





دانشکده کشاورزی
پایان نامه دوره کارشناسی ارشد
گروه خاکشناسی

عنوان:

بررسی تغییرات مکانی آلودگی خاک‌های استان قزوین با تعدادی از عناصر سنگین

نگارش:

زهرا فریدونی

استاد راهنما:

دکتر حسینعلی بهرامی






استاد مشاور:

دکتر محمدحسین مهدیان

زمستان ۸۹

تایید اعضای هیأت داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

اعضای هیأت داوران نسخه ی نهائی پایان نامه خانم زهرا فریدونی تحت عنوان: بررسی تغییرات مکانی آلودگی خاک‌های استان قزوین با تعدادی از عناصر سنگین را از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد پیشنهاد می کنند.

امضاء	رتبه ی علمی	نام و نام خانوادگی	اعضای هیأت داوران
	دانشیار	دکتر حسینعلی بهرامی	۱- استاد راهنما
	دانشیار	دکتر محمد حسین مهدیان	۲- استاد مشاور
	استاد	دکتر محمد جعفر ملکوتی	۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی
	استاد	دکتر محمد جعفر ملکوتی	۴- اساتید ناظر: ۱- داخلی
	مربی	مهندس سیما رحیمی بندر آبادی	۲- خارجی

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه

تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهش‌های علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان‌نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان‌نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین‌نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه می باشد، باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.



آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی- پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به دفتر نشر آثار علمی دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲ در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:
“ کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته خاکشناسی است که در سال ۱۳۸۹ در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر حسینعلی بهرامی، مشاوره جناب آقای دکتر محمدحسین مهدیان از آن دفاع شده است”

ماده ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به دفتر نشر آثار علمی دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴ در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵ دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند، به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

ماده ۶ اینجانب زهرا فریدونی دانشجوی رشته خاشناسی مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: زهرا فریدونی

تاریخ و امضاء: ۹۰/۰۳/۰۱۰

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم که هر چه دارم از برکت وجود ایشان دارم. پروردگارا پدر و مادرم در راه تربیت من سعی بسیار کرده و رنج بیشمار کشیده‌اند و از خویشتن گذشتند تا ثمره زندگی‌شان به بار بنشیند، سعی‌شان را مشکور و در پناه خویش حفظشان فرما.

همسر عزیزم که در تمام مراحل انجام این پایان نامه از مساعدت‌ها و همکاری ایشان بهرمند شدم.

و

خواهران مهربانم که بهترین لحظات دوران زندگی و تحصیل را در کنارم بودند.

تقدیر و سپاسگزاری

توفیق انجام این رساله بدون همکاری و همراهی عزیزانی که مرا در این راه کمک و مساعدت نمودند ممکن نبود لذا بر خود می‌دانم در اینجا از تمامی همراهان و عزیزان قدردانی نمایم.

از استاد راهنمای گرامی جناب آقای دکتر حسینعلی بهرامی و استاد مشاور محترم جناب آقای دکتر مهدیان که راهنمایی این پایان‌نامه را بر عهده داشتند و در دوران کارشناسی ارشد با راهنمایی مدبرانه و عالمانه ارائه طریق نمودند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از دوستان عزیز سرکار خانم مهندس مریم عبدلی‌نسب و آقای مهندس فاضل رحمانی‌پور که از مساعدت‌های ایشان بهرمنند شدم و دیگر همکلاسی‌های عزیز سپاسگزاری می‌نمایم.

در پایان این رساله را به تمامی کسانی که در راه خاک‌شناسی مرارت‌ها کشیده‌اند و یا قلم و یا قدمی در این راه برداشته‌اند تا این دانش را بدین مرحله و شکوفایی رسانیده‌اند تقدیم می‌نمایم.

بررسی تغییرات مکانی آلودگی خاک‌های استان قزوین با تعدادی از عناصر سنگین

چکیده: با توجه به آثار زیست محیطی فلزات سنگین در طبیعت، پی‌بردن به الگوی توزیع مکانی آن‌ها برای مدیریت محیط زیست، پیش‌بینی و ارزیابی کیفیت خاک ضروری است. به منظور ارزیابی روش‌های درون‌یابی در پیش‌بینی تغییرات مکانی و تهیه نقشه‌های آلودگی فلزات کادمیوم (Cd)، کروم (Cr)، مس (Cu)، نیکل (Ni)، سرب (Pb) و روی (Zn)، این تحقیق در سال ۸۹-۱۳۸۸ در استان قزوین انجام شد. در این تحقیق، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک در ۳۲۲ نقطه استان (از مناطق کشاورزی، صنعتی، نفتی و طبیعی) نمونه‌برداری صورت گرفت. سپس، غلظت عناصر سنگین با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. همبستگی مکانی هر عنصر با استفاده از واریوگرام تجربی، مشخص و نقشه توزیع مکانی فلزات با استفاده از روش‌های عکس فاصله وزنی (IDW)، چند جمله‌ای‌ها، توابع شعاع محور (RBF)، کریجینگ معمولی (OK) و کریجینگ جامع (UK) تهیه گردید. با استفاده از تکنیک ارزیابی تقاطعی و بر اساس معیارهای آماری دقت (MAE) و انحراف (MBE)، روش مناسب درون‌یابی برای هر فلز انتخاب شد. با در نظر گرفتن شرایط جغرافیایی و به منظور همگن‌سازی منطقه، دشت قزوین از کل استان تفکیک و تمام روش‌های مذکور برای نمونه‌های واقع در این بخش نیز اجرا شد. برای مشخص نمودن وضعیت آلودگی منطقه با فلزات سنگین، لایه‌های اطلاعاتی مربوط به مراکز صنعتی و محدوده شهرستان‌ها مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که واریوگرام تجربی عنصر Pb فاقد ساختار مکانی و در عناصر Cr، Zn و Cd رونددار می‌باشد؛ همچنین در دو عنصر Cu و Ni به ترتیب از الگوی گوسی و کروی پیروی می‌نماید. همبستگی مکانی دو عنصر Cu و Ni متوسط بوده و دامنه تاثیر آن‌ها به ترتیب ۵۲ و ۲۳ کیلومتر به دست آمد. براساس نتایج MAE و بررسی وضعیت نقشه‌ها با روند منطقه، روش IDW برای دو عنصر Zn (MAE=35/77) و Pb (MAE=9/46)، روش RBF برای عناصر Cu (MAE=7/68) و Cr (MAE=8/05)، روش OK برای عنصر Ni (MAE=8/4) و روش UK برای عنصر Cd (MAE=0/066) روش‌های مناسب تشخیص داده شد. مقایسه حد بالای مقادیر برآورد شده عناصر Cd (۱/۸۷ میلی‌گرم در کیلوگرم)، Cu (۹۹/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم) و Ni (۹۶/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم) در خاک با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست نشان داد که آلودگی به این عناصر به ترتیب در جنوب‌شرق، شمال‌غرب و غرب استان وجود دارد، در حالی که غلظت عناصر Zn، Cr و Pb به حد ایجاد آلودگی نرسیده است. همچنین، تقسیم منطقه به مناطق همگن براساس شرایط جغرافیایی حاکم بر منطقه، منجر به افزایش دقت روش‌های درون‌یابی نشد. به نظر می‌رسد، معدن‌کاوی، مراکز صنعتی، مراکز خدماتی، جایگاه‌های سوخت و دفع پسماند از منابع اصلی ایجاد آلودگی در استان قزوین باشد. به دلیل نزدیکی اراضی کشاورزی به منابع آلوده کننده، ضرورت اجرای برنامه‌های مدیریتی برای حفاظت از کیفیت خاک آشکارتر می‌گردد.

کلید واژه: آلودگی خاک، استان قزوین، زمین آمار، فلزات سنگین

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: کلیات	
۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- اهمیت خاک	۲
۳-۱- آلودگی خاک	۲
۴-۱- خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک	۳
۱-۴-۱- واکنش خاک	۳
۲-۴-۱- ماده آلی	۳
۳-۴-۱- ظرفیت تبادل کاتیونی	۳
۴-۴-۱- شوری	۳
۵-۴-۱- بافت خاک	۴
۵-۱- آلاینده‌ها	۴
۶-۱- فلزات سنگین	۴
۱-۶-۱- مس	۴
۲-۶-۱- روی	۵
۳-۶-۱- سرب	۶
۴-۶-۱- نیکل	۶
۵-۶-۱- کادمیم	۷
۶-۶-۱- کرم	۷
۷-۱- سمیت فلزات سنگین	۷
۸-۱- منابع فلزات سنگین	۸
۱-۸-۱- منابع طبیعی	۸
۲-۸-۱- منابع انسانی	۸
۹-۱- استانداردها	۹

عنوان	صفحه
۱۰-۱-۱- درون یابی	۹
۱-۱۰-۱- زمین آمار	۱۰
۲-۱۰-۱- مزیت روش های زمین آمار	۱۰
۳-۱۰-۱- کاربرد زمین آمار	۱۱
۱۱-۱- بیان مسئله و ضرورت تحقیق	۱۰
۱۲-۱- اهداف تحقیق	۱۲
فصل دوم: سابقه تحقیق	
۱-۲- مقدمه	۱۳
۲-۲- سابقه تحقیق	۱۳
فصل سوم: مواد و روش ها	
۱-۳- معرفی منطقه مطالعاتی	۲۱
۱-۱-۳- موقعیت استان قزوین	۲۱
۲-۱-۳- ویژگی های اقلیمی	۲۱
۳-۱-۳- زمین شناسی استان	۲۱
۴-۱-۳- خاک شناسی و واحدهای فیزیوگرافی	۲۲
۵-۱-۳- تقسیم بندی سیاسی استان	۲۳
۶-۱-۳- توزیع فعالیت کشاورزی	۲۴
۷-۱-۳- توزیع فعالیت صنعتی	۲۴
۸-۱-۳- توزیع فعالیت معدنی	۲۴
۲-۳- تهیه نقشه نمونه برداری	۲۵
۳-۳- اطلاعات و نقشه های مورد استفاده	۲۷
۴-۳- روش های درون یابی	۲۷
۱-۴-۳- روش عکس فاصله وزنی	۲۸
۲-۴-۳- روش کریجینگ معمولی	۲۹

۲۹	..... ۳-۴-۲-۱- صفر نمودن میانگین خطا
۲۹	..... ۳-۴-۲-۲- حداقل کردن واریانس خطا
۳۰	..... ۳-۴-۳- روش کریجینگ عام
۳۰	..... ۳-۴-۴- روش‌های چند جمله‌ای
۳۱	..... ۳-۴-۵- روش توابع شعاع محور
۳۱	..... ۳-۵- روش ارزیابی
۳۲	..... ۳-۶- معیار ارزیابی
۳۲	..... ۳-۷- بررسی توزیع مکانی برآورد شده با روند منطقه
۳۳	..... ۳-۸- همگن‌سازی محدوده مورد مطالعه
۳۳	..... ۳-۹- بررسی وضعیت آلودگی استان به عناصر سنگین

فصل چهارم: نتایج و بحث

34	..... ۴-۱- مقدمه
40	..... ۴-۲- آنالیز واریوگرافی
42	..... ۴-۳- بررسی جهت ناهمسانگردی
44	..... ۴-۴- ارزیابی روش‌های درونیابی
44	..... ۴-۴-۱- روش عکس فاصله وزنی
45	..... ۴-۴-۲- روش چند جمله‌ای‌ها
46	..... ۴-۴-۳- روش توابع شعاع محور
47	..... ۴-۴-۴- روش کریجینگ معمولی
۴۷	..... ۴-۴-۵- روش کریجینگ عام
48	..... ۴-۵- انتخاب روش مناسب درونیابی
۵۹	..... ۴-۶- همگن‌سازی محدوده مورد مطالعه
۶۱	..... ۴-۶-۱- نتایج واریوگرافی عناصر در دشت قزوین
۶۳	..... ۴-۶-۲- ارزیابی دقت روش‌های درونیابی

عنوان	صفحه
۷-۴- بررسی وضعیت آلودگی منطقه	۶۳
۱-۷-۴- پهنه‌بندی عنصر مس	۶۴
۲-۷-۴- پهنه‌بندی عنصر نیکل	۶۵
۳-۷-۴- پهنه‌بندی عنصر روی	۶۵
۴-۷-۴- پهنه‌بندی عنصر کرم	۶۶
۵-۷-۴- پهنه‌بندی عنصر کادمیم	۶۶
۶-۷-۴- پهنه‌بندی عنصر سرب	۶۷
۸-۴- مقایسه نتایج با تحقیقات گذشته	۶۸
فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها	
۱-۵- نتیجه‌گیری	۷۰
۲-۵- پیشنهادها	۷۱
منابع	۷۲

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول (۱-۱) - استاندارد سازمان محیط زیست کشور برای برخی فلزات سنگین در خاک	۹
جدول (۱-۳) - واحد های اراضی و کاربری	۲۳
جدول (۱-۴) - برخی شاخص های آماری داده های اندازه گیری شده عناصر سنگین	۳۵
جدول (۲-۴) - نتایج آزمون نرمال بودن داده های اندازه گیری شده	۳۵
جدول (۳-۴) - داده های حذف شده به عنوان داده پرت	۳۶
جدول (۴-۴) - برخی شاخص های آماری عناصر (قبل از نرمال نمودن و بعد از حذف داده پرت)	۳۶
جدول (۵-۴) - نتایج آزمون نرمال بودن داده های اندازه گیری شده	
بعد از حذف داده پرت و قبل از تغییر متغیر)	۳۷
جدول (۶-۴) - نتایج آزمون نرمال بودن داده های اندازه گیری شده (بعد از نرمال نمودن)	۳۷
جدول (۷-۴) - ماتریس همبستگی بین عناصر سنگین در خاک و برخی خصوصیات خاک	۳۸
جدول (۸-۴) - برخی شاخص های آماری پارامترهای اندازه گیری شده خاک	۳۸
جدول (۹-۴) - انتخاب مدل مناسب برای واریوگرام تجربی	۴۱
جدول (۱۰-۴) - نتایج بهینه سازی پارامترهای روش IDW	۴۴
جدول (۱۱-۴) - نتایج ارزیابی روش IDW در برآورد مقادیر عناصر سنگین	۴۵
جدول (۱۲-۴) - نتایج ارزیابی روش Local Polynomial در برآورد مقادیر عناصر	۴۶
جدول (۱۳-۴) - نتایج ارزیابی روش RBF در برآورد مقادیر عناصر	۴۶
جدول (۱۴-۴) - نتایج ارزیابی روش کریجینگ معمولی	۴۷
جدول (۱۵-۴) - نتایج ارزیابی روش کریجینگ عام	۴۷
جدول (۱۶-۴) - نتایج ارزیابی روش های مختلف درونیابی بر اساس شاخص دقت MAE	۴۹
جدول (۱۷-۴) - برخی شاخص های آماری داده های اندازه گیری شده عناصر سنگین در دشت قزوین	۵۹
جدول (۱۸-۴) - انتخاب مدل مناسب برای واریوگرام تجربی	۶۱
جدول (۱۹-۴) - نتایج ارزیابی روش های مختلف درونیابی بر اساس شاخص دقت	۶۳
جدول (۲۰-۴) - طبقه بندی مقدار برآورد شده عنصر مس در منطقه مورد مطالعه	۶۴

- جدول (۴-۲۱) - طبقه‌بندی مقدار برآورد شده عنصر نیکل در منطقه مورد مطالعه ۶۵
- جدول (۴-۲۲) - طبقه‌بندی مقدار برآورد شده عنصر روی در منطقه مورد مطالعه ۶۶
- جدول (۴-۲۳) - طبقه‌بندی مقدار برآورد شده عنصر کروم در منطقه مورد مطالعه ۶۶
- جدول (۴-۲۴) - طبقه‌بندی مقدار برآورد شده عنصر کادمیوم در منطقه مورد مطالعه ۶۷
- جدول (۴-۲۵) - طبقه‌بندی مقدار برآورد شده عنصر سرب در منطقه مورد مطالعه ۶۸
- جدول (۴-۲۶) - مقایسه نتایج تحقیق با تحقیقات گذشته ۶۹

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل (۳-۱) - موقعیت استان قزوین در کشور	۲۳
شکل (۳-۲) - موقعیت نقاط نمونه‌برداری در استان قزوین	۲۶
شکل (۴-۱) - هیستوگرام جذر مقادیر سرب	۳۹
شکل (۴-۲) - هیستوگرام لگاریتم مقادیر مس	۳۹
شکل (۴-۳) - هیستوگرام مقادیر نیکل	۳۹
شکل (۴-۴) - هیستوگرام مقادیر کادمیم	۳۹
شکل (۴-۵) - هیستوگرام مقادیر روی	۳۹
شکل (۴-۶) - هیستوگرام مقادیر کرم	۳۹
شکل (۴-۷) - واریوگرام همه‌جانبه عنصر کادمیم	۴۱
شکل (۴-۸) - واریوگرام همه‌جانبه عنصر کرم	۴۱
شکل (۴-۹) - واریوگرام همه‌جانبه عنصر روی	۴۱
شکل (۴-۱۰) - واریوگرام همه‌جانبه عنصر سرب	۴۱
شکل (۴-۱۱) - واریوگرام همه‌جانبه عنصر مس	۴۱
شکل (۴-۱۲) - واریوگرام همه‌جانبه عنصر نیکل	۴۱
شکل (۴-۱۳) - رویه واریوگرام عنصر کادمیم	۴۳
شکل (۴-۱۴) - رویه واریوگرام عنصر کرم	۴۳
شکل (۴-۱۵) - رویه واریوگرام عنصر روی	۴۳
شکل (۴-۱۶) - رویه واریوگرام عنصر نیکل	۴۳
شکل (۴-۱۷) - رویه واریوگرام عنصر مس	۴۳
شکل (۴-۱۸) - پهنه‌بندی عنصر سرب در سطح منطقه مورد مطالعه با روش IDW	۵۰
شکل (۴-۱۹) - پهنه‌بندی عنصر روی در سطح منطقه مورد مطالعه با روش IDW	۵۱
شکل (۴-۲۰) - پهنه‌بندی عنصر کرم در سطح منطقه مورد مطالعه با روش RBF	۵۲
شکل (۴-۲۱) - پهنه‌بندی عنصر مس در سطح منطقه مورد مطالعه با روش RBF	۵۳

شکل (۴-۲۲) - پهنه‌بندی عنصر نیکل در سطح منطقه مورد مطالعه با روش OK.....	۵۴
شکل (۴-۲۳) - پهنه‌بندی عنصر کادمیم در سطح منطقه مورد مطالعه با روش UK.....	۵۵
شکل (۴-۲۴) - محدوده شهرستان‌ها و مراکز صنعتی استان قزوین.....	۵۶
عنوان.....	صفحه
شکل (۴-۲۵) - محدوده شهرستان‌های استان قزوین.....	۵۷
شکل (۴-۲۶) - محدوده اراضی کشاورزی استان قزوین.....	۵۸
شکل (۴-۲۷) - دشت جدا شده از کل استان.....	۶۰
شکل (۴-۲۸) - واریوگرام رونددار عنصر روی.....	۶۲
شکل (۴-۲۹) - واریوگرام رونددار عنصر سرب.....	۶۲
شکل (۴-۳۰) - واریوگرام رونددار عنصر کرم.....	۶۲
شکل (۴-۳۱) - واریوگرام رونددار عنصر نیکل.....	۶۲
شکل (۴-۳۲) - واریوگرام عنصر مس.....	۶۲
شکل (۴-۳۳) - واریوگرام عنصر کادمیم.....	۶۲

فصل اول

کلیات

خاک یکی از منابع اصلی و مهم حیات است. دوام و استمرار بهره‌مندی از این منبع حیاتی به نحوه استفاده بشر از آن بستگی دارد. از این‌رو، شناخت عواملی که در سلامت و کیفیت خاک اختلال ایجاد می‌کنند، ضروری است (Lin et al., 2010; Wu et al., 2008; Zhang and Ke., 2003; Imperato et al., 2006; Hu et al., 2006). آلودگی با فلزات سنگین از عوامل تخریب کیفیت خاک بوده و می‌تواند شاخص مناسبی برای بررسی کیفیت محیط خاک باشد (Yange et al., 2009).

فلزات سنگین به طور طبیعی به صورت ترکیبات شیمیایی مواد مادری در خاک و آب وجود دارند و یا در نتیجه فعالیت‌های انسانی وارد محیط می‌شوند (Calow, 1998). کاربری اراضی، استفاده از علف‌کش‌ها، استفاده از کودها و لجن فاضلاب (Ashworth and Alloway, 2004)، پس‌مانده‌های ناشی از فعالیت‌های صنعتی و سوخت ذغال‌سنگ (Manta et al., 2002)، انتشار از وسایل نقلیه، معدن‌کاوی، گداختن سنگ‌های حاوی مقدار زیادی فلز (Chopin and Alloway, 2007)، از منابع انسانی ورود این عناصر به خاک و آب هستند (Yang et al. 2009; Cheng, 2010).

فلزات سنگین می‌توانند مستقیماً طبیعت ساختار خاک را در معرض خطر قرار دهند و یا به‌طور غیر مستقیم و با تجمع در محصولات و ورود به چرخه غذایی انسان و حیوانات، منجر به صدمه و ایجاد تغییرات در ساختار فیزیولوژی آن‌ها شده و در نهایت تهدیدی برای سلامت انسان باشند (Yang et al., 2009). همچنین استنشاق گرد و خاک موجود در پارک‌ها و باغ‌های عمومی در مناطق شهری آلوده به فلزات بر انسان و به خصوص کودکان اثرات سمی دارد (Manta et al., 2002).

با توجه به اهمیت فلزات در طبیعت، پی بردن به الگوی مکانی آلاینده‌ها برای مدیریت محیط زیست و پیشگویی و ارزیابی کیفیت خاک مهم و اساسی است. ارزیابی کیفیت خاک به نوبه خود در مدیریت اراضی و کنترل آلودگی خاک موثر خواهد بود (Wu et al., 2010; Hu et al., 2006; Lark et al., 2006; Yang et al., 2009).

زمین‌آمار ابزاری مناسب برای بررسی ساختار مکانی، تهیه نقشه‌های تغییرپذیری و توزیع مکانی فلزات سنگین و انجام درون‌یابی مکانی است (Liu et al., 2006; Yang et al., 2009). این روش، نقشه مقادیر یک خصوصیت خاک را با تعمیم خصوصیات نقاط نمونه‌برداری شده تهیه می‌کند (Sun et al., 2006) و برای مطالعه عدم قطعیت مکانی و ارزیابی خطر، روش مناسبی است (Burgos et al., 2006).

۱-۲- اهمیت خاک

از دیدگاه جهانی، پس از آب و هوا، خاک سومین جزء عمده محیط زیست انسانی تلقی می‌شود (بای‌بوردی، ۱۳۷۹). خاک اینترفاز بین هوا^۱، سنگ^۲ و آب^۳ است و اکوسیستمی مهم و قابل توجه که انواع برهم‌کنش‌های بین کانی، هوا، آب و محیط زنده در آن رخ می‌دهد (Cheng *et al.*, 2010). خاک دو نقش اساسی دارد: پایگاهی منحصر به فرد برای رشد گیاه و انواع حیات و همزمان با آن، محلی برای دفع زباله و پساب کارخانه‌ها است (بای‌بوردی، ۱۳۸۵).

۱-۳- آلودگی خاک

هر گونه تغییر در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب، هوا، خاک و مواد غذایی که بر سلامت محیط زیست و فعالیت‌های انسان و سایر جانداران اثر نامطلوب داشته باشد، آلودگی نامیده می‌شود. از دیدگاه بهداشتی، به غلظت‌های بالاتر از حد مجاز و خطر ساز، آلودگی اطلاق می‌شود (خداوردی‌لو، ۱۳۸۵). غلظت خطر ساز یک عنصر، غلظتی است که در بیش از آن، جذب عنصر یا عناصر دیگر مختل شده و یا سلامت انسان و دیگر موجودات در معرض خطر قرار گیرد.

در حالت طبیعی، سیستم خاک توانایی قابل توجهی در مقابله با عوامل خارجی داشته و همواره در جستجوی یک حالت متعادل است. هنگامی که خاک آلوده می‌گردد، این توان مقابله دچار اختلال شده و از حالت طبیعی فراتر می‌رود. به عنوان مثال، اگر به خاک کود فراوان داده شود، خاک توانایی مقابله با این عامل خارجی را نداشته، عمل پالایندگی خاک به هم خورده و آب حاوی کود اضافی به محل دیگری مانند رودخانه منتقل شده و مشکلاتی را برای محیط زیست ایجاد می‌کند (بای‌بوردی، ۱۳۸۵). لذا، پدیده آلودگی خاک فرآیند انتقال و انباشت مواد و به‌ویژه ترکیبات خطرناک در آن بوده (به خصوص مواد شیمیایی) که یا از جای دیگر وارد خاک می‌شوند، یا این‌که غلظت آن‌ها بیش از حد مجاز باشد، به‌گونه‌ای که ممکن است بر انسان و دیگر موجودات زنده اثرات منفی داشته باشند (بای‌بوردی، ۱۳۷۹؛ Amini *et al.*, 2004).

با افزایش ورود فلزات سنگین، خاک به ذخیره بزرگی برای فلزات سمی چون Cr و Zn، Cu، Pb، Ni، Cd تبدیل شده و باعث گردیده که در مواردی کارکرد بخش خاک دچار اختلال شود (Hooda and Alloway, 1998). از این‌رو، آلودگی به فلزات سنگین یکی از مشکلات اساسی جهان است که در دهه اخیر مورد توجه قرار گرفته است (Lado *et al.*, 2008).

۱. Atmosphere.
۲. Litosphere
۳. Hydrosphere

۴-۱- خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک

خصوصیات مختلف خاک بر جذب فلزات در خاک، بسیار موثر است. مطالعات زیادی نشان داده که با افزایش واکنش خاک (pH)، ماده آلی (OM)، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) و مقدار اکسیدهای آهن و منگنز، جذب فلزات در خاک افزایش می‌یابد (Hooda and Alloway, 1998). ذرات خاک نیز نقش بسیار مهمی در تجمع فلزات سنگین دارند، محققان دریافتند در خاک با دانه‌بندی ریزتر غلظت بیشتری از فلزات سنگین وجود دارد (Wu et al., 2008).

۱-۴-۱- واکنش خاک

واکنش خاک (pH) شاخص اسیدی یا باز بودن خاک است که تقریباً در تمام ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و زیستی خاک مؤثر است. واکنش خاک قابلیت استفاده عناصر غذایی و واکنش‌های ریزجانداران در خاک را تنظیم می‌کند (نوربخش و کریمیان، ۱۳۷۶). سرنوشت بسیاری از آلاینده‌های خاک را تعیین نموده، در تجزیه و حرکت احتمالی آن‌ها از خاک به آب‌های زیرزمینی و رودخانه‌ها مؤثر است (شاهویی، ۱۳۸۵).

۱-۴-۲- ماده آلی

ذرات ریز و درشت معدنی و آلی، قسمت جامد خاک را تشکیل می‌دهند. ریشه، ساقه، برگ و بقایای محصول درختان، درختچه‌ها، گیاهان مرتعی، علوفه‌ای و انواع گیاهان زراعی و بقایای حیوانی، منابع مهم مواد آلی هستند. این مواد با ورود به خاک، تحت تأثیر مستقیم فعالیت موجودات زنده و گروه‌های میکروبی قرار گرفته و به مواد هوموسی یا معدنی تغییر می‌یابند. در آب و هوای خشک و نیمه‌خشک مناطق اکولوژیکی و دست‌نخورده خاک‌ها، مواد آلی کم‌تری وجود دارد (الیاس‌آذر، ۱۳۷۹).

۱-۴-۳- ظرفیت تبادل کاتیونی

ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) بیان کمی از مقدار بارهای منفی به ازای واحد مقدار خاک خشک شدن در آون است. به عبارت دیگر، ظرفیت جذب کاتیون‌ها از محلول را نشان می‌دهد و به صورت میلی‌اکی‌والانت بر ۱۰۰ گرم (meq/100g) خاک خشک شده در آون بیان می‌شود (نوربخش و کریمیان، ۱۳۷۶).

۱-۴-۴- شوری

آب در خاک، هادی ضعیفی برای الکتریسیته است، اما با حل شدن نمک در آن، هدایت الکتریکی افزایش می‌یابد. بنابراین هدایت الکتریسیته محلول خاک به طور غیر مستقیم میزان نمک خاک را مشخص