها را بر حسب تغییرات هدایت الکتریکی نشان می‌دهد (برزگر، ۱۳۸۷).

جدول ۱-۲- تقسیم‌بندی خاک‌ها بر حسب تغییرات هدایت الکتریکی (برزگر، ۱۳۷۸)

گروه	هدایت الکتریکی (mmhos/cm)	درجه شوری	اثر شوری بر رشد و نمو گیاه
۱	۰ - ۲	خیلی کم	تأثیری ندارد.
۲	۲ - ۴	کم	اثر کمی روی گیاهان حساس دارد.
۳	۴ - ۸	متوسط	اثر قابل ملاحظه‌ای دارد.
۴	۸ - ۱۶	زیاد	فقط تعداد محدودی از گیاهان می‌توانند رشد کنند
۵	بیش از ۱۶	خیلی زیاد	گیاهان فوق‌العاده مقاوم می‌توانند کمی رشد کنند.

۳-۲-۲- اسیدیته

اسیدیته (pH) یکی از مهم‌ترین خصوصیات شیمیایی خاک است که میزان یا شدت اسیدی یا قلیایی بودن را مشخص می‌کند. در علم شیمی به لگاریتم معکوس غلظت یون‌های هیدروژن در یک محلول، pH گفته می‌شود. این مقیاس از ۰ الی ۱۴ متغیر است و کمتر از ۷ را اسیدی، بیشتر از ۷ را قلیایی و محدوده ۷ را خنثی در نظر می‌گیرند.

$$\text{pH} = -\log (\text{H})^{+}$$

همانطور که از رابطه فوق مشخص است، در ازای تغییر هر واحد pH، غلظت یون‌های هیدروژن و هیدروکسیل، ۱۰ برابر تغییر میکند. شاید مهمترین اثر pH خاک بر روی رشد گیاهان، تاثیر آن در قابلیت استفاده از عناصر غذایی باشد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

۲-۲-۴- کربن آلی

یکی از چالش‌های مهم پیش روی کشاورزی پایدار خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک، تخلیه خاک اراضی کشاورزی از کربن آلی (OC) است که در اکثر مناطق زیر کشت اراضی کشاورزی ایران کمتر از ۱ درصد می‌باشد (مومنی، ۱۳۸۰). کربن آلی خاک تأثیر زیادی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارد و به عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی کیفیت خاک معرفی شده است (گرگوریچ، ۱۹۹۴؛ لل، ۲۰۰۴).

تهیه نقشه کربن آلی خاک، مقدار و محل کمبود آن در اراضی کشاورزی و در نتیجه امکان بررسی درصد موفقیت پروژه‌های افزایش کربن آلی را نشان خواهد داد (روشنی، ۱۳۹۲). مواد آلی در خاک به عنوان مخزن عناصر غذایی برای گیاهان عمل می‌کند و سهم قابل توجهی در ظرفیت تبادل کاتیونی خاک دارد (چنو و همکاران، ۲۰۰۰؛ هرنانز و همکاران، ۲۰۰۲).

تقسیم بندی درصد کربن آلی خاک بر اساس استانداردهای موسسه تحقیقات خاک و آب کشور به شرح جدول (۲-۲) می‌باشد (برزگر ۱۳۸۷).

جدول ۲-۲- تقسیم بندی خاک‌ها بر اساس میزان درصد کربن آلی

مقدار بر حسب درصد	وضعیت کربن در خاک
کمتر از ۰/۵	فقیر
۰/۵ - ۱	متوسط
۱ - ۱/۵	خوب
بیش از ۱/۵	خیلی خوب

۲-۲-۵-عناصر سنگین:

علاوه بر اثرات منابع آلاینده بر کیفیت آب و خاک، تأثیر آلاینده‌ها بر جوامع زیستی امری بدیهی است که پیامد آن به خطر افتادن سلامت زیستی موجودات زنده اعم از انسان، گیاهان و حیوانات خواهد بود.

جدول ۲-۳- غلظت کل عناصر موجود در خاک (پیس، ۱۹۹۷)

عنصر	خاک (ppm)	
	حدود معمول	سطح آستانه
آرسنیک	۰/۱ - ۴۰	۶
کادمیوم	۰/۰۱ - ۷	۰/۰۶
کروم	۵ - ۳۰۰۰	۱۰۰
کبالت	۱ - ۴۰۰	۸
مس	۲ - ۱۰۰	۲۰
سرب	۲ - ۲۰۰	۱۰
مس	۱۰۰ - ۴۰۰۰	۸۵۰
نیکل	۱۰ - ۱۰۰۰	۴۰

کفیل زاده و همکاران (۱۳۸۵) میزان عناصر سنگین جیوه، کادمیوم و سرب در آب رسوب و ماهیان رودخانه کارون و دز را بررسی کردند، که این بررسی نشان داد که میزان جیوه در ایستگاه های مختلف بین ۳۰۰-۱۱ ppm متغیر بوده است. میناماتا (۱۹۸۶) علت مرگ بیش از ۲ هزار نفر در ژاپن را مصرف ماهی های آلوده به جیوه حاصل از تخلیه فاضلاب صنایع به دریا بیان کرده است. جدول ۲-۴- سمیت و یا عدم سمیت برخی از عناصر برای گیاه و حیوان را نشان می دهد.

جدول ۲-۴- طبقه بندی عناصر جزئی به صورت ماده غذایی گیاه و حیوان یا ماده سمی (پیس، ۱۹۹۷)

عنصر جزئی	ضروری برای گیاهان	مفید برای حیوانات	سمی برای گیاهان	سمی برای حیوانات
آرسنیک	خیر	بله	بله	بله
کادمیوم	خیر	خیر	بله	بله
مس	بله	بله	بله	بله
کروم	خیر	بله	بله	بله Cr^{6+}
کبالت	بله	بله	کم	کم
جیوه	خیر	خیر	خیر	بله
منگنز	بله	بله	بله	بله
نیکل	شاید	بله	بله	بله
سرب	خیر	خیر	بله	بله

آلودگی محصولات کشاورزی به فلزات سنگین از طریق فعالیت های صنعتی امروزه بیشتر شایع است. هودجی و همکاران (۱۳۸۳) در بررسی های انجام شده در مورد اثرات صنایع فولاد، آلوده شدن منابع خاک و آب با فلزات سنگین به واسطه ی خروج این عناصر به صورت گرد و غبار یا همراه پساب از واحدهای مختلف تولید را مهمترین راه ورود این عناصر به خاک، آب و گیاهان منطقه و در نتیجه آلودگی محصولات کشاورزی گزارش کرده اند. به این ترتیب تجمع فلزات سنگین جذب شده در اندام

گیاه در غلظت‌هایی بیش از حد استاندارد، باعث فراهم آوردن موجبات کاهش رشد و عملکرد محصولات کشاورزی، آلوده شدن زنجیره غذایی و به خطر افتادن سلامت جوامع انسانی می‌گردد.

جدول (۵-۲) مقادیر قابل تحمل عناصر جزئی در گیاهان (پیس، ۱۹۹۷)

عناصر	حدود تغییرات (ppm)	حدود معمول (ppm)	حداکثر قابل تحمل (ppm)
آرسنیک	۱ - ۵۰	۰/۲ - ۲۰	۵۰
کادمیوم	۰/۰۱ - ۱	۰/۱ - ۱	۵
مس	۲ - ۱۰۰	۵ - ۲۰	۱۰۰
کروم	۱ - ۱۰۰	۱۰ - ۵۰	۱۰۰
کبالت	۱ - ۵۰	۱ - ۱۰	۵۰
جیوه	۰/۰۱ - ۱	۰/۱ - ۱	۵
نیکل	۱ - ۱۰۰	۱۰ - ۵۰	۱۰۰
سرب	۰/۱ - ۱۰	۰/۱ - ۵	۱۰۰

جدول ۶-۲- حداکثر غلظت مجاز عناصر سنگین خاک زراعی در استانداردهای مختلف (میلی گرم

بر کیلو گرم) (کاباتا و همکاران، ۱۹۹۴)

عنصر	اتریش ۱۹۷۷	آلمان ۱۹۹۲	روسیه ۱۹۸۶	آمریکا ۱۹۹۳
آرسنیک	۵۰	۲۰	۲	۱۴
کادمیوم	۵	۱/۵	-	۲۰
کبالت	۵۰	۵۰	-	۲۰
کروم	۱۰۰	۱۰۰	۰/۰۵	۱۵۰۰
مس	۱۰۰	۶۰	۲۳	۷۵۰
جیوه	۵	۱	۲/۱	۸
سرب	۱۰۰	۱۰۰	۲۰	۱۵۰

جدول ۷-۲- حداکثر غلظت قابل قبول فلزات در عمق شخم (میلی گرم بر کیلو گرم) (کاباتا و

همکاران، ۱۹۹۴)

عنصر	مقدار در خاک بدون کود
آرسنیک	۱۰
کادمیوم	۰/۵
کروم	۵۰
مس	۲۰
سرب	۵۰
جیوه	۰/۱
نیکل	۲۵

جدول ۲-۸- استاندارد WHO برای غلظت فلزات سنگین خاک (میلی گرم بر کیلوگرم) (مک دونالد و

همکاران، ۲۰۰۰)

فلزات سنگین	آلودگی شدید	آلودگی کم	آلودگی متوسط
آهن	-	۲۰۰۰	۳۰۰۰
نیکل	۴۹	۲۳	۳۶
مس	-	۳۵	-
روی	۴۶۰	۱۲۰	۲۹۰
سرب	۱۳۰	۳۶	۸۳

۲-۳- سوابق مطالعاتی

هودجی و صدر ارحامی (۱۳۸۷) طی مشاهداتی درباره آلوده شدن خاک در اثر استفاده از فاضلابها گزارش داده در تعیین غلظت منگنز و نیکل در خاک و گونه‌های گیاهی در منطقه اطراف کارخانه ذوب آهن اصفهان، حداکثر غلظت منگنز و نیکل در جنوب غربی و جنوب شرقی محل استقرار کارخانه بوده است. هودجی و جلالیان (۱۳۸۴) در بررسی پراکنش آهن، روی و سرب در خاک و محصولات کشاورزی در منطقه اطراف مجتمع فولاد مبارکه زیاد بودن غلظت برخی عناصر همچون آهن و روی در خاک و اندام‌های هوایی محصولات کشت شده‌ی آن منطقه گزارش کرده‌اند. رحمانی (۱۳۸۲) گزارش کرد که در بررسی خصوصیات شیمیایی غلظت برخی عناصر سنگین در پساب واحدهای صنعتی نساجی شهر یزد از نظر بعضی پارامترها نظیر کلر، سولفات، بیکربنات، کلسیم، منیزیم و pH بیش از حد مجاز بوده ولی از نظر عناصر سنگین مورد مطالعه محدودیتی نداشته است. اصغری مقدم و همکاران (۱۳۸۶) در بررسی صورت گرفته در مورد تأثیر پساب‌های شهرک صنعتی مراغه بر آلودگی آب‌های زیر زمینی دشت مراغه بناب نشان دادند که خواص هیدروشیمیایی نمونه‌های

آب چاه‌های منطقه با خصوصیت پساب‌های صنعتی تحت مطالعه همخوانی داشته و آلودگی‌های شدید ایجاد شده در قسمتی از دشت نتیجه تأثیر پساب‌های صنعتی بر منابع آب زیرزمینی است.

کاربردهای سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)

زینگ‌می و همکاران (۲۰۰۶) تغییرات مکانی سرب، روی، کادمیوم، مس و کروم را در منطقه هانگزونگ چین بررسی کردند و از روش میان‌بی کریجینگ برای تهیه نقشه آلودگی در این منطقه استفاده کردند. آنها مهم‌ترین دلیل وجود آلودگی در این منطقه را دخالت‌های انسان و فعالیت‌های صنعتی گزارش کردند. چن و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه بررسی منشأ عناصر سنگین در اراضی مسکونی هنگ‌ژو با استفاده از تلفیق آمار چند متغیره و زمین آمار بین عناصر سنگینی که توسط فعالیت‌های صنعتی، فاکتورهای طبیعی و خصوصیات خاک کنترل می‌شوند، تفاوت قائل شدند. فایز و همکاران (۲۰۰۹) میزان آلودگی خاک در اطراف یکی از بزرگراه‌های پر رفت و آمد در اسلام آباد پاکستان بر اساس مطالعات زمین آماری مورد سنجش قرار دادند. آنها با تعیین غلظت فلزات سنگین کادمیوم، سرب، روی، نیکل و مس نتیجه گرفتند که آلودگی خاک‌های اطراف این بزرگراه برای عناصر یاد شده از حد متعادل بالاتر بوده و در فواصل نزدیکتر میزان آلودگی بیشتر از فواصل دورتر است. لین و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه تغییرات زمین آماری عناصر آلوده در خاک‌های کشاورزی مناطق مختلف کشور تایوان نشان داده اند که کاربرد کودهای شیمیایی و فعالیت‌های کارخانه‌های صنعتی استخراج کننده این مواد بیشترین تأثیر را در افزودن این ترکیبات در افق‌های سطحی خاک این مناطق دارند. چلینی و همکاران (۲۰۰۱)، کوتر و جولین (۲۰۰۱)، کریشنا و گوئل (۲۰۰۵)، مارتین و همکاران (۲۰۰۶) مطالعات زیادی را در زمینه کاربرد زمین آمار در بررسی تغییرات مکانی فلزات سنگین انجام داده‌اند. فتونی و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه‌ی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت‌های کشاورزی تریفا در مراکش از نظر نیترات و آمونیوم از روش کریجینگ برای مطالعه و پهنه بندی نقشه‌های آب‌های زیرزمینی استفاده نمودند. بارکای و پاسارلا (۲۰۰۸) به منظور تهیه نقشه‌ی خطر

نیترا در مادناى ایتالیا از روش کریجینگ استفاده نمودند. عسکری و همکاران (۱۳۸۶) در تحلیل مکانی ویژگی‌های کیفی آب‌های زیرزمینی در حوزه‌ی گرمسار از روش‌های میان‌یابی زمین آمار استفاده نمودند. گراد و همکاران (۲۰۰۴) توزیع مکانی غلظت سرب را در سایت استخراج معادن نقره در ایرلند با استفاده از روش کریجینگ انجام دادند. سرمیدان و همکاران (۲۰۱۴) به ارزیابی نقشه رقومی فسفر در منطقه‌ی قزوین با استفاده از روش کریجینگ پرداختند. تقی پور و همکاران (۱۳۸۹) تغییرات مکانی غلظت کل نیکل و مس در خاک‌های اطراف همدان به روش کریجینگ مورد بررسی قرار دادند. لادو و همکاران (۲۰۰۸) مدل توزیع هشت فلز سنگین حساس (آرسنیک، کادمیوم، کروم، مس، جیوه، نیکل، سرب و روی) را در خاک‌های سطحی اروپا با ۱۵۸۸ نمونه زمین مرجع شده و روش کریجینگ - رگرسیون، انجام دادند. جیاکن و همکاران (۲۰۰۷) تغییرات مکانی عناصر (کروم، آرسنیک، سرب، کادمیوم و جیوه) در چانگزینگ استان زیچانگ در چین با بررسی ۶۵۵ نمونه خاک را با استفاده از روش کریجینگ تعیین کردند. جوانگ و همکاران (۲۰۰۱) رودرگوز و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعات خود از زمین آمار برای تهیه نقشه‌های توزیع غلظت عناصر سنگین استفاده کردند. خداکرمی و همکاران (۱۳۹۰) به پهنه بندی غلظت فلزات سنگین کروم، کبالت و نیکل در خاک‌های سه زیر حوزه آبخیز همدان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و زمین آمار پرداختند. نتایج تجزیه و تحلیل نقشه پهنه‌بندی فلزات سنگین با نقشه زمین شناسی و کاربری اراضی نشان داد که پراکنش عناصر کروم، کبالت و نیکل با طبقات زمین‌شناسی مطابقت دارد ولی با الگوی کشاورزی مطابقت ندارد. استفاده از زمین آمار علاوه بر توصیف تغییرات مکانی و زمانی قادر به تهیه نقشه‌های کمی توزیع آلودگی با حداقل واریانس ممکن می‌باشد. این روش امکان کمی نمودن توزیع مکانی غلظت عناصر را فراهم می‌کند. و این نقشه ها می‌توانند اطلاعات مهمی را در زمینه انتخاب و یافتن مناطق مناسب جهت پاکسازی خاک در اختیار تصمیم گیرنده‌گان قرار دهند.

فصل سوم

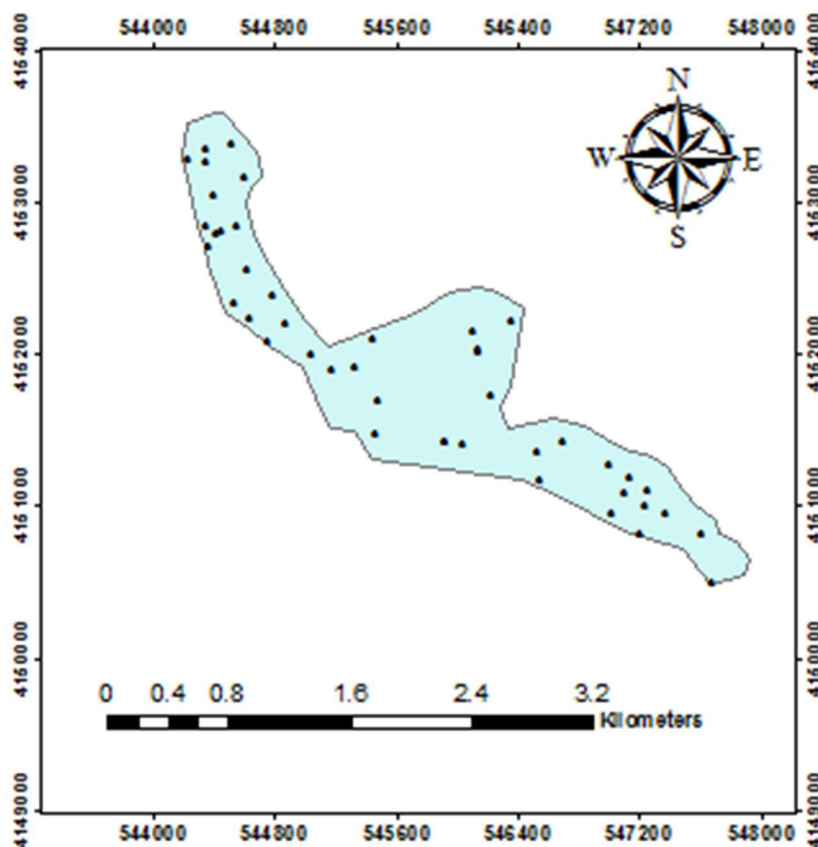
مواد و روش‌ها

۳-۱-۱- شرایط آب و هوایی

آب و هوای این منطقه به علت بارندگی نسبی ارتفاعات، نسبت به جنوب استان کاملاً متفاوت است. بارندگی از آذرماه شروع شده و تا اردیبهشت به تناوب ادامه دارد.

۳-۲- نمونه برداری و آماده‌سازی نمونه

با توجه به محل قرار گرفتن مجتمع پتروشیمی ابتدا نقاط جهت نمونه‌برداری انتخاب گردید و از عمق سطحی خاک ۴۵ نقطه نمونه‌برداری گردید. شکل ۳-۲ نقشه پراکنش نقاط نمونه برداری در محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۲ نقشه پراکنش نقاط نمونه برداری در محدوده مورد مطالعه

برای تعیین موقعیت دقیق نمونه برداری‌ها از دستگاه مکان‌یاب جهانی (GPS) استفاده گردید. جدول ۱-۳ طول و عرض جغرافیایی مکان‌های حفر پروفیل جهت نمونه برداری در منطقه مورد مطالعه را به صورت UTM نشان می‌دهد.

جدول ۱-۳ طول و عرض جغرافیایی مکان‌های نمونه برداری شده در منطقه مورد مطالعه

شماره پروفیل	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
1	544357	4153364
2	544242	4153295
3	544360	4153271
4	544527	4153391
5	544600	4153166
6	544412	4153049
7	544553	4152857
8	544458	4152816
9	544354	4152847
10	544377	4152708
11	544796	4152389
12	544420	4152792
13	544628	4152565
14	544545	4152344
15	544640	4152241
16	544883	4152207
17	544760	4152085
18	545175	4151895
19	545049	4152004
20	545460	4152101
21	545338	4151920

4151369	546538	22
4151421	546707	23
4151176	546558	24
4151410	546040	25
4151427	545934	26
4151305	545814	27
4151477	545463	28
4151697	545492	29
4150497	547685	30
4150817	547610	31
4150961	547376	32
4151002	547238	33
4151111	547267	34
4150828	547210	35
4151197	547149	36
4151097	547107	37
4151277	547011	38
4150963	547028	39
4151742	546230	40
4152027	546152	41
4152033	546152	42
4152155	546113	43
4152217	546361	44
4152374	546787	45

تعداد ۴۵ نمونه خاک بعد از هوا خشک شدن در محیط آزمایشگاه، کوبیده و از الک ۲ میلی متری عبور داده شده و جهت آزمایشات بافت، اسیدیته، هدایت الکتریکی، درصد کربن آلی، و برخی از عناصر سنگین مورد مطالعه آماده گردیدند.

۳-۳- اندازه‌گیری متغیرهای فیزیکی و شیمیایی

۳-۳-۱- بافت

در این تحقیق از روش هیدرومتر (بایکاس، ۱۹۲۷) به عنوان روش استاندارد تجزیه اندازه ذرات استفاده شده است. مقدار ۵۰ گرم خاک را داخل ارلن ریخته و ۱۰ میلی‌لیتر هگزا متافسفات سدیم ۱۰٪ و ۳۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه می‌کنیم و به مدت ۱۵ دقیقه در دستگاه شیکر قرار می‌دهیم. محتویات ارلن را داخل استوانه مدرج ۱ لیتری ریخته و به حجم می‌رسانیم. سپس مخلوط را با همزن دستی به مدت ۱ دقیقه هم می‌زنیم و همزمان با خارج کردن همزن، کرنومتر را روشن نموده و هیدرومتر را به آرامی در داخل مخلوط (سوسپانسیون) شناور می‌کنیم. پس از ۴۰ ثانیه اولین قرائت هیدرومتر را انجام می‌دهیم. در این مدت شن رسوب کرده و آنچه در مخلوط باقی مانده رس و سیلت می‌باشد. بنابراین قرائت اول هیدرومتر مقدار رس و سیلت مخلوط را به ما نشان می‌دهد. دمای قرائت اول را بعد از ۴۰ ثانیه یادداشت می‌کنیم.

قرائت دوم ۲ ساعت پس از هم زدن می‌باشد. عدد قرائت شده روی هیدرومتر مقدار رس خاک را نشان می‌دهد. سپس تصحیحات مربوط به غلظت کالگون و دما را انجام می‌دهیم. سپس درصد مقدار رس و سیلت و شن را محاسبه و در نهایت با استفاده از مثلث بافت خاک، نوع بافت را تعیین می‌نماییم.

۳-۳-۲- اسیدیته

pH خاک با تهیه سوسپانسیون‌های ۱ به ۵ خاک به آب اندازه‌گیری شد.

۳-۳-۳- هدایت الکتریکی

هدایت الکتریکی با تهیه سوسپانسیون‌های ۱ به ۵ خاک به کمک دستگاه آب و عصاره‌گیری به روش بالا و با استفاده از دستگاهی به نام EC متر اندازه‌گیری شد. سپس با توجه به ضرایب مربوط به تصحیح دمایی، EC هر نمونه در دمای استاندارد ۲۵ درجه سانتی‌گراد تعیین شد.

$$EC_{25} = EC_t * F_t$$

که در آن EC_{25} هدایت الکتریکی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، EC_t هدایت الکتریکی قرائت شده و F_t ضریب مربوط به تصحیح دما می‌باشد.

۳-۳-۴- کربن آلی

برای تعیین کربن آلی خاک از روش والکی و بلک (۱۹۳۴) استفاده شد.

۳-۳-۵- آهک

آهک خاک به روش تیتراسیون اندازه‌گیری گردید.

۳-۳-۶- عناصر سنگین

غلظت عناصر سنگین نظیر عناصر آرسنیک، کادمیوم، کروم، سرب و نیز عناصر آهن، روی، مس به کمک دستگاه ICP- MS اندازه‌گیری گردید. هضم خاک‌ها با اسید نیتریک و در دستگاه میکروویو (Mars 6 240/50, CEM company) به روش USEPA 3051 انجام شد. در این روش حدود ۰/۵ گرم خاک و ۹ میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ به داخل ستون‌های تفلون میکروویو ریخته شد و در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد عمل هضم صورت گرفت. جهت تایید دقت و صحت اندازه‌گیری نمونه‌ها از نمونه مرجع (A certified reference material (BAM-U110) در سه تکرار نیز استفاده شد که این نمونه از کشور آلمان (Federal Institute of Germany for Materials Research and Testing) خریداری گردید. درصد بازیافت نمونه مرجع از ۷۴ درصد برای کروم تا ۱۰۵ درصد برای مس متغیر بود.

۳-۴- میان‌یابی

لازمه یک سیستم کشاورزی پایدار ایجاد بانک اطلاعاتی از وضعیت خاک‌های منطقه است. جمع‌آوری تمام داده‌ها برای تهیه نقشه مورد نیاز کشاورزی بسیار گران و زمان‌بر و مشکل است اما توسعه

تکنیک‌های مدرن نظیر ژئواستاتستیک، این مشکل را تا حدودی حل کرده است و می‌توان با جمع-آوری داده‌های کمتر، نقشه‌های با دقت منطقی تهیه نمود (برگس و وبستر، ۲۰۰۶).

تکنیک میان‌یابی به معنی تهیه داده‌های پیوسته از طریق داده‌های گسسته است. منطق میان‌یابی بر این اصل استوار است که احتمال شباهت نقاط مجهول به نزدیک‌ترین نقاط معلوم (کمترین فاصله) بیشتر از نقاطی است که از هم دور می‌باشند (هم، ۱۹۸۹). این روش‌ها مجموعه‌ای از مدل‌های مختلف ریاضی و آماری را برای پیش‌بینی مقادیر نامعلوم به کار می‌گیرند.

روش‌های کلاسیک نظیر تیسن و میانگین حسابی به دلیل در نظر نگرفتن موقعیت و آرایش داده‌ها و همبستگی بین آن‌ها، از دقت کافی برخوردار نمی‌باشند. بنابراین استفاده از تخمینگرهای زمین آماری می‌تواند دقت محاسبات را (به دلیل در نظر گرفتن موارد فوق‌الذکر) افزایش دهد. از مهم‌ترین این فنون می‌توان به روش‌های وزن معکوس فاصله (IDW) و کریجینگ (Kriging) اشاره کرد. این روش‌ها به راحتی در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در دسترس هستند و می‌توان با استفاده از متد پهنه‌بندی (Interpolation) و مقادیر اندازه‌گیری شده، نسبت به برآورد مقادیر در نقاطی که فاقد نمونه هستند اقدام و داده‌های مربوط به نقاط نمونه برداری شده به تمامی منطقه تعمیم داده شوند. این امر هزینه تهیه نقشه‌ها را به دلیل کاهش نقاط نمونه برداری کم می‌کند. در نتیجه نقشه‌های تهیه شده علاوه بر کاربرد ساده آن دارای اطلاعات بسیار مقرون به صرفه خواهند بود که به مدیریت بهینه اراضی به ویژه جنبه حاصلخیزی خاک کمک شایانی می‌نماید.

۳-۴-۱- آشنایی با سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

سیستم اطلاعات جغرافیایی (Geographic Information System - GIS) برای اولین بار در کانادا در اواخر دهه ۱۹۶۰ به وجود آمد. GIS به عنوان یک فناوری رایانه محور، توجه بسیاری از متخصصان رشته‌های مختلف را به خود جلب کرده است و برای تحقیق و بررسی‌های علمی، مدیریت منابع و ذخایر و همچنین برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای به کار گرفته می‌شود.

۳-۴-۲- ویژگی‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی

GIS یک سامانه رایانه‌ای و مجموعه‌ای از سخت‌افزار، نرم‌افزار، داده‌های جغرافیایی و منابع انسانی است که به منظور کسب، ذخیره، پردازش، مدیریت اطلاعات جغرافیایی و نمایش کلیه اشکال اطلاعات با مرجع جغرافیایی طراحی می‌شود. هدف نهایی یک سامانه اطلاعات جغرافیایی، پشتیبانی برای تصمیم‌گیری‌های بنا شده بر پایه داده‌های جغرافیایی می‌باشد و عملکرد اساسی آن به دست آوردن اطلاعاتی است که از ترکیب لایه‌های متفاوت داده‌ها با روش‌های مختلف و با دیدگاه‌های گوناگون به - دست می‌آیند.

با استفاده از GIS می‌توان داده‌ها را جمع‌آوری، طبقه‌بندی، تجزیه و تحلیل و به روز نمود و با انجام تحلیل‌های مکانی، اطلاعات سودمندی از وضعیت مکانی عوامل خاکی و روند تغییرات آن‌ها به دست آورد و به صورت نقشه ارائه نمود (نصرت پور، ۱۳۹۰).

این سامانه علاوه بر اطلاعات توصیفی، امکان ورود اطلاعات پیکسلی و یا برداری را از منابع مختلفی از قبیل نقشه، تصاویر هوایی و ماهواره‌ای، GPS، تجهیزات نقشه برداری و غیره دارد. داده‌های ذخیره شده در این سامانه از جنبه‌های گوناگون ارزیابی و جمع‌بندی می‌شوند و می‌توان آن‌ها را در قالب نقشه‌هایی با مقیاس مناسب و دلخواه، گزارش، جدول و نمودار ارائه نمود.

توانایی مورد نیاز و نمایش نتایج آن به صورت نقشه، جدول و نمودار در کمترین زمان ممکن و دقت بالا، سبب شده این تکنولوژی کامپیوتری مورد توجه بسیاری قرار گیرد. به طوری که امروزه پژوهش‌های متعددی را در زمینه حاصلخیزی خاک از طریق فناوری مذکور در نقاط مختلف جهان شاهد بوده‌ایم (اکبرپور و برزنونی، ۱۳۸۸).

ایجاد ارتباط بین حجم زیادی از اطلاعات و کیفیت بالای تحلیل داده‌ها در کوتاه‌ترین زمان، سبب استفاده وسیع از GIS در زمینه‌های مختلف مانند ارزیابی توان اکولوژیکی، منابع طبیعی، تغییرات محیط زیست، شناخت تخریب‌ها، ضایعات و آلودگی‌ها و از همه مهمتر برنامه‌ریزی منطقه‌ای یا محیط زیست گردیده است. استفاده از امکانات سامانه اطلاعات جغرافیایی و نقشه‌ها، امکان تلفیق و ادغام

لایه‌های اطلاعاتی را برای دقیق کردن مطالعات و بهینه سازی توصیه و مصرف کود در ابعاد دقیق‌تر فراهم نموده است (میلر، ۲۰۰۸).

۳-۵- اجرای نرم‌افزار GIS

در این پژوهش از نرم افزار Arc GIS استفاده شده است. گام اصلی در تهیه یک نقشه موضوعی به عنوان خروجی GIS، تهیه نقشه توپوگرافی منطقه تحقیق به عنوان نقشه‌های پایه برای مطالعات می-باشد. تفکیک و مرزبندی محدوده مطالعاتی از روی نقشه توپوگرافی با استفاده از قابلیت‌های GIS و مشاهدات صحرایی انجام گردید و نتایج مربوط به تجزیه‌های آزمایشگاهی برخی متغیرهای شیمیایی شامل درصد کربن آلی، شوری، واکنش خاک و عناصر سنگین خاک در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری به عنوان ورودی به نرم افزار وارد شد. دقت روش‌های مختلف میان‌یابی شامل وزن معکوس فاصله، و کریجینگ برای متغیرهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت و بهترین روش میان‌یابی بر اساس روش انتخاب گردید.

۳-۵-۱- روش وزن معکوس فاصله (IDW)

یکی از روش‌های متداول در مطالعات جغرافیایی و نواحی ناهموار می‌باشد. فرض اساسی این روش بر آن است که تاثیر هر پدیده متناسب با توانی از معکوس فاصله آن است. بنابراین تاثیر پدیده مورد نظر با افزایش فاصله، کاهش می‌یابد. برای پیش‌بینی در مکان‌هایی که داده‌های آن‌ها اندازه‌گیری نشده است از مقادیر اندازه‌گیری شده پیرامون محل استفاده می‌شود و عامل وزن بر اساس فاصله نقاط از یکدیگر تعیین می‌گردد. به نقاط نزدیک نمونه وزن بیشتر و به نقاط دورتر وزن کمتر اختصاص می‌یابد. معمولاً از این نقاط یک میانگین وزن‌دار می‌گیریم و نتیجه را برای نقطه مجهول ثبت می‌کنیم. یکی از عوامل موثر در IDW، تعداد و موقعیت نقاط مجاور و به عبارتی وضعیت واحدهای همسایگی است. از آنجایی که هرچه فاصله نقطه مجهول از نقاط معلوم کاهش یابد، شباهت و وزن آن افزایش می‌یابد و مکان‌های دورتر تاثیر کمتر داشته، می‌توان آن‌ها را از محاسبات خارج نمود تا با کاهش

میزان خطا، سرعت محاسبات افزایش یابد. بنابراین انتخاب و محدود کردن تعداد نقاط مجاور و به عبارتی پنجره جستجو برای نقاط مجاور در تحلیل‌ها مهم است.

۳-۵-۲- روش کریجینگ (Kriging)

کریجینگ مهم‌ترین و گسترده‌ترین روش میان‌یابی است که بر پایه مدل‌ها و روابط آماری بنا شده است. لایه رستری تولید شده از این روش، سطحی بسیار دقیق را نمایش می‌دهد و در مناطق کوهستانی بهترین و دقیق‌ترین خروجی را تولید می‌کند. روش Kriging بر خلاف روش IDW که یک روش میان‌یابی محلی است، روشی جهانی می‌باشد. به این معنا که در این روش تمامی مشاهدات منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرند.

کریجینگ روش پیشرفته‌ای است که در مقایسه با سایر روش‌های میان‌یابی، محاسبات آن نیازمند زمان بیشتری است و با توجه به فرضیات پایه آن، معمولاً در سطوح کوچک به کار گرفته می‌شود. کریجینگ یک روش زمین‌آمار برای میان‌یابی داده‌ها براساس واریانس فضایی و بهترین تخمینگر خطی ناریب در مفهوم حداقل پراکندگی واریانس است که به ازای هر تخمین، خطای مرتبط با آن را محاسبه می‌نماید (کردوانی، ۱۳۸۱ . حسنی، ۱۳۷۷). مانند روش IDW که در آن نزدیکی به نقاط نمونه به عنوان وزن برآورد محسوب می‌شود، در کریجینگ نیز واریانس فضایی تابعی از فاصله شناخته می‌شود (آندرسون، ۲۰۰۲).

برای برآورد مقادیر بر اساس کریجینگ روش‌های مختلفی وجود دارد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به روش‌های کریجینگ معمولی، کوکریجینگ و کریجینگ رگرسیون اشاره کرد. در این تحقیق برای برآورد مقادیر نقاط مجهول و تهیه نقشه پراکنش مکانی از روش کریجینگ معمولی استفاده گردیده است. در کریجینگ معمولی برای بیان تغییرات فضایی از واریوگرام استفاده می‌شود و خطای مقادیر پیش‌بینی شده را با توجه به توزیع فضایی داده‌های پیش‌بینی شده کمینه می‌کند. در این روش برای برآورد وزن از انواع واریوگرام استفاده می‌شود که نمونه‌هایی از آن شامل واریوگرام‌های دایره‌ای، نمایی، گوسین و کروی می‌باشد که با توجه به نوع واریوگرام، مقدار برآورد شده متفاوت خواهد بود.

۳-۶- پارامترهای آماری

به منظور مقایسه روش‌های میان‌یابی در نرم افزار ArcGIS از پارامتر آماری ضریب تبیین (R^2) squared, استفاده شد.

۳-۶-۱- ضریب تبیین:

مقدار این ضریب همواره بین صفر و ۱ می‌باشد. هر چه مقدار R^2 بالاتر باشد نشان دهنده دقت بیشتر و عملکرد بهتر مدل است که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$R^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})(y_i - \bar{y}) \right]^2}{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

که در آن‌ها y_i و $\hat{y}_i$ مقادیر پیش‌بینی شده و y_i و $\hat{y}_i$ مقادیر مشاهداتی، $\bar{y}$ متوسط مقادیر مشاهداتی و n تعداد داده‌ها می‌باشد.

فصل ۴

نتایج و بحث

۱-۴- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

متغیرهای مورد مطالعه بر روی ۴۵ نمونه خاک اخذ شده به روش‌های استاندارد آزمایشگاهی اندازه

گیری گردید. جدول ۱-۴- توصیف آماری متغیرهای فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در خاک را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۴- توصیف آماری متغیرهای فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده

نام پارامتر	واحد اندازه	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف	چولگی	کشیدگی	وارianس	دامنه
تغییرات	گیری	معیار							
رس	%	۱۲	۵۳	۳۱/۶۴	۱۱/۱۸	-۰/۸۷۸	۰/۲۷۰	۱۲۵	۴۱
شن	%	۱۰	۵۶	۴۶	۱۱/۸۹	-۰/۸۵۴	۰/۲۵۵	۱۴۱	۴۶
سیلت	%	۲۰	۵۹	۳۷/۱۷	۹/۷۳	-۰/۳۰۸	۰/۶۴۹	۹۴/۷۴	۳۹
شوری	dS/m	۰/۲	۲/۵	۰/۹۹	۰/۷۳	۰/۷۲	۲/۱۹	۰/۵۴	۲/۳
واکنش خاک	-	۸/۴۲	۹/۶۸	۹/۱۳	۰/۲۹	-۰/۵۲	۲/۵۶	۰/۰۸	۱/۲۶
کربن آلی	%	۰/۱۵	۱/۲۰	۰/۵۳	۰/۲۷	۰/۵۳	۲/۶۸	۰/۰۷	۱/۰۵
آهک	%	۲۴/۵	۶۲	۴۴/۳۵	۹/۶۵	-۰/۰۶	۲/۱۲	۹۳/۱۲	۳۷/۵
آهن	mg/kg soil	۵۱۵۸	۱۶۸۲۳	۱۰۷۴۰	۰/۳۵۷	-۰/۸۳۲	۰/۰۵	۸۸۳۶۴۷۶	۱۱۶۶۵
منگنز	mg/kg soil	۲۴۳	۷۴۳	۴۳۶/۷۲	۱۱۴	۰/۸	۲/۴۵	۱۲۹۹۶	۵۰۰
مس	mg/kg soil	۷/۹۰	۱۶/۵۳	۱۲/۱۷	۲/۴۲	۰/۰۷	۲/۱۹	۵/۵۸	۸/۵۴
کبالت	mg/kg soil	۲/۷۵	۹/۰۹	۶/۱۱	۱/۶۰	-۰/۱۵	۲/۳۸	۲/۵۸	۶/۳۴
کروم	mg/kg soil	۱۲/۳۰	۲۴/۵۸	۱۷/۹۹	۳/۰۳	۰/۰۷	۲/۵۸	۹/۲۲	۱۲/۲۷
جیوه	mg/kg soil	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۱	-۰/۱۸	۲/۸	۰/۰۰۰۱	۰/۰۴
نیکل	mg/kg soil	۱۳/۳۳	۳۷/۱۱	۲۶/۷۳	۵	-۰/۵۲	۲/۹۴	۲۵	۲۳/۷۸
آرسنیک	mg/kg soil	۱/۵۵	۶/۱۷	۳/۴۳	۱/۱۲	۰/۲۹	۲/۴۳	۱/۲۵	۴/۶۲
کادمیم	mg/kg soil	۰/۰۲	۰/۱۰	۰/۰۶	۰/۰۲	-۰/۱۳	۲/۴۷	۰/۱۴	۰/۰۸
سرب	mg/kg soil	۳/۱	۱۱/۶۰	۸/۰۲	۲/۷۳	-۰/۶۴	۲/۲۰	۷/۴۵	۸/۵

برای بررسی نرمال بودن داده‌ها می‌توان از ضریب چولگی و ضریب کشیدگی داده‌ها استفاده نمود. اگر ضریب چولگی بین مقادیر $+2$ و -2 و ضریب کشیدگی بین مقادیر $+3$ و -3 باشد، داده‌ها نرمال بوده و نیازی به نرمال سازی نمی‌باشد (جورج و مالری، ۲۰۱۰). همانطور که جدول ۴-۱ نشان می‌دهد، مقادیر ضریب چولگی و کشیدگی در دامنه اعداد ذکر شده قرار دارند، بنابراین نیازی به نرمال سازی داده‌ها مشاهده نشد.

۴-۱-۱- شوری خاک

همانطور که جدول ۴-۱ نشان می‌دهد کمترین میزان شوری خاک در منطقه مورد مطالعه $0/2$ و بیشترین میزان شوری برابر $2/5$ می‌باشد. همچنین میانگین و دامنه تغییرات شوری در منطقه مورد مطالعه به ترتیب برابر $0/99$ و $2/3$ نشان داده شد.

۴-۱-۲- واکنش خاک

جدول شماره ۴-۱ بیانگر حداقل میزان pH در منطقه مورد مطالعه برابر $8/42$ و همینطور میزان حداکثر واکنش خاک برابر $9/68$ می‌باشد که نشان می‌دهد خاک‌های این منطقه قلیایی بوده است. همچنین میانگین عددی واکنش خاک و دامنه تغییرات به ترتیب برابر $9/13$ و $1/26$ نشان داده شد.

۴-۱-۳- کربن آلی

جدول ۴-۱ نشان می‌دهد که حداقل میزان کربن آلی در منطقه مورد مطالعه $0/15$ درصد و بیشترین میزان کربن آلی در منطقه مورد مطالعه $1/20$ درصد می‌باشد. همچنین میانگین عددی کربن آلی و دامنه تغییرات در منطقه مورد مطالعه به ترتیب برابر $0/53$ و $1/05$ نشان داده شد. این میزان کربن آلی نشان می‌دهد که خاک‌های این منطقه جزء خاک‌های فقیر از نظر کربن آلی محسوب می‌شود.

۴-۱-۴- آهک خاک

جدول ۱-۴ بیانگر کمترین میزان آهک برابر ۲۴/۵ درصد و همچنین بیشترین میزان آهک برابر با ۶۲ درصد در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. میانگین عددی درصد آهک در منطقه مورد مطالعه ۴۴/۳۵ درصد و دامنه تغییرات ۳۷/۵ درصد نشان داده شد. با توجه مشاهدات جدول ۱-۴ می‌توان گفت که خاک‌های این منطقه آهکی می‌باشد.

۴-۱-۵- آهن کل خاک

جدول ۱-۴ نشان می‌دهد که آهن خاک در منطقه مورد مطالعه در کمترین مقدار برابر ۵۱۵۸ میلی-گرم بر کیلوگرم و در بیشترین مقدار میزان آهن خاک ۱۶۸۲۳ میلی-گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد، همچنین نشان می‌دهد میانگین عددی میزان آهن خاک در منطقه مورد مطالعه برابر ۱۰۷۴۳ میلی-گرم بر کیلوگرم می‌باشد.

۴-۱-۶- منگنز کل خاک

جدول ۱-۴ بیانگر کمترین میزان منگنز در خاک منطقه مورد مطالعه برابر ۲۴۳ میلی گرم بر کیلوگرم و بیشترین میزان منگنز خاک برابر با ۷۴۳ میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد. همچنین میانگین عددی منگنز خاک منطقه برابر ۴۳۶/۷۲ میلی گرم بر کیلوگرم و دامنه تغییرات برابر ۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد.

۴-۱-۷- مس کل خاک

جدول ۱-۴ نشان می‌دهد میزان حداقل مس خاک در منطقه مورد مطالعه برابر ۷/۹ میلی گرم بر کیلوگرم و حداکثر میزان مس برابر ۱۶/۵۳ کیلوگرم می‌باشد. همچنین میزان عددی میانگین مس خاک در منطقه مورد مطالعه ۱۲/۱۷ و دامنه تغییرات این پارامتر ۸/۵۴ میلی گرم بر کیلوگرم نشان داده شد.

۴-۱-۸- کبالت کل خاک

جدول ۴-۱ نشان می‌دهد که میزان حداقل کبالت خاک در منطقه مورد مطالعه برابر ۲/۷۵ و حداکثر میزان کبالت خاک برابر ۹/۰۹ میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد. همچنین میزان عددی میانگین کبالت خاک در منطقه ۶/۱۱ میلی گرم و دامنه تغییرات ۶/۳۴ نشان داده شد.

۴-۱-۹- کروم کل خاک

جدول ۴-۱ بیانگر حداقل کروم خاک در منطقه مورد مطالعه برابر ۱۲/۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم و حداکثر میزان کروم خاک برابر ۲۴/۵۸ میلی گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد. همچنین میزان عددی میانگین کروم خاک در منطقه برابر ۱۷/۹۹ و دامنه تغییرات ۱۲/۲۷ میلی گرم بر کیلوگرم خاک نشان داده شد.

۴-۱-۱۰- جیوه کل خاک

جدول ۴-۱ نشان می‌دهد میزان حداقل جیوه خاک در منطقه مورد مطالعه برابر ۰/۰۱ میلی گرم بر کیلوگرم خاک و میزان حداکثر جیوه خاک در منطقه برابر ۰/۰۵ میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد. همچنین میزان عددی میانگین جیوه خاک در منطقه مورد مطالعه برابر ۰/۰۲ و دامنه تغییرات ۰/۰۴ میلی گرم بر کیلوگرم خاک نشان داده شد.

۴-۱-۱۱- نیکل کل خاک

جدول ۴-۱ نشان می‌دهد که میزان حداقل نیکل خاک در منطقه مورد مطالعه برابر ۱۳/۳۳ میلی گرم بر کیلوگرم خاک و حداکثر میزان نیکل خاک در منطقه مورد مطالعه برابر ۳۷/۱۱ میلی گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد. همچنین میزان عددی میانگین نیکل خاک در منطقه برابر ۲۶/۷۳ و دامنه تغییرات ۲۳/۷۸ میلی گرم بر کیلوگرم نشان داده شد.

۴-۱-۱۲- آرسنیک کل خاک

جدول ۴-۱ نشان می‌دهد که میزان حداقل آرسنیک خاک در منطقه مورد مطالعه برابر ۱/۵۵ میلی- گرم بر کیلوگرم خاک و حداکثر آرسنیک خاک برابر ۶/۱۷ میلی-گرم بر کیلوگرم می‌باشد. همچنین میزان عددی میانگین آرسنیک خاک در منطقه مورد مطالعه برابر ۳/۴۳ میلی گرم بر کیلوگرم خاک و دامنه تغییرات برابر ۴/۶۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک نشان داده شد.

۴-۱-۱۳- کادمیم کل خاک

جدول ۴-۱ بیانگر میزان حداقل کادمیم خاک در منطقه مورد مطالعه برابر ۰/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و حداکثر میزان کادمیم خاک برابر با ۰/۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد. همچنین میزان عددی میانگین کادمیم خاک در منطقه مورد مطالعه برابر ۰/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و دامنه تغییرات برابر ۰/۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک نشان داده شد.

۴-۱-۱۴- سرب کل خاک

جدول ۴-۱ نشان می‌دهد که میزان حداقل سرب خاک در منطقه مورد مطالعه برابر ۳/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و حداکثر میزان سرب خاک برابر ۱۱/۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد. همچنین میزان عددی میانگین سرب خاک در منطقه مورد مطالعه برابر ۸/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم و دامنه تغییرات این پارامتر برابر ۸/۵ میلی‌گرم بر کیلو گرم خاک نشان داده شد.

۴-۲- میان‌یابی

برای انتخاب بهترین روش میان‌یابی ابتدا ضریب تبیین برای دو روش میان‌یابی وزن معکوس فاصله و کریجینگ محاسبه گردید. سپس با توجه به ضریب تبیین محاسبه شده، روشی که ضریب تبیین بالاتری ارائه کرد انتخاب شد و نقشه توزیع مکانی پارامترهای مورد مطالعه با روش منتخب آماده گردید.

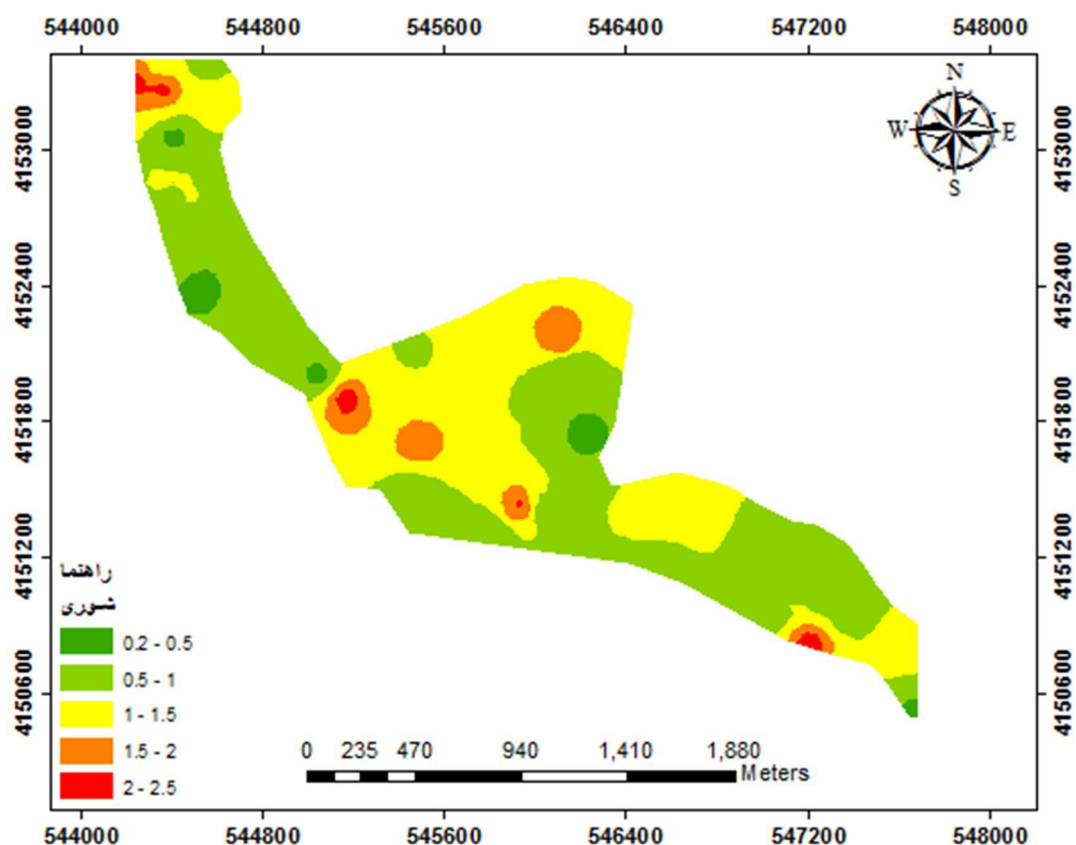
۴-۲-۱- شوری خاک

همانطور که در جدول ۴-۲ مشاهده می‌شود نرم افزار GIS برای متغیر شوری روش میان‌یابی وزن معکوس فاصله با ضریب تبیین برابر ۰/۵۸۳ نسبت به روش کریجینگ عملکرد بهتری داشته است.

جدول ۴-۲- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه شوری خاک

نام پارامتر	علامت اختصاری	R^2
شوری	وزن معکوس فاصله	۰/۵۸۳
	کریجینگ	۰/۵۷۲

شکل ۴-۱ نشان می‌دهد که کمترین میزان شوری خاک در منطقه مورد مطالعه با میزان ۰/۲ تا ۰/۵ دسی زیمنس بر متر ۲/۹ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود. همچنین بیشترین میزان شوری خاک بین ۲ تا ۲/۵ دسی زیمنس بر متر می‌باشد که ۱ کیلومتر از منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود. همچنین ۵۰/۱ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه میزان شوری بین ۰/۵ تا ۱ دسی زیمنس بر متر را دارا می‌باشد. مشاهدات نشان می‌دهد که میزان شوری در منطقه مورد مطالعه خیلی بالا نبوده لذا برای گیاهان کشت شده در این منطقه محدودیتی ایجاد نمی‌کند.



شکل ۴-۱ توزیع مکانی شوری خاک با روش میان‌یابی وزن معکوس فاصله

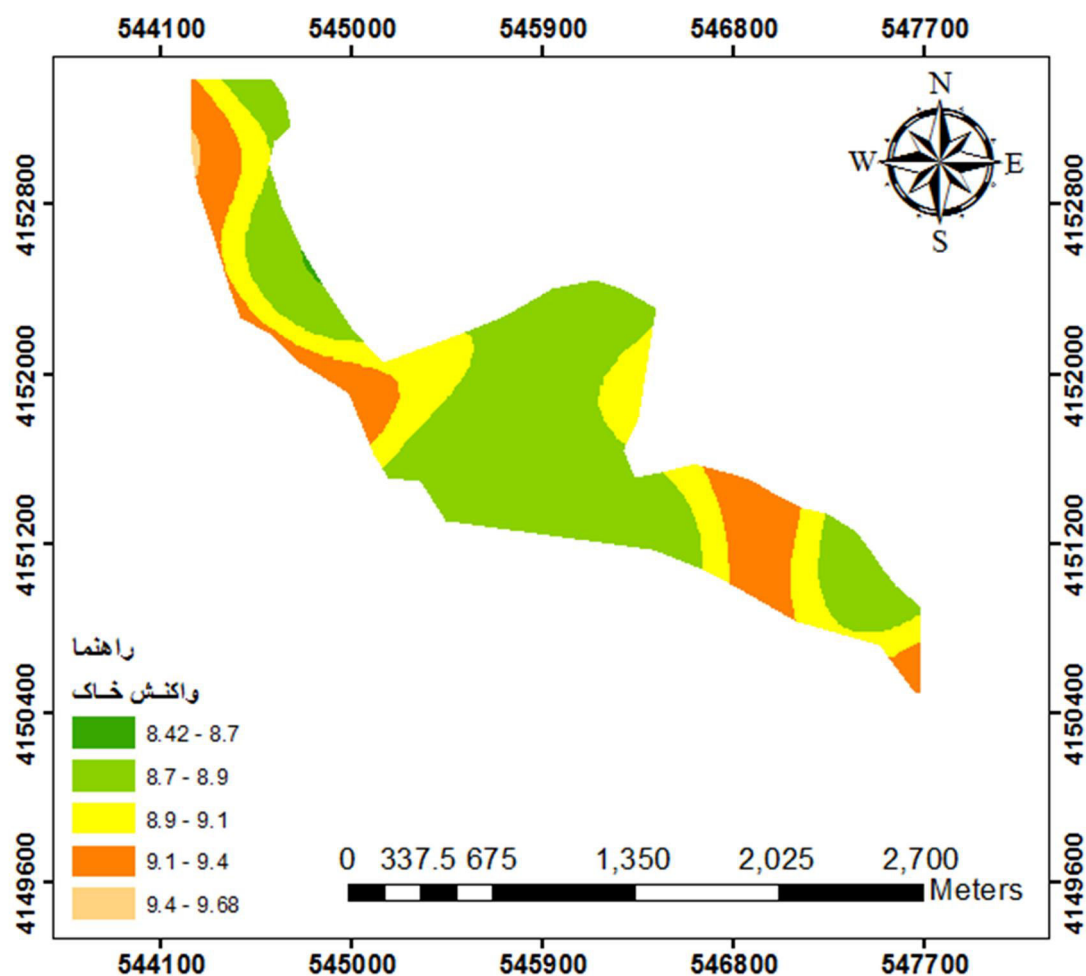
۴-۲-۲- واکنش خاک (pH)

جدول ۴-۳ نشان می‌دهد نرم افزار GIS برای متغیر واکنش خاک روش میان‌یابی کریجینگ با ضریب تبیین برابر ۰/۷۴۱ نسبت به روشوزن معکوس فاصله عملکرد بهتری داشته است.

جدول ۴-۳- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه واکنش خاک

نام پارامتر	علامت اختصاری	R^2
واکنش خاک	وزن معکوس فاصله	۰/۶۸۲
	کریجینگ	۰/۷۴۱

شکل ۴-۲ نشان می‌دهد که ۰/۳ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه کمترین مقدار واکنش خاک را دارا می‌باشد که این مقدار عددی واکنش خاک بین ۸/۴۲ تا ۸/۷ می‌باشد و بالاترین میزان واکنش خاک بین ۹/۴ تا ۹/۶۸ می‌باشد که ۰/۳ درصد از منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود. همچنین بیشترین مساحت از منطقه مورد مطالعه واکنش خاک بین ۸/۷ تا ۸/۹ می‌باشد که ۵۹ درصد از منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود. مشاهدات بیانگر قلیایی بودن خاک منطقه مورد مطالعه می‌باشد. بالا ترین میزان واکنش خاک در قسمت شمال غربی منطقه مورد مطالعه و کمترین میزان واکنش خاک در نزدیک‌ترین فاصله با مجتمع پتروشیمی مشاهده گردید. با توجه به اینکه میزان عددی واکنش خاک در منطقه مورد مطالعه پراکندگی منظمی نداشته است و به صورت نامنظم در نقاط مختلف میزان عددی واکنش خاک متفاوت بوده است، لذا نمیتوان وجود مجتمع پتروشیمی در کنار منطقه مورد مطالعه را به تنهایی دلیل بالا بودن این پارامتر دانست.



شکل ۲-۴ توزیع مکانی واکنش خاک با روش میان‌یابی کریجینگ

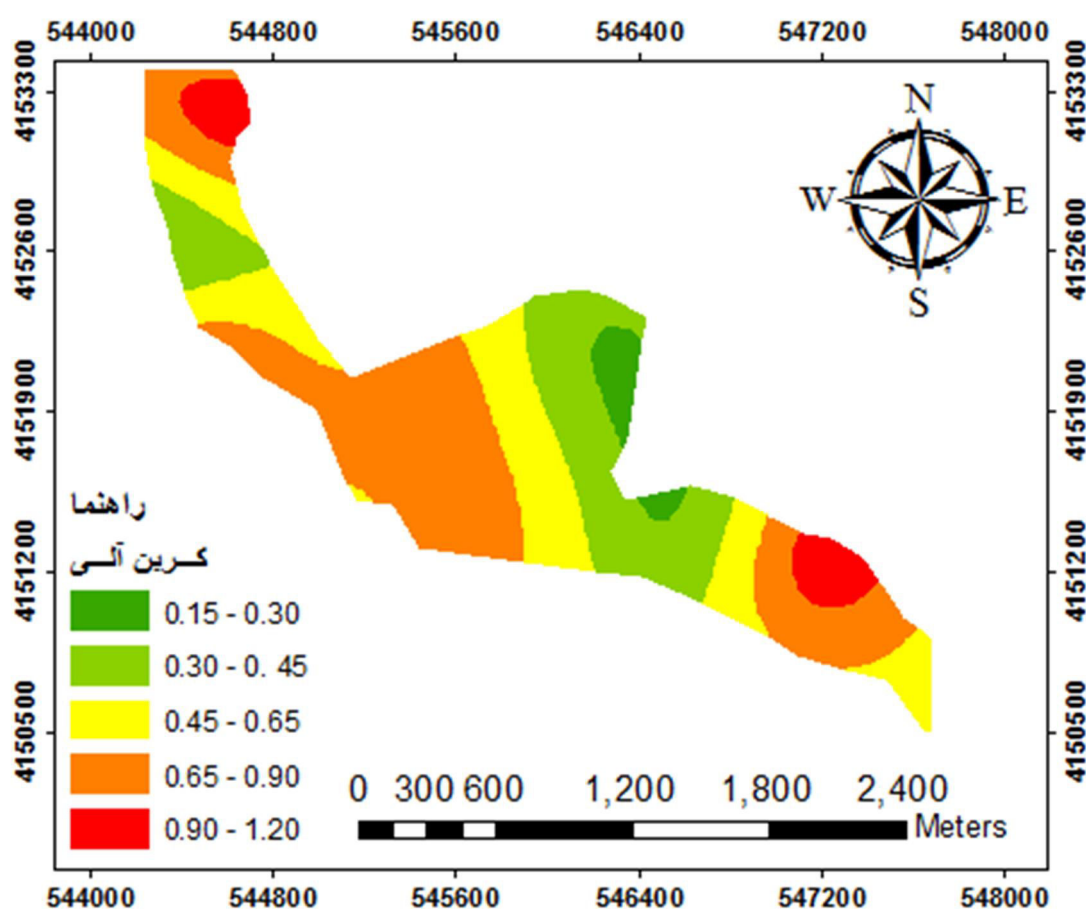
۴-۲-۳- کربن آلی خاک

جدول ۴-۴ نشان می‌دهد برای متغیر کربن آلی روش میان‌یابی کریجینگ با ضریب تبیین برابر ۰/۶۵۲ نسبت به روش وزن معکوس فاصله عملکرد بهتری داشته است.

جدول ۴-۴- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه کربن آلی

نام پارامتر	علامت اختصاری	R^2
کربن آلی	وزن معکوس فاصله	۰/۴۶۳
	کریجینگ	۰/۶۵۲

شکل ۳-۴- نشان می‌دهد ۳/۷ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه کمترین میزان کربن آلی را داره بوده است، که این میزان کربن آلی بین ۰/۱۵ تا ۰/۳۰ درصد می‌باشد، و ۶/۴ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه بیشترین میزان کربن آلی را دارا بوده است، که این میزان کربن آلی بین ۰/۹ تا ۱/۲ درصد بوده است. همچنین ۳۹/۴ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه میزان کربن آلی بین ۰/۶۵ تا ۰/۹ درصد را دارا بوده که بیشترین مساحت از منطقه مورد مطالعه را شامل میشود. مشاهدات بیانگر این است بیشترین میزان کربن آلی در قسمت شمالی و نقاطی از قسمت جنوبی منطقه مورد مطالعه مشاهده گردید، در قسمت جنوبی میتوان استفاده از کود حیوانی در زمین‌های کشاورزی را دلیل بالا بودن میزان کربن آلی ذکر کرد. به طور کلی میزان کربن آلی خاک پایین بوده و خاک منطقه مورد مطالعه از نظر کربن آلی جزء خاکهای فقیر محسوب می‌شود.



شکل ۳-۴ توزیع مکانی کربن آلی با روش میان‌یابی کریجینگ

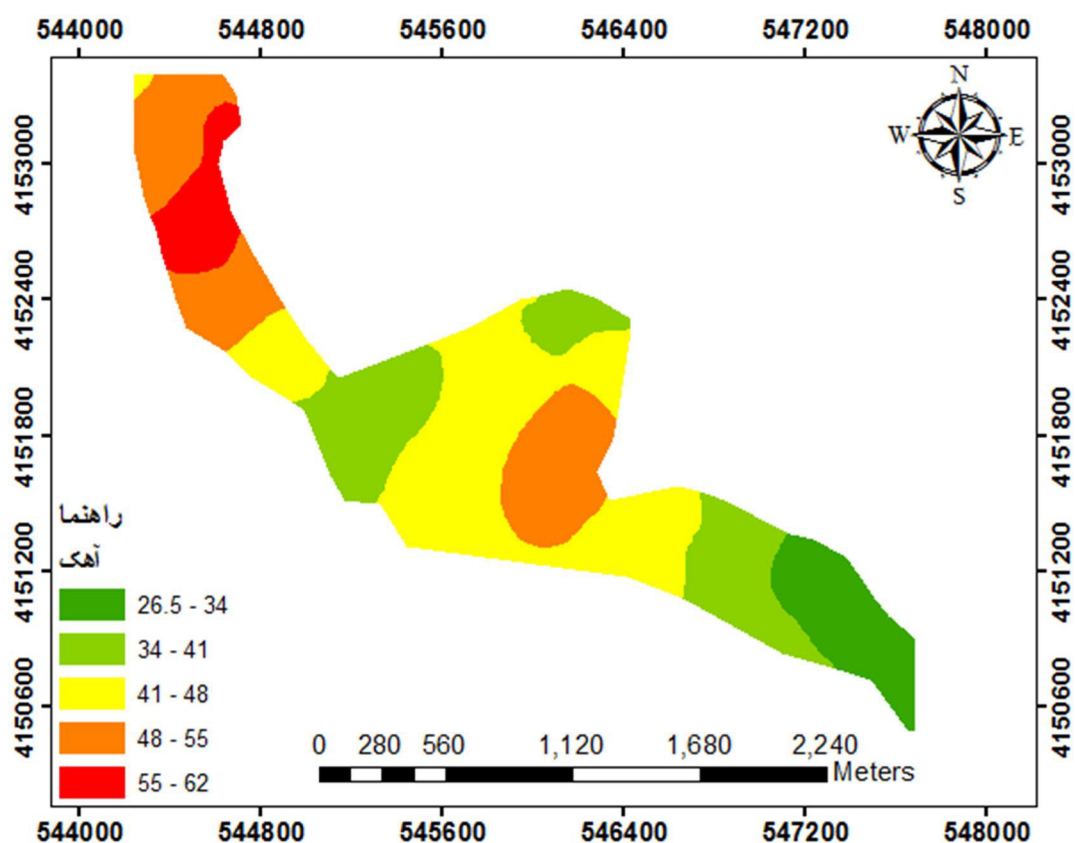
۴-۲-۴- درصد آهک خاک

جدول ۴-۵ نشان می‌دهد برای متغیر آهک روش میان‌یابی کریجینگ با ضریب تبیین برابر ۰/۵۶۹ نسبت به روش وزن معکوس فاصله عملکرد بهتری داشته است.

جدول ۴-۵- ارزیابی خطا به روش‌های مخلف میان‌یابی برای تهیه نقشه آهک

نام پارامتر	علامت اختصاری	R^2
آهک	وزن معکوس فاصله	۰/۳۲۷
	کریجینگ	۰/۵۶۹

شکل ۴-۴ نشان می‌دهد که کمترین میزان آهک ۱۰/۷ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود که این میزان آهک بین ۲۶/۵ تا ۳۴ درصد می‌باشد. و بیشترین میزان درصد آهک خاک بین ۵۵ تا ۶۲ درصد می‌باشد که ۶/۶ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود. همچنین در بیشترین میزان از مساحت منطقه مورد مطالعه میزان آهک بین ۴۱ تا ۴۸ درصد بوده که ۳۶/۵ درصد از مساحت کل منطقه را شامل می‌شود. همانطور که در قسمت مربوط به پارامتر واکنش خاک هم توضیح داده شد، مشاهدات حاکی از آن است که خاک منطقه مورد مطالعه میزان آهک بالایی را دارا بوده و جزء خاک‌های آهکی محسوب می‌شود. بیشترین میزان آهک در قسمت شمالی منطقه مورد مطالعه مشاهده گردید، که این قسمت نزدیک ترین فاصله را با مجتمع پتروشیمی دارا بوده است. و با فاصله گرفتن از مجتمع پتروشیمی میزان آهک خاک کاهش پیدا کرده و در بیشترین فاصله به حداقل رسیده است.



شکل ۴-۴ توزیع مکانی آهن خاک با روش میان‌یابی کریجینگ

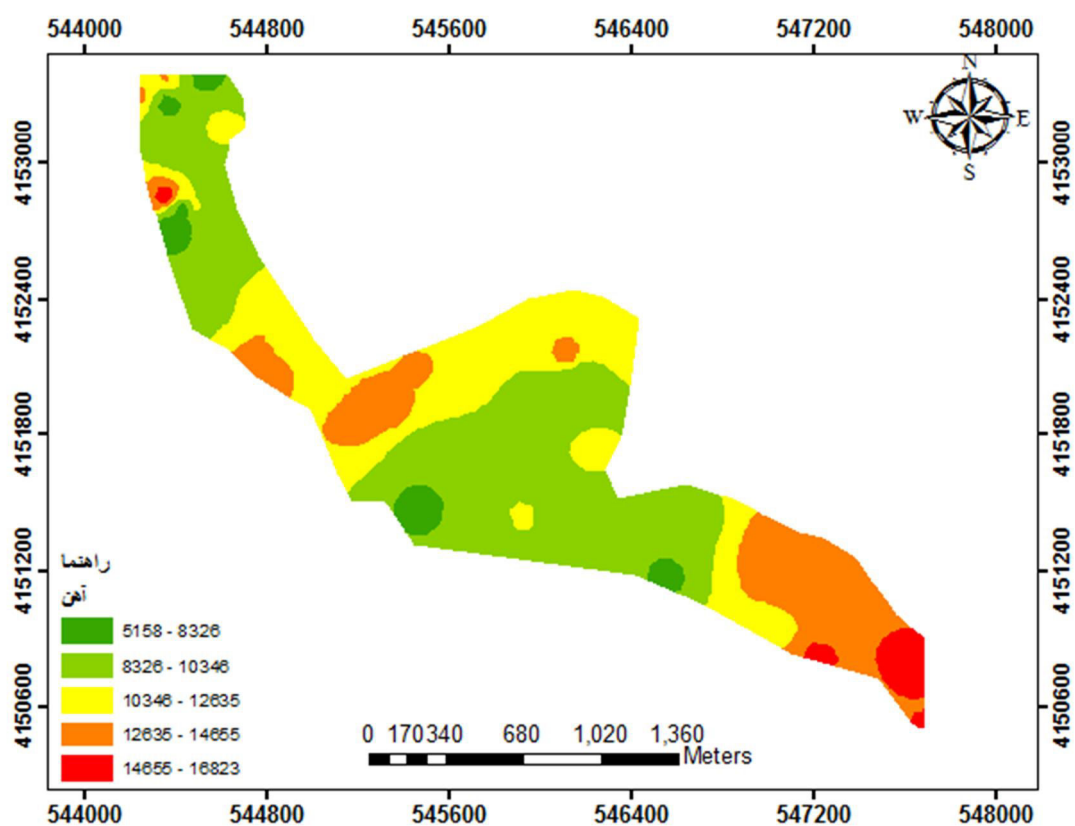
۴-۵-۲ آهن کل خاک

جدول ۴-۶ نشان می‌دهد برای متغیر آهن روش میان‌یابی وزن معکوس فاصله با ضریب تبیین برابر ۰/۵۳۱ نسبت به روش کریجینگ عملکرد بهتری داشته است.

جدول ۴-۶- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه آهن

نام پارامتر	علامت اختصاری	R^2
آهن	وزن معکوس فاصله	۰/۵۳۱
	کریجینگ	۰/۴۸۱

شکل ۴-۵ نشان می‌دهد که کمترین میزان آهن خاک در ۳/۷ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه می‌باشد که این میزان آهن خاک بین ۵۱۵۸ تا ۸۳۲۶ میلی گرم بر کیلو گرم خاک می‌باشد. بیشترین میزان آهن خاک در ۳/۲ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه می‌باشد که این میزان آهن خاک بین ۱۴۶۵۵ تا ۱۶۸۲۳ میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد. همچنین در بیشترین مقدار از مساحت منطقه مورد مطالعه میزان آهن خاک بین ۸۳۲۶ تا ۱۰۳۴۵ میلی گرم بر کیلوگرم بوده که ۴۶/۴ درصد از کل مساحت منطقه را شامل می‌شود. بیشترین میزان آهن خاک در جنوبی ترین نقطه منطقه مورد مطالعه و بیشترین فاصله از مجتمع پتروشیمی واقع شده است. بنابراین بالا بودن آهن در این قسمت از منطقه را نمی‌توان به وجود مجتمع در این مکان ربط داد. در سایر قسمت‌های منطقه مورد مطالعه به صورت نامنظم میزان آهن خاک متغیر بوده است، که این نامنظم بودن آهن دلیل محکم تری بر این موضوع می‌باشد که وجود مجتمع پتروشیمی به تنهایی دلیلی بر این میزان آن در منطقه مورد مطالعه نمی‌باشد. با توجه به جدول شماره ۲-۸ میزان آهن خاک حتی در کمترین مقدار از استاندارد آلودگی متوسط فراتر می‌باشد (مک دونالد و همکاران ۲۰۰۰). همچنین جدول شماره ۲-۹ بیانگر این موضوع می‌باشد که میانگین جهانی آهن برابر ۴۷۲۰۰ می‌باشد (کرباسی ۲۰۰۰).



شکل ۴-۵ توزیع مکانی آهن خاک با روش میان‌یابی وزن معکوس فاصله

۴-۲-۶- منگنز کل خاک

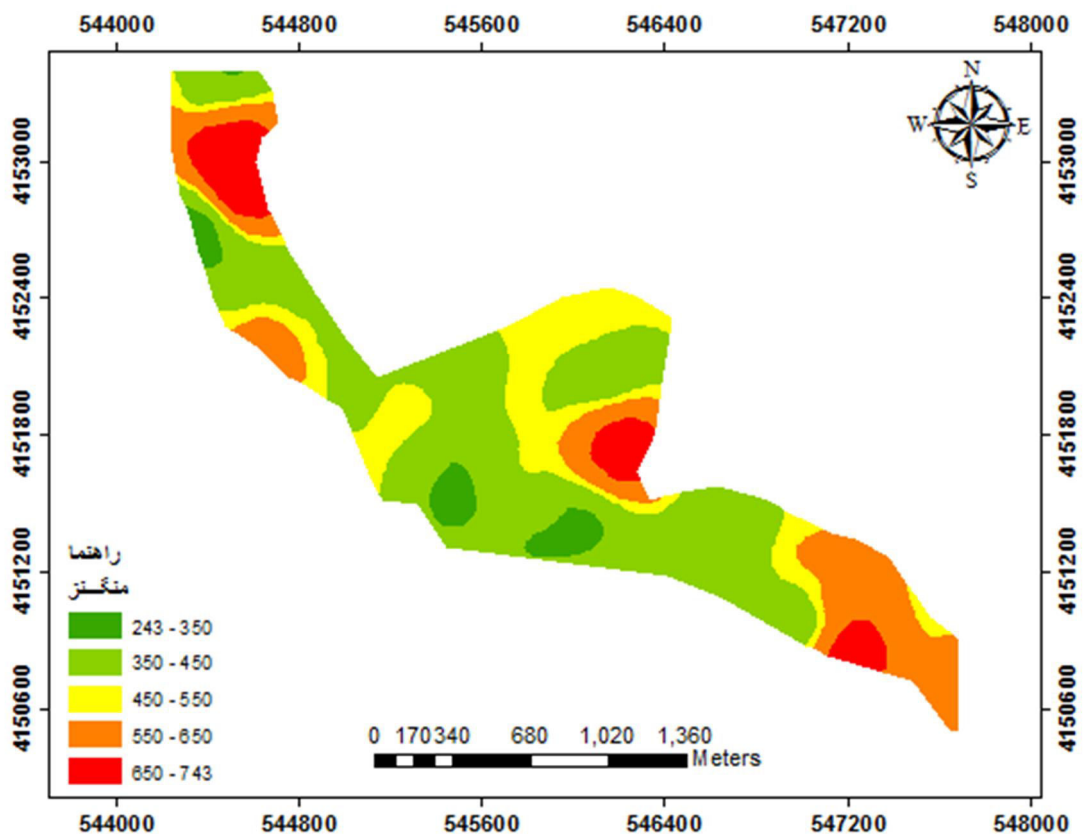
جدول ۴-۷ نشان می‌دهد برای متغیر منگنز خاک روش میان‌یابی کریجینگ با ضریب تبیین برابر

۰/۴۹۸ نسبت به روش وزن معکوس فاصله عملکرد بهتری داشته است.

جدول ۴-۷- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه منگنز

نام پارامتر	علامت اختصاری	R^2
منگنز	وزن معکوس فاصله	۰/۴۸۱
	کریجینگ	۰/۴۹۸

شکل ۴-۶ نشان می‌دهد که کمترین میزان منگنز خاک در ۴/۸ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه بوده است، که این میزان منگنز خاک بین ۲۴۳ تا ۳۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد. ۸/۲ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه بیشترین میزان منگنز را دارا بوده است، که این میزان منگنز بین ۶۵۰ تا ۷۴۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد، طبق جدول شماره ۲-۸ میزان منگنز خاک در قسمت‌هایی از منطقه مورد مطالعه فراتر از استاندارد جهانی می‌باشد (کرباسی ۲۰۰۰). همچنین نشان می‌دهد که بیشترین مساحت از منطقه مورد مطالعه میزان منگنز بین ۳۵۰ تا ۴۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک را دارا می‌باشد که ۴۸/۷ درصد از مساحت کل منطقه را شامل می‌شود.



شکل ۴-۶ توزیع مکانی منگنز خاک با روش میان‌یابی کریجینگ

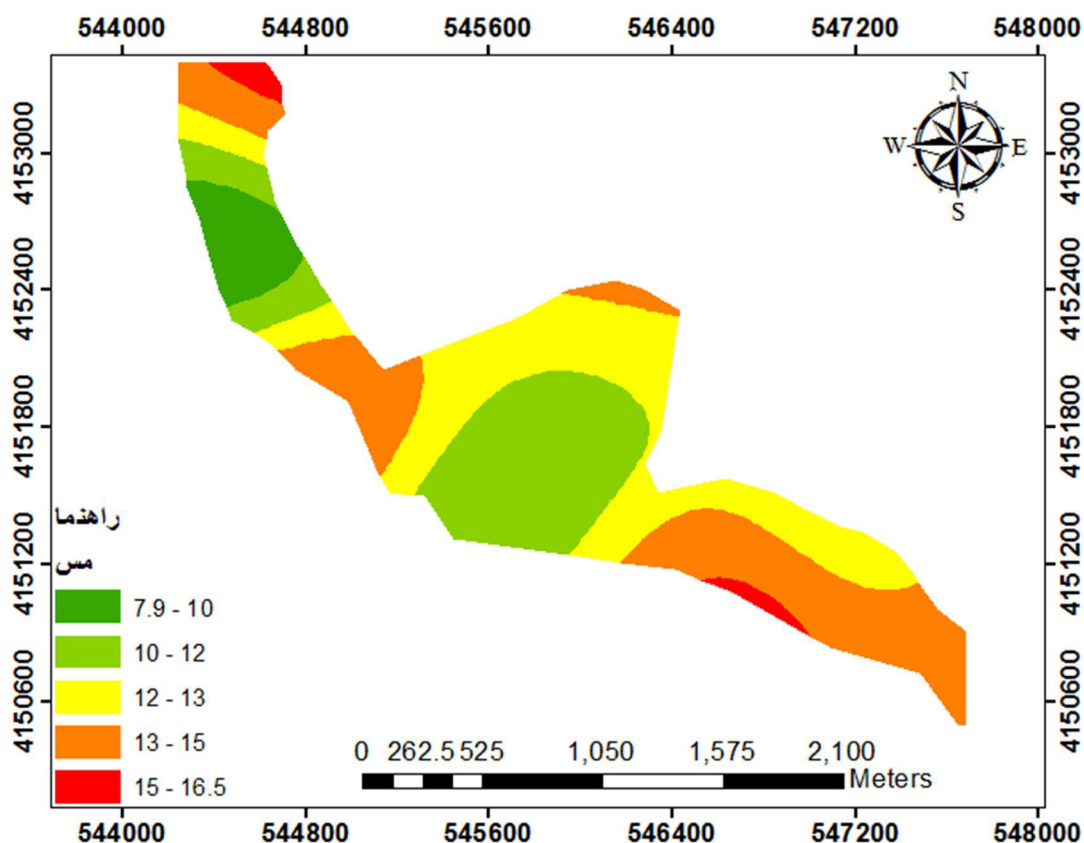
۴-۲-۷-مس کل خاک

جدول ۴-۸ نشان می‌دهد برای متغیر مس خاک روش میان‌یابی کریجینگ با ضریب تبیین برابر ۰/۶۱۸ نسبت به روش وزن معکوس فاصله عملکرد بهتری داشته است.

جدول ۴-۸- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه مس

نام پارامتر	علامت اختصاری	R^2
مس	وزن معکوس فاصله	۰/۳۸۳
	کریجینگ	۰/۶۱۸

شکل ۴-۷ نشان می‌دهد که ۶/۹ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه کمترین میزان مس را دارا بوده است، که این میزان بین ۷/۹۹ تا ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد. بیشترین میزان مس خاک در ۲/۲ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه نشان داده شد، که این میزان بین ۱۵ تا ۱۶/۵ میلی گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد. همچنین در بیشترین مساحت از منطقه مورد مطالعه که مساحتی بالغ بر ۳۳/۱ درصد مساحت کل منطقه می‌باشد میزان مس خاک بین ۱۲ تا ۱۳ میلی گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد. مشاهدات بیانگر بیشترین میزان مس در شمالی ترین نقطه منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در نزدیک ترین فاصله با مجتمع پتروشیمی می‌باشد. به‌طور کلی طبق جدول شماره (۲-۶) میزان مس خاک در تمام نقاط منطقه مورد مطالعه پایین تر از حداکثر غلظت مجاز این عنصر در استانداردهای مختلف بوده است.



شکل ۴-۷ توزیع مکانی مس خاک با روش میان‌یابی کریجینگ

۴-۲-۸- کبالت کل خاک

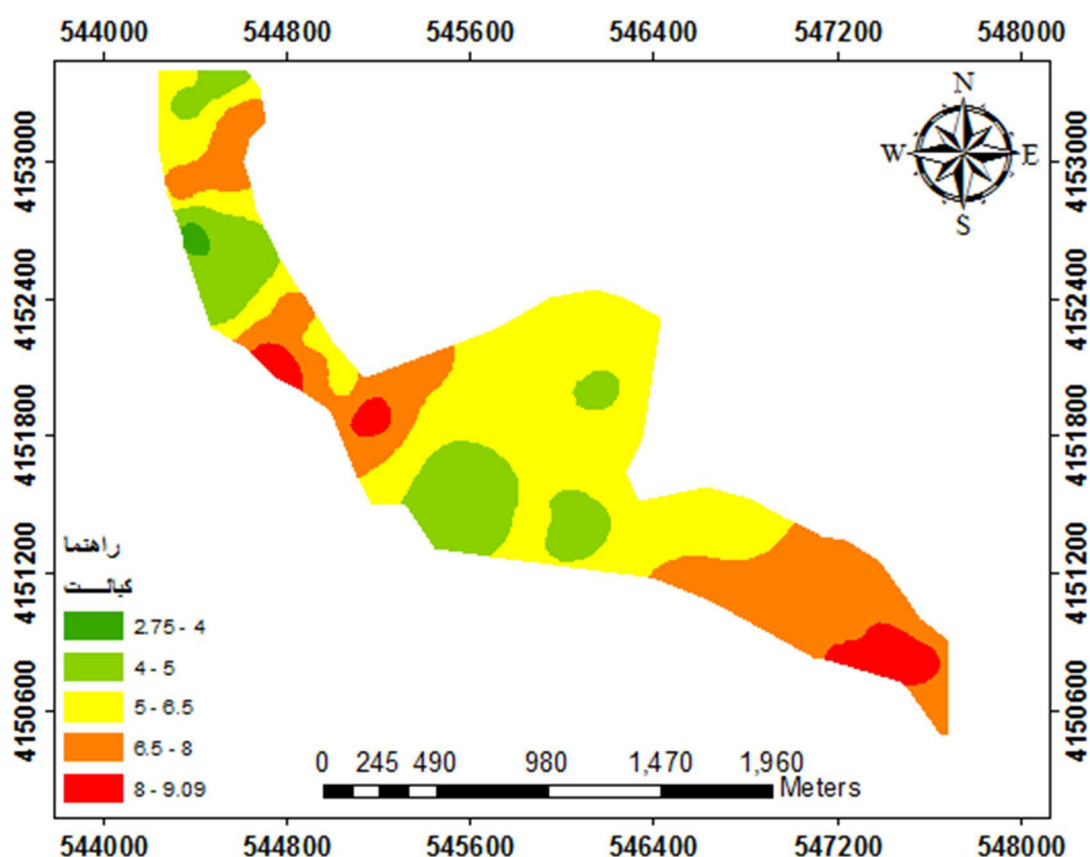
جدول ۴-۹ نشان می‌دهد برای متغیر کبالت خاک روش میان‌یابی کریجینگ با ضریب تبیین برابر

۰/۷۱۹ نسبت به روش وزن معکوس فاصله عملکرد بهتری داشته است.

جدول ۴-۹- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه کبالت

نام پارامتر	علامت اختصاری	R^2
کبالت	وزن معکوس فاصله	۰/۵۳۹
	کریجینگ	۰/۷۱۹

شکل ۴-۸ نشان می‌دهد که ۰/۵ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه کمترین میزان کبالت را دارا می‌باشد که این میزان بین ۲/۷۵ تا ۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. بیشترین میزان کبالت در ۵/۴ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه نشان داده شده، که این میزان کبالت خاک بین ۸ تا ۹/۰۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد. همچنین نشاده داده شده که بیشترین میزان از مساحت منطقه مورد مطالعه کبالت خاک بین ۵ تا ۶/۵ بوده است، که ۴۷/۲ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود. پراکندگی کبالت خاک به گونه می‌باشد که تشخیص اینکه آیا مجتمع پتروشیمی احداث شده در این منطقه سبب این میزان کبالت می‌باشد را سخت کرده است، زیرا در مقدار بیشینه کبالت خاک در فواصل دور و نزدیک از مجتمع واقع شده است. و یکی از قسمت‌هایی که بیشترین میزان کبالت را دارا می‌باشد در بیشترین فاصله از مجتمع پتروشیمی قرار دارد. با توجه به جدول ۲-۸ میزان منگنز خاک در بیشترین مقدار از استاندارد جهانی USEPA بیشتر می‌باشد، استاندارد جهانی برای عنصر یاد شده ۸ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.



شکل ۴-۸ توزیع مکانی کبالت خاک با روش میان‌یابی کریجینگ

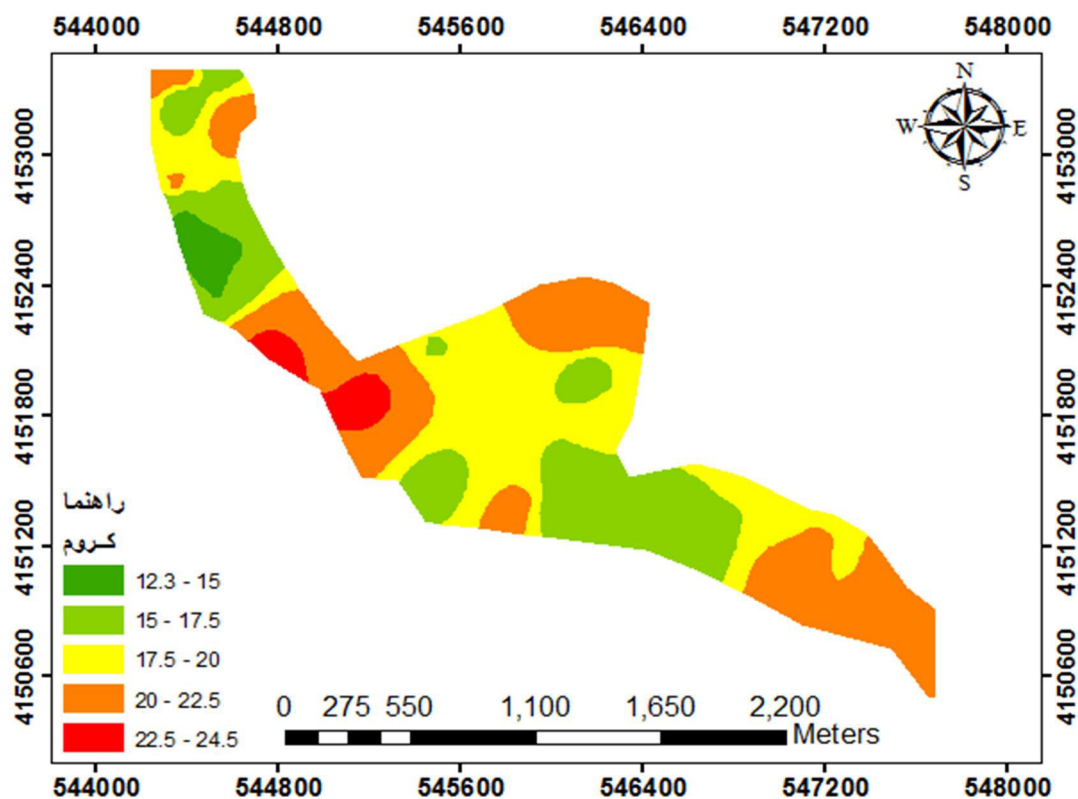
۴-۲-۹- کروم کل خاک

جدول ۴-۱۰ نشان می‌دهد برای متغیر کروم خاک روش میان‌یابی کریجینگ با ضریب تبیین برابر ۰/۷۰۴ نسبت به روش وزن معکوس فاصله عملکرد بهتری داشته است.

جدول ۴-۱۰- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه کروم

نام پارامتر	علامت اختصاری	R^2
کروم	وزن معکوس فاصله	۰/۵۰۶
	کریجینگ	۰/۷۰۴

شکل ۴-۹- نشان می‌دهد که ۲/۸ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه کروم خاک در کمترین مقدار بوده است، که این میزان کروم خاک بین ۱۲/۳۱ تا ۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد. ۳/۷ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه بیشترین میزان کروم خاک را دارا بوده است، که این میزان کروم خاک بین ۲۲/۵ تا ۲۴/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد. همچنین در بیشترین میزان از مساحت کل منطقه مورد مطالعه میزان کروم خاک بین ۱۷/۵ تا ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۲۰ تا ۲۲/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بوده است، که به ترتیب ۳۳/۹ و ۳۲/۹ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود. مشاهدات بیانگر بیشترین میزان کروم خاک در قسمت جنوب غرب مجتمع پتروشیمی می‌باشد. و در سایر قسمت‌های منطقه مورد مطالعه میزان کروم خاک پایین‌تر بوده است. به‌طور کلی باتوجه به جدول شماره ۲-۶ طبق استانداردهای مختلف میزان کروم در این منطقه پایین‌تر از حداکثر غلظت مجاز می‌باشد.



شکل ۴-۹- توزیع مکانی کروم خاک با روش میان‌یابی کریجینگ

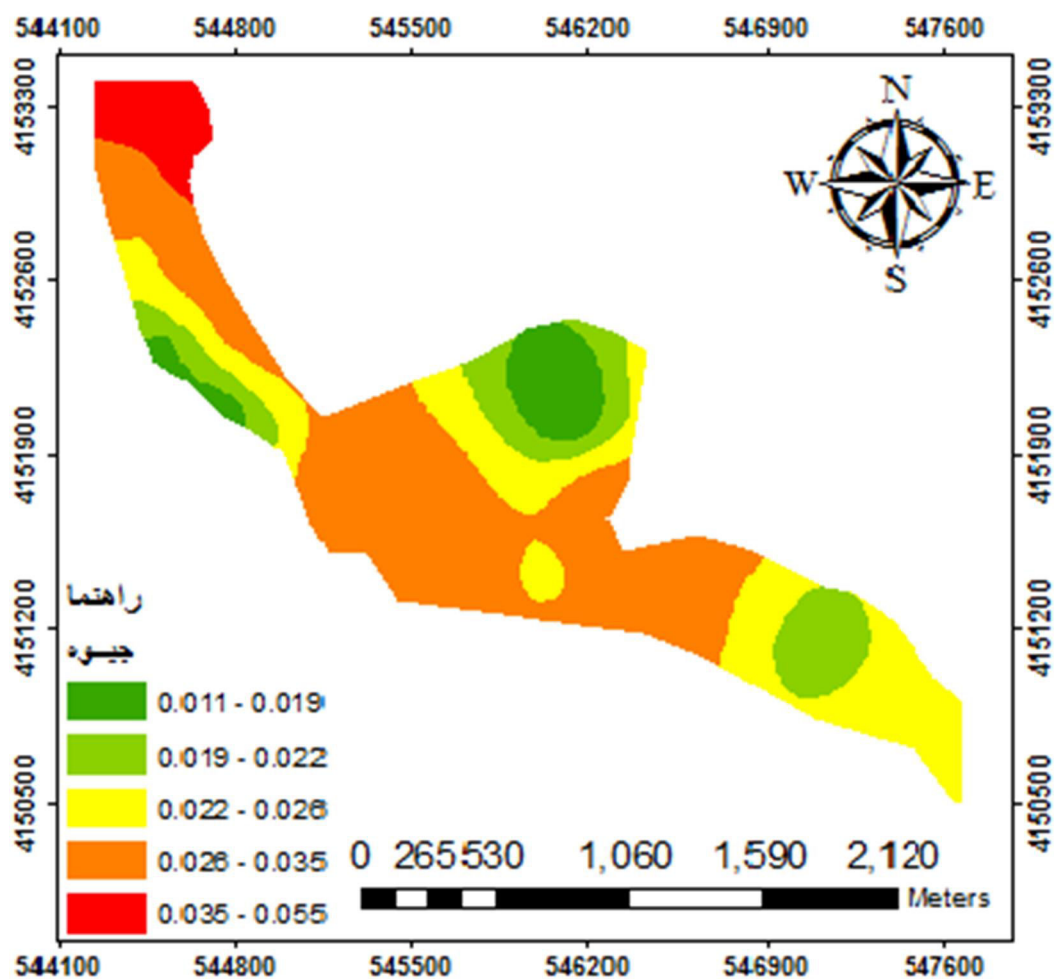
۴-۲-۱۰- جیوه کل خاک

جدول ۴-۱۱ نشان می‌دهد برای متغیر کروم خاک روش میان‌یابی کریجینگ با ضریب تبیین برابر ۰/۴۲۳ نسبت به روش وزن معکوس فاصله عملکرد بهتری داشته است.

جدول ۴-۱۱- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه جیوه

نام پارامتر	علامت اختصاری	R^2
جیوه	وزن معکوس فاصله	۰/۲۱۸
	کریجینگ	۰/۴۲۳

شکل ۴-۱۰ نشان می‌دهد که ۷/۴ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه بیشترین میزان جیوه را دارا بوده است، که این میزان بین ۰/۱۱ تا ۰/۱۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد. و بیشترین مقدار جیوه در مساحتی بالغ بر ۵/۸ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه می‌باشد، که این میزان جیوه بین ۰/۳۵ تا ۰/۵۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد. همچنین در بیشترین میزان از مساحت منطقه مورد مطالعه جیوه خاک بین ۰/۲۸ تا ۰/۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد که ۴۲/۴ درصد از مساحت کل منطقه را شامل می‌شود. مشاهدات بیانگر بیشترین میزان جیوه خاک در شمالی‌ترین قسمت منطقه مورد مطالعه که در قسمت غربی مجتمع پتروشیمی واقع گردیده است و کمترین فاصله را با مجتمع پتروشیمی دارا بوده است. و در فواصل دور تر از مجتمع پتروشیمی میزان جیوه خاک به مراتب پایین‌تر می‌باشد. اما به‌طور کلی تا زمان برداشت نمونه میزان جیوه خاک در این منطقه از حداکثر غلظت مجاز عناصر در استانداردهای مختلف فراتر نرفته است.



شکل ۴-۱۰ توزیع مکانی جیوه خاک با روش میان‌یابی کریجینگ

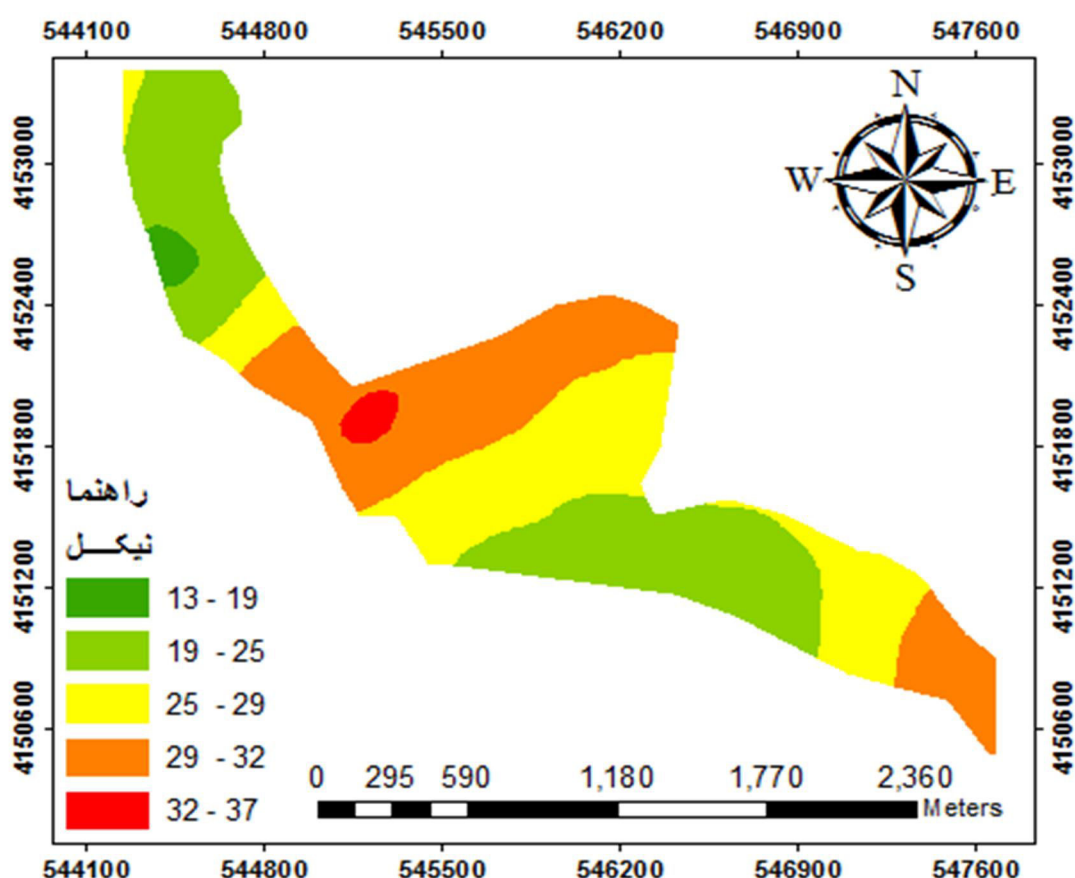
۴-۲-۱۱- نیکل کل خاک

جدول ۴-۱۲ نشان می‌دهد برای متغیر نیکل خاک روش میان‌یابی وزن معکوس فاصله با ضریب تبیین برابر ۰/۷۲۵ نسبت به روش کریجینگ عملکرد بهتری داشته است.

جدول ۴-۱۲- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه نیکل

نام پارامتر	علامت اختصاری	R^2
نیکل	وزن معکوس فاصله	۰/۷۲۵
	کریجینگ	۰/۷۱۹

شکل ۴-۱۱ نشان می‌دهد که ۱/۴ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه کمترین میزان نیکل را دارا بوده است. که این میزان بین ۱۳ تا ۱۹ میلی گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد. ۱/۷ دصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه بیشترین میزان نیکل را دارا بوده است که این میزان بین ۳۲ تا ۳۷ میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد. همچنین نشان داده شده که در بیشترین میزان از مساحت منطقه مورد مطالعه نیکل خاک بین ۱۹ تا ۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم بوده است، که ۳۵/۱ درصد از مساحت کل منطقه را شامل می‌شود. مشاهدات بیانگر بیشترین میزان نیکل در قسمت جنوب غربی مجتمع پتروشیمی می‌باشد، و در سایر قسمت‌های منطقه مورد مطالعه میزان نیکل خاک به مراتب پایین تر بوده است. میزان نیکل خاک در تمام قسمت‌های منطقه مورد مطالعه از میزان غلظت استاندارد جهانی این عنصر کم‌تر می‌باشد (کرباسی ۲۰۰۰).



شکل ۴-۱۱ توزیع مکانی نیکل خاک با روش میان‌یابی وزن معکوس فاصله

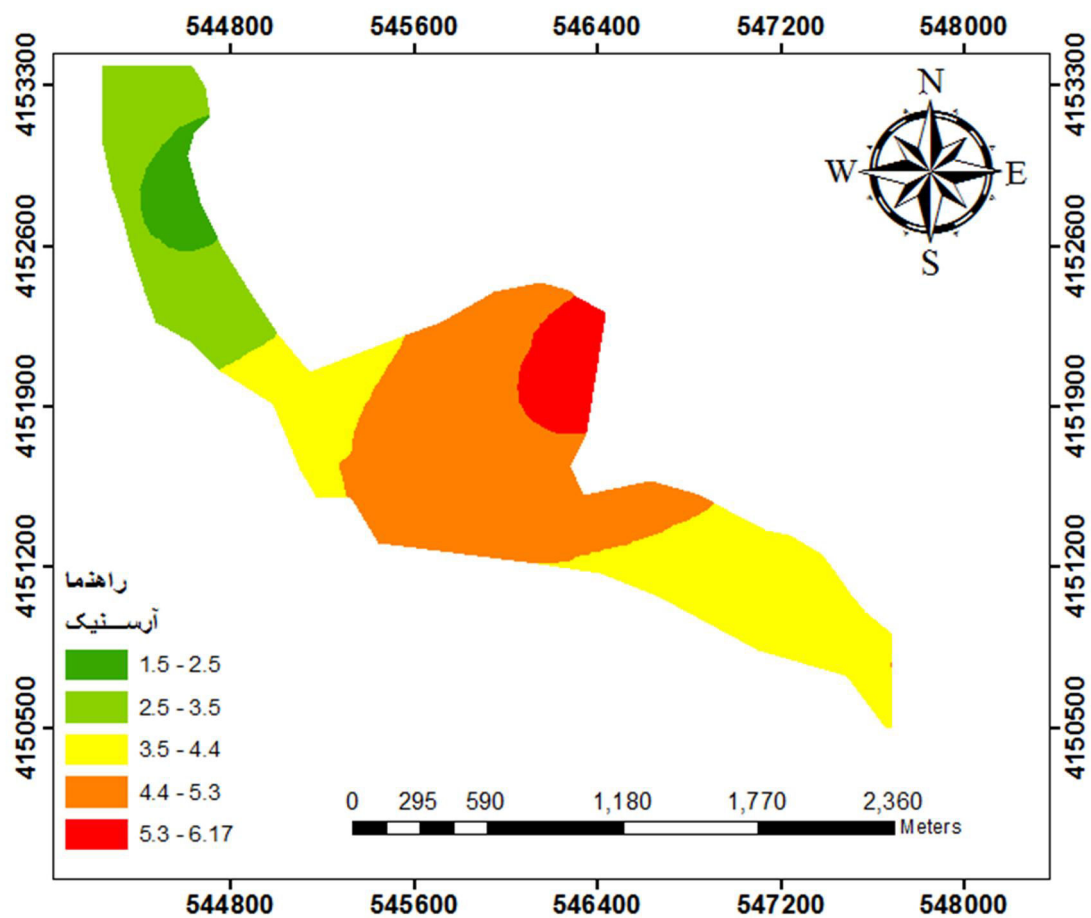
۴-۲-۱۲- آرسنیک کل خاک

جدول ۴-۱۳ نشان می‌دهد برای متغیر آرسنیک خاک روش میان‌یابی وزن معکوس فاصله با ضریب تبیین برابر ۰/۶۴۹ نسبت به روش کریجینگ عملکرد بهتری داشته است.

جدول ۴-۱۳- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه آرسنیک

نام پارامتر	علامت اختصاری	R^2
آرسنیک	وزن معکوس فاصله	۰/۶۴۹
	کریجینگ	۰/۵۸۷

شکل ۴-۱۲ نشان می‌دهد که ۴/۷ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه کمترین میزان آرسنیک را دارا بوده است، که این میزان آرسنیک بین ۱/۵ تا ۲/۵ میلی گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد. ۶/۷ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه بیشترین میزان آرسنیک را دارا بوده است، که این میزان بین ۵/۳ تا ۶/۱۷ میلی گرم بر کیلوگرم بوده است. همچنین در بیشترین وسعت از منطقه مورد مطالعه میزان آرسنیک بین ۴/۴ تا ۵/۳ میلی گرم بر کیلوگرم نشان داده شده است، که ۴۰/۶ درصد از منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود. بیشترین میزان آرسنیک خاک در قسمت جنوبی مجتمع پتروشیمی قرار دارد و در سایر نقاط میزان این عنصر به مراتب پایین‌تر می‌باشد.



شکل ۴-۱۲ توزیع مکانی آرسنیک خاک با روش میان‌یابی وزن معکوس فاصله

۴-۲-۱۳- کادمیم کل خاک

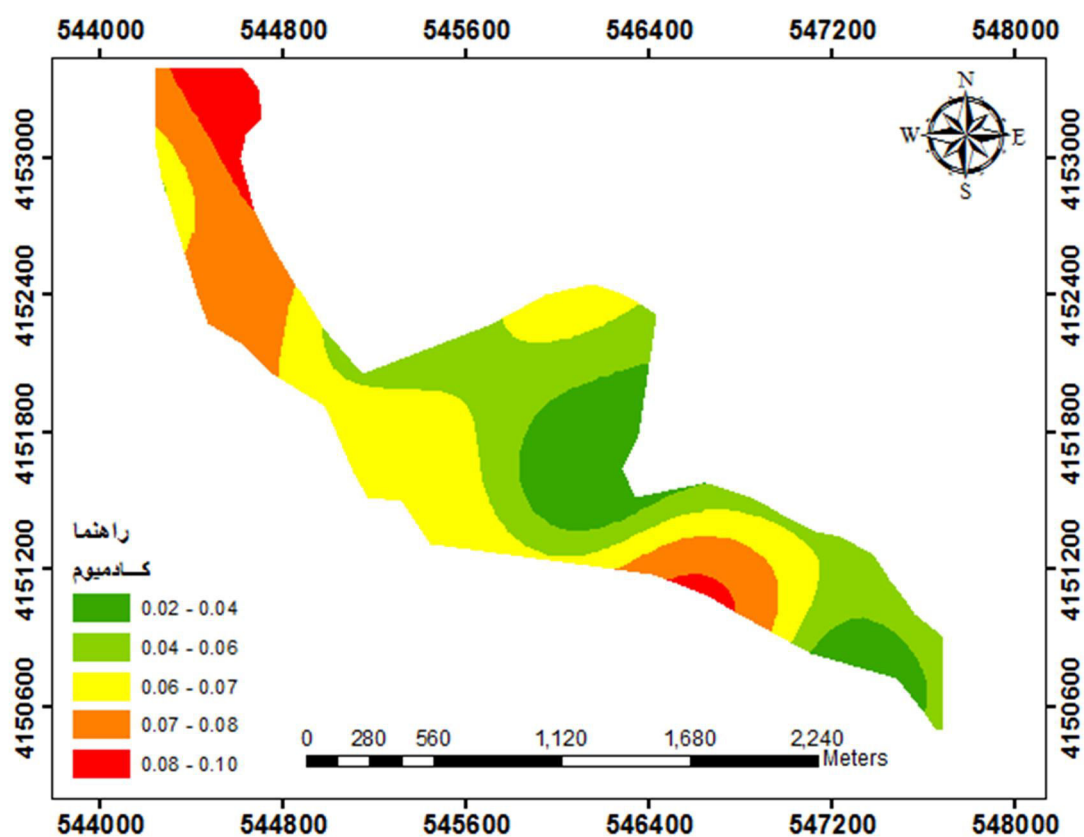
جدول ۴-۱۴ نشان می‌دهد برای متغیر کادمیم خاک روش میان‌یابی کریجینگ با ضریب تبیین برابر

۰/۴۹۳ نسبت به روش وزن معکوس فاصله عملکرد بهتری داشته است.

جدول ۴-۱۴- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه کادمیم

نام پارامتر	علامت اختصاری	R^2
کادمیم	وزن معکوس فاصله	۰/۲۹۱
	کریجینگ	۰/۴۹۳

شکل ۴-۱۳ نشان می‌دهد که ۱۵/۸ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه کمترین میزان کادمیم خاک را دارا بوده است، که این میزان بین ۰/۰۲ تا ۰/۰۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. ۵/۵ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه بیشترین میزان کادمیم خاک را دارا بوده است که این میزان بین ۰/۰۸ تا ۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. همچنین نشان داده شد در بیشترین وسعت از منطقه مورد مطالعه میزان کادمیم بین ۰/۰۶ تا ۰/۰۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم و ۰/۰۴ تا ۰/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشید که به ترتیب ۳۰/۷ و ۲۹/۷ درصد از مساحت کل منطقه را شامل می‌شود. مشاهدات حاکی از آن است که بیشترین میزان کادمیم در کمترین فاصله از مجتمع پتروشیمی بوده است و با فاصله گرفتن از این مجتمع پتروشیمی میزان کادمیم خاک نیز کاهش یافته است. میانگین جهانی کادمیم خاک طبق استاندارد جهانی ۰/۳ میلی‌گرم بر لیتر بیان شده است (کرباسی ۲۰۰۰). نوریان و همکاران (۱۳۹۱) پراکنش آلودگی خاک به عناصر سنگین سرب، روی و کادمیم با استفاده از زمین آمار در منطقه دیزج‌آباد، استان زنجان بررسی نمودند و نتایج مشاهدات به این شکل بود که توزیع غلظت عناصر سنگین در منطقه الگوی تصادفی نداشته و دارای همبستگی مکانی بودند. نتایج نشان داد که شدت آلودگی فلزات سنگین در منطقه بالا بوده است و این میزان آلودگی متأثر از وجود کارخانه سرب و روی در منطقه بوده است و با فاصله گرفتن از کارخانه میزان آلودگی نیز کاهش پیدا کرده بود.



شکل ۴-۱۳ توزیع مکانی کادمیوم خاک با روش میان‌یابی کریجینگ

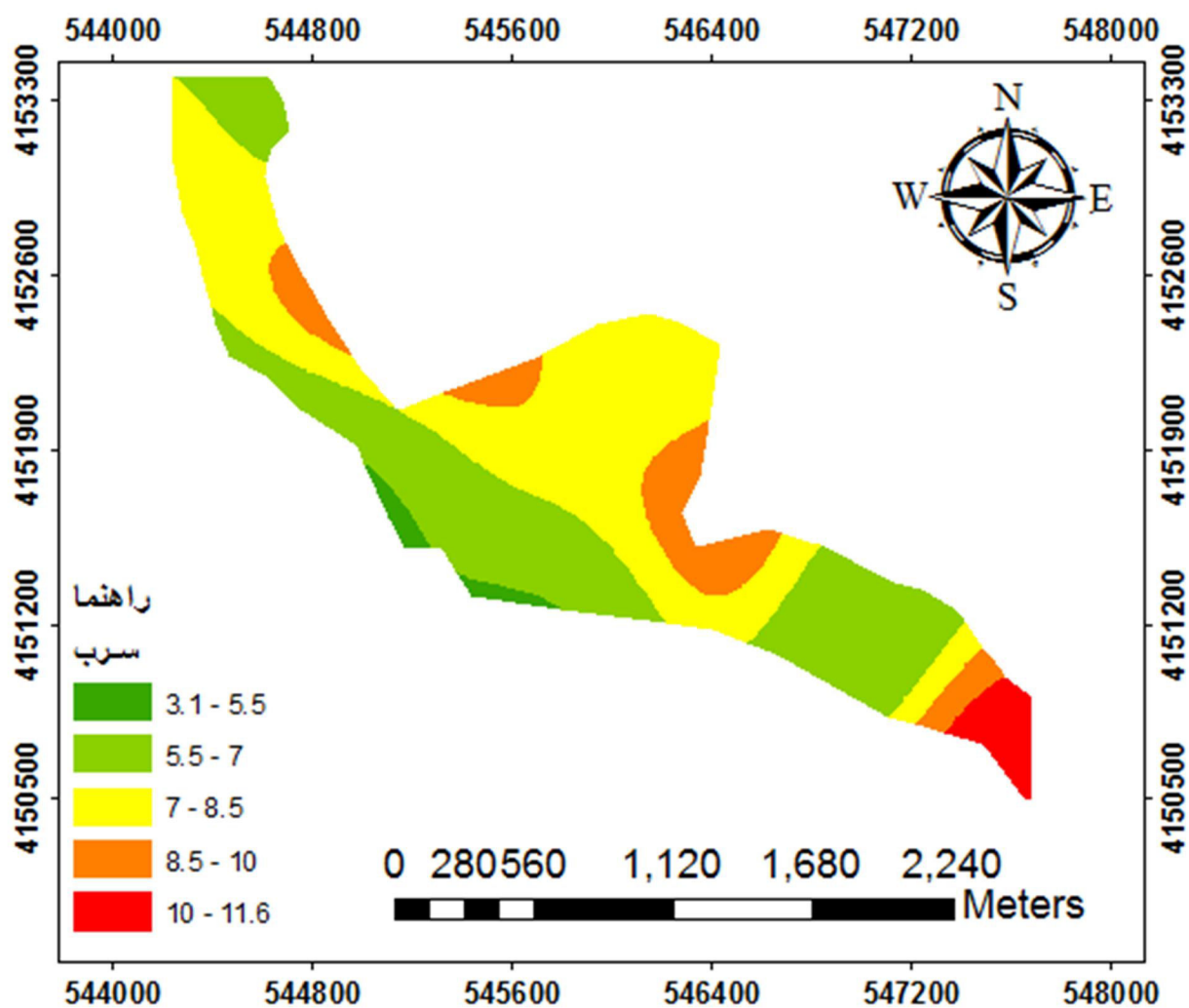
۴-۲-۱۴- سرب کل خاک

جدول ۴-۱۴ نشان می‌دهد برای متغیر کادمیوم خاک روش میان‌یابی وزن معکوس فاصله با ضریب تبیین برابر ۰/۶۹۱ نسبت به روش کریجینگ عملکرد بهتری داشته است.

جدول ۴-۱۵- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه سرب

نام پارامتر	علامت اختصاری	R^2
سرب	وزن معکوس فاصله	۰/۶۹۱
	کریجینگ	۰/۳۱۲

شکل ۴-۱۴ نشان می‌دهد که ۱/۸ درصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه کمترین میزان سرب را دارا می‌باشد، که این میزان سرب بین ۳/۱ تا ۵/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد. ۳/۹ دصد از مساحت کل منطقه مورد مطالعه بیشترین میزان سرب را دارا می‌باشد که این میزان بین ۱۰ تا ۱۱/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک می‌باشد. همچنین نشان داده شده است که در بیشترین وسعت از مساحت منطقه مورد مطالعه میزان سرب بین ۷ تا ۸/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد که ۴۵/۴ درصد از مساحت کل منطقه را شامل می‌شود. مشاهدات بیانگر بیشترین میزان سرب در جنوبی ترین نقطه منطقه مورد مطالعه و دور ترین فاصله از مجتمع پتروشیمی می باشد و میزان سرب در فواصل کمتر از مجتمع پتروشیمی به مراتب پایین تر بوده است. طبق استاندارد غلظت جهانی این عنصر میزان سرب در بیشترین مقدار می‌باشد(کرباسی ۲۰۰۰).



شکل ۴-۱۴ توزیع مکانی سرپ خاک با روش میان‌یابی وزن معکوس فاصله

فصل ۵

نتیجه گیری و پیشنهادها

۵-۱- نتیجه گیری

با توجه به آزمایشات و تحقیقات انجام شده در منطقه مورد مطالعه موارد زیر نتیجه گیری گردید.

۱- منطقه مورد مطالعه دارای خاک قلیایی بوده و میانگین pH خاک و همچنین درصد آهک خاک بالا بوده است.

۲- کربن آلی خاک پایین بوده و از این نظر جزء خاک‌های فقیر محسوب می‌شوند

۳- شوری خاک بالا نبوده و برای رشد گیاهان اطراف مجتمع پتروشیمی و منطقه مورد مطالعه محدودیتی ایجاد نمی‌کند.

۴- طبق استانداردهای غلظت مجاز عناصر خاک زراعی آمریکا در منطقه مورد مطالعه هیچکدام عناصر مورد آزمایش فراتر از غلظت مجاز نبوده است.

۵- طبق استانداردهای غلظت مجاز عناصر خاک زراعی روسیه میزان آرسنیک و کروم در منطقه مورد مطالعه بیشتر از غلظت مجاز بوده است.

۵-۲- پیشنهادات

با توجه به نتایج حاصل شده از انجام تحقیقات پیشنهاد موارد ذیل می‌گردد:

۱- با توجه به کم بودن میزان کربن آلی منطقه مورد مطالعه جهت افزایش کربن آلی خاک در قسمت هایی از منطقه که استفاده زراعی می‌شود تمهیدات لازم اندیشیده گردد.

۲- تکرار این آزمایش در سالهای آتی با تعداد نمونه های بیشتر و همینطور سایر عناصری که در این تحقیق اندازه گیری نشده است.

۳- استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و سایر روش های تهیه نقشه خاک با تعداد نمونه های بیشتر جهت بالا بردن ضریب تبیین.

۴- کاشت گیاهان با قابلیت جذب و تجزیه عناصر سنگین خاک در اطراف مجتمع پتروشیمی جهت جلوگیری از افزایش غلظت عناصر سنگین و ایجاد سمیت در اراضی اطراف این مجتمع.

منابع

- اسلام زاد، ط و خلد برین ب، (۱۳۷۰). " نقش تنظیم کننده‌های رشد گیاهی بر ایجاد مقاومت به شوری در گیاه جو (*Hordeum*) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) ". جلد ۱۲، مجله زیتون، ص ۲۰.
- احیائی م. و بهبهانی‌زاده ع. (۱۳۷۲). " شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک " موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه ۸۹۳. جلد اول.
- برزگر ع، (۱۳۸۷). " خاک های شور و سدیمی : شناخت و بهره وری "، انتشارات دانشگاه شهید چمران.
- اصغری مقدم ۱. و محمودی ت. (۱۳۸۶) "تاثیر پساب های شهرک صنعتی مراغه بر آلودگی آب های زیرزمینی دشت مراغه _ بناب" اولین همایش زمین شناسی زیست محیطی و پزشکی، تهران.
- تقی پور، م. ایوبی، ش. خادمی، ح (۱۳۸۹). تجزیه و تحلیل تغییرات مکانی غلظت کل نیکل و مس در خاک‌های سطحی اطراف همدان به روش زمین آمار. سال هفدهم، شماره ۲، ص ۸۸-۶۹.
- حسامی ش. شاهسونی ش. و امامقلی زاده ص. (۱۳۹۵)، بررسی تغییرات مکانی کربن آلی خاک با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در اراضی تعاونی تنگلی، همایش ملی یافته‌های پژوهش و فن‌آوری در اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی، دانشگاه تهران ۱۳۹۵.
- خداکرمی، ل. سفانیان، ع. میرغفاری، ن. افیونی، م. گلشاهی، ا. ۱۳۹۰ "پهنه بندی غلظت فلزات سنگین کروم، کبالت و نیکل در خاک‌های سه زیر حوزه آبخیز استان همدان با استفاده از فناوری GIS و زمین آمار". مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک. سال پانزدهم، شماره ۵۸.

خداکرمی و همکاران ۱۳۹۰، بررسی غلظت عناصر سنگین مس، روی و آرسنیک خاک با استفاده از RS و GIS درحوزه آبخیز کبوتر آهنگ، مجله کاربرد سنجش از دور GIS در علوم طبیعی (سال دوم/شماره ۱) بهار ۱۳۹۰.

رحمانی ح. (۱۳۸۲) "خصوصیات شیمیایی و غلظت برخی عناصر سنگین در پساب واحدهای صنعتی نساجی شهر یزد" مجله محیط شناسی، شماره ۲۹، دوره ۳۱، ص ۳۱-۳۶.

روشنی، ق. ۱۳۹۲. تهیه نقشه رقومی حاصلخیزی خاک برای مراکز خدمات کشاورزی سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان جهت بهینه سازی مصرف کودهای شیمیایی در برنامه عملیات الگوی کشت، موسسه تحقیقات پنبه کشور، شماره ۴۴۲۵.

زهتابیان غ. عسکری ح. ۱۳۸۶. طرح تحقیقاتی بررسی و تحلیل مکانی خصوصیات کیفی آبهای زیرزمینی در حوزه‌ی گرمسار، دانشگاه تهران.

ملکوتی م ج. کشاورز ب. و کریمیان. ۱۳۸۷ روش جامع تشخیص و توصیه کود برای کشاورزی پایدار انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.

نصرت پور، س. ۱۳۹۰. تهیه نقشه قابلیت حاصلخیزی خاک با استفاده از GIS روشی مناسب و کاربردی برای بهینه سازی مصرف کود، مجله زیتون، سال سی و یکم، آذر ۱۳۹۰.

نوریان م و همکاران ۱۳۹۱. مطالعه پراکنش آلودگی خاک به عناصر سنگین با استفاده از زمین آمار و خوشه بندی فازی در منطقه دیزج آباد، استان زنجان. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. جلد بیست و یکم. شماره اول. ۱۳۹۳.

همایی، م. ۱۳۸۱. واکنش گیاهان به شوری، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شماره انتشار ۵۸، تهران.

هودجی م. و جلالیان ا. ۱۳۸۴ "پراکنش آهن، روی و سرب در خاک و محصولات کشاورزی در منطقه استقرار مجتمع فولاد مبارکه" مجله محیط شناسی، دوره ۳۰، ص ۲۶-۱۵.

- هودجی م. و صدر ارحامی ۱. ۱۳۸۷ "غلظت منگنز و نیکل در خاک و گونه های گیاهی در منطقه استقرار کارخانه ذوب آهن اصفهان" مجله پژوهش در علوم کشاورزی، دوره ۲۴، ص ۳۳-۲۴.
- یزدانی نژاد ف و ترابی گل سفیدی ح. (۱۳۹۲) " بررسی تغییرات مکانی و پهنه بندی شوری اراضی کشاورزی جنوب تهران با استفاده از کریجینگ و GIS"، نشریه تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۴. شماره ۳. صفحه ۲۶۲-۲۵۵.
- Barcae,E. Passarella,G. 2008. Spatial evaluation of the risk of groundwater quality degradation: A comparison between disjunctive kriging and geostatistical simulation, Jornal of Environmental Monitoring and Assessment. 133: 261-273.
- Bowen, H. J. M.,1979, The environmental chemistry of elements, Academic press, London, New York
- Romic, M., Hengl, T., Romic, D., Husnjak, S. 2007. Representing soil pollution by heavy metals using continuous limitation scores, Computation Geoscience. Vol. 33, No.
- Chen, T., Xingmei, L., Muzhi, Z., Jiangun, W., Jianming, X., and Panming, H. 2008. Identification of trace element source and associated risk assessment in vegetable soils of the urban-rural transitional of Hangzhou, China. Environ. Pollut. 151:67-78.
- Chenu C. Bissonnais Y. and Arrouays, D (2000). "Organic matter influence on clay wettability and soil aggregate stability". Soil Sci. Am. J. 64:1475-1486.
- Dabiri, M. 2011. Environmental pollution: air, water, soil and audio. Etehad Publishing, 7th edition. 399p. (In Persian).
- Eastman J. R, H. Jain and J. Tolendano. (1998) " multi criteria and multiobjective decision making for land use management", Environment and management, Vol 9, Kluwer Academic publishers. Dordrecht /Boston/London.
- Facchinelli, A., Sacchi, E. & Mallen, L., 2001. Multivariate statistical and GIS based approach to identify heavy metal sources in soils, Journal of Environmental Pollution. 114:313-324.

Faiz, Y., Tufail, M., Tayyeb Javed, M., Chudhry, M.M., and Siddique, N. 2009. Road dust pollution of Cd, Cu, Ni, Pb and Zn along Islamabad Expressway, Pakistan. *Microchem. J.* 92: 186-192.

Fetouani, S., Sbaa, M., Vanclooster, M., Bendra, B. 2008. Assessing groundwater quality in the irrigated plain of Triffa (North-east Morocco). *Journal of Agricultural Water Management* 95: 133-142.

George, D. and Mallery, P. (2010) *SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference 17.0 Update*. 10th Edition, Pearson, Boston.

Gregorich, E.G., Carter, M.R., Angers, D.A., Monreal, C.M., and Ellert, B.H. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Can. J. Soil Sci.* 75: 367-385.

Hem, J.D. (1989). "Study and interpolation of chemical characteristics of Natural Water", Third edition. U.S. Geological Survey Water-Supply paper 2254 Washington, D.USA. 263p.

Jiachun, S., W. Haizhen, X. Jianming, W. Jianjun, L. Xingmei and Z. Haiping. 2007. Spatial distribution of heavy metal in soil: A case study of Changchun, China. *Environ Geol.* 52:1-10.

Juang, K. W., D. Y. Lee and T. R. Ellsworth. 2001. Using rank-order geostatistics for spatial interpolation of highly skewed data in heavy metal contaminated site. *J. Environ. Qual.* 30: 894-903.

Kabata-Pendias, A.A. and H. Pendias. 1994. *Trace Elements in Soils And Plants*. 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, Florida.

Kaldor, J., Harris, J. A., Glazer, T. E. (1984). "Statistical Association between Cancer Incidence and Major-Cause Mortality, and Estimated Residential Exposure To Air Emissions from Petroleum and Chemical Plants." *Environ. Health. Perspect.*, Vol. 54, pp. 319- 332.

Khani, M., Ranjbar, A., and Moradpour, Y. (2014). "Isolation and identification and cadmium degrading indigenous bacteria from the soils around Shiraz petrochemical factory and investigation of their growth kinetics." *Eur. J. Exp. Bio.*, Vol. 4(3), pp. 659-664.

Koutev, V., Julien, P, 2001. Spatial variability of total and bioavailable Zn in the Canton of Fribourg Switzerland Swiss Federal Institute of Technology, PP:189-190.

Krishna, A. K., Goil, P. K., 2005. Heavy metal distribution and contamination in soils of Thane-Belapur industrial development area, Mumbai, Western India, Journal of Environmental Geology. 47:1054-1061.

Lado, L. R., T. Hengl and H. I. Reuter. 2008. Heavy metals in European soils: A geostatistical analysis of the FOREGS Geochemical database. Geoderma. 148:189-199.

Lin, Y.P., Cheng, B.Y., Chu, H.J., Chang, T.K., and Yu, H.L. 2012. Assessing how heavy metal pollution and human activity are related by using logistic regression and kriging methods. Geoderma. 163: 275-282.

MacDonald DD, Ingersoll CG, Berger T. 2000 Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. Arch Environ Contam Toxicol;39(1): 20-31.

Martin, J. A., Arias, M. L., Grau, C, J. M. 2006. Heavy metals contents in agricultural topsoils in the Ebro basin (Spain). Application of the multivariate geostatistical methods to study spatial variations. Environmental Pollution. Vol. 144 , No 3, pp. 1001-1012.

McGrath, D., Zhang, C., Carton, O.T., 2004. Geostatistical analyses and hazard assessment on soil lead in Silvermines area, Ireland. Environ. Pollut. 127, 239– 248.

Miller GW, Huang IJ, Welkie GW and Pushmick JC, 1995. Function of iron in plants with special emphasis on chloroplasts and photosynthetic activity In: J. Abadia (ed.). Iron nutrition in soils and Plants. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp.19-28.

Nadal, M., Schuhmacher, M., Domingo, J. L. (2004). “Metal pollution of soils and vegetation in an area with petrochemical industry.” Sci. Total. Environ., Vol. 321, pp. 59– 69.

Pais, I.J., Benton Jones. Jr., 1997. “The handbook of trace elements”. St. Lucie press Boca Raton pub., florida.

Rodriguez, L., E. Ruiz, J. A. Azcarate and J. Rincon. 2009. Heavy metal distribution and chemical speciation in tailing and soils around a Pb-Zn mine in Spain. *Journal of Environmental Management*. 90: 1106-1116.

Sarmadian, F., Keshavarzi, A., Rooien, A., Iqbal, M., Zahedi, G., Javadikia, H., 2014. Digital mapping of soil phosphorus using multivariate geostatistics and topographic information. *AJCS*. 8, 1216-1223 .

Tan, M.Z., Xu, F.M., Chen, J., Zhang, X.L., and Chen, J.Z. 2006. Spatial prediction of heavy metal pollution for soils in peri-urban Beijing, China based on fuzzy set theory. *Pedosphere*. 16: 545-554.

Xie, Y., Chen, T., Lei, M., Guo, Q., Song, B., and Zhou, X. 2011. Spatial distribution of soil heavy metal pollution estimated by different interpolation method: Accuracy and uncertainty analysis. *Chemosphere*. 82: 468-476.

XingMei, L., Jjianjun, W.V., and Jiangming, X.U. 2006. Characterizing the risk assessment of heavy metal and sampling uncertainty analysis in paddy fields by geostatistics and GIS. *Environ. Pollut*. 41: 279-289.

Zhang, J., Wang, S., Wang, C., Hu, H. 2012. “Chemical identification and genotoxicity analysis of petrochemical industrial wastewater.” *Front. Environ. Sci. Eng.*, Vol. 6(3), pp. 350–359.

Abstract:

The earth and its habitants were interfaced with different environmental problems the onset of industrial revolution. In fact increasing the population has been caused to the growth of human demands, and in recent century technology and science improvement and quick development of industry, has brought pollution of various environmental parts with any chemical pollutants.

Air, water and soil environmental pollution by various chemical industries is a serious problem. Among chemical industries, petrochemical plants have special importance.

Now petrochemical industry has encountered with important challenges about air, soil and water pollution.

Petrochemical complex includes big oil refinery and petrochemical plants.

Petrochemical industry by its activities nature is considered as a potential source of production and diffusion of various kinds of dangerous and waste materials into the environment.

This study had accomplished for awareness about heavy elements of soil in the surrounding lands of Bojnourd petrochemical complex.

Sample collection had accomplished of 45 points of studying area accidentally.

And at the same time with sampling by GPS, the samples had been placeholder.

Necessary experiments of selected parameters of study that includes salinity, soil reaction, organic carbon, texture and some heavy elements including iron, manganese, lead, nickel, chrome etc. was made by standard laboratory methods and also data interpolation and their analysis by use of Geographic Information System (GIS).

The analysis demonstrated that studied area's soils have high level of lime and also soil reaction in most points of the studied area showed a big number.

Organic carbon level in the studied area was low and it's soil therefore is considered as poor soil.

Heavy elements condition were such that none of them were more than universal standards and/or they were near to universal standards.

Finally it was concluded that necessary measures must be made to increase organic carbon level, and since PH and lime level of soil was high it must be thought necessary measures to decrease these two parameters.

It must be done more experiments with different elements in future years.

Key words: soil pollution, heavy elements, kriging, reverse weight distance, Bojnourd petrochemical complex.



Faculty of Agriculture
M.Sc. Thesis in Soil Chemistry and Fertility

Evaluation of heavy metals contamination in soils around a petrochemical plant in Bojnoord

By: Mostafa Yazdan Mehr

Supervisors:

Dr. Ali Abasspour

Dr. Hadi Ghorbani

Advisor:

Dr. Mehdi Delghandi

June 2018