

کد رهگیری ثبت پروپوزال: ۱۰۳۳۷۸۸

کد رهگیری ثبت پایان نامه: ۲۱۰۴۱۴۷

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی کشاورزی گرایش خاکشناسی

عنوان:

بررسی پراکنش مکانی برخی عناصر سنگین در زمین‌های شالیکاری منطقه  
لنجان استان اصفهان

استاد راهنما:

دکتر قاسم رحیمی

اساتید مشاور

دکتر صفر معروفی

دکتر سید فرهاد موسوی

نگارش:

امین چرخ‌آبی

۹ بهمن ۱۳۹۱

کلیه امتیازهای این پایان نامه به دانشگاه بوعلی سینا تعلق دارد. در صورت استفاده از تمام یا بخشی از مطالب این پایان نامه در مجلات، کنفرانسها و یا سخنرانیها، باید نام دانشگاه بوعلی سینا یا استاد راهنمای پایان نامه و نام دانشجو با ذکر مأخذ و ضمن کسب مجوز کتبی از دفتر تحصیلات تکمیلی دانشگاه ثبت شود. در غیر این صورت مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت. درج آدرسهای ذیل در کلیه مقالات خارجی و داخلی مستخرج از تمام یا بخشی از مطالب این پایان نامه در مجلات، کنفرانسها و یا سخنرانیها الزامی می باشد.

....., Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

مقالات خارجی

..... گروه ..... دانشکده ..... دانشگاه بوعلی سینا، همدان.

مقالات داخلی

ای پدر از تو هر چه گویم باز هم کم می آورم  
خورشیدی شدی و از روشنائی ات جان گرفتم و در ناامیدی مانا زم را  
کشیدی و لبریزم کردی از شوق  
اکنون حاصل دستان خسته ات رمز موفقیتم شد  
به خودم تبریک می گویم که تو را دارم و دنیا با همه بزرگیش مثل تو را  
ندارد...

ای مادر، ای شوق زیبای نفس کشیدن

ای روح مهربان، هستی ام

تو رنگ شادی هایم شدی و عمری محسوس را به جان خریدی تا اکنون توانستی طعم خوش

پیروزی را به من بچشانی

## تقدیر و تشکر

حمد و سپاس ایزد منان را که توفیق گام نهادن در مسیر دانش را به من عنایت فرمود و رحمت و سعادتش فرصتی مغتنم آورد تا به اقتضای توان و وسع خویش در مسیر تکامل و تعالی گامی دیگر بردارم. اکنون که با استعانت از الطاف بیکران الهی و مساعدت‌های بسیاری از عزیزانم مراحل انجام این پژوهش به پایان رسیده است بر خود لازم می‌دانم که:

از استاد راهنمای گرانمایه‌ام جناب آقای دکتر قاسم رحیمی، به‌خاطر رهنمودهای ارزنده و بهره‌گیری از علم و تجربه ایشان در کلیه مراحل این پژوهش صمیمانه تشکر کنم.

از اساتید مهربان و با اخلاقم جناب آقای دکتر صفر معروفی و جناب آقای دکتر سید فرهاد موسوی که سهم بسزایی در تکمیل این پژوهش داشته و در طول این پژوهش همواره با برخوردی شایسته تجارب ارزشمند و کارگشای خویش را در اختیار اینجانب قرار دادند، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌نمایم.

از اساتید داور محترم جناب آقای دکتر محسن نائل و سرکار خانم دکتر آزاده صفا دوست که زحمت داوری و قرائت پایان‌نامه را بر عهده داشتند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

در پایان از کلیه همکلاسی‌های عزیزم و تمام دوستانی که به‌نحوی مرا در پیشبرد این پژوهش یاری نمودند به‌خصوص سرکار خانم مهندس رقیه باقری، نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

مقدمه.....	۱
۱- بررسی منابع.....	۷
۱-۱- آلودگی و ماده آلوده کننده.....	۷
۲-۱- آلودگی محیط زیست.....	۷
۳-۱- آلودگی خاک.....	۸
۴-۱- فلزات سنگین.....	۸
۱-۴-۱- کادمیوم.....	۹
۲-۴-۱- سرب.....	۱۲
۳-۴-۱- نیکل.....	۱۵
۴-۴-۱- روی.....	۱۷
۵-۱- فرم‌های مهم عناصر سنگین در خاک.....	۱۸
۶-۱- منابع فلزهای سنگین.....	۱۹
۱-۶-۱- منابع طبیعی فلزات سنگین.....	۱۹
۲-۶-۱- فعالیت‌های انسانی:.....	۱۹
۷-۱- عوامل موثر در آلودگی آب و خاک در جهان و ایران.....	۲۷
۸-۱- منابع آلودگی آب و خاک در اصفهان.....	۲۸
۹-۱- زاینده‌رود.....	۲۸
۱۰-۱- منابع آلوده کننده مشخص رودخانه زاینده‌رود.....	۲۹
۱-۱۰-۱- آلودگی‌های صنعتی مجاور زاینده‌رود.....	۲۹
۲-۱۰-۱- فاضلاب‌های کشاورزی.....	۳۲
۳-۱۰-۱- فاضلاب‌های شهری (آلودگی شهرهای مجاور زاینده‌رود).....	۳۲
۱۱-۱- زیست فراهمی، جذب و تجمع عناصر سنگین در گیاهان.....	۳۴
۱۲-۱- فاکتور انتقال.....	۳۵
۱۳-۱- آلودگی در گیاهان.....	۳۷
۱۴-۱- گیاه برنج.....	۳۷
۱۵-۱- سطح زیر کشت برنج در ایران و جهان.....	۳۷
۱۶-۱- تحقیقاتی در مورد آلودگی برنج.....	۳۸
۱۷-۱- زمین آمار.....	۳۹
۱-۱۷-۱- بررسی تغییرات مکانی به کمک زمین آمار.....	۴۰
۲-۱۷-۱- تشریح تغییرپذیری در چارچوب واریانس.....	۴۰
۳-۱۷-۱- آنالیز همبستگی مکانی و فرمول محاسبه واریوگرام.....	۴۱
۴-۱۷-۱- مدل‌های تئوری تغییرنا.....	۴۳
۵-۱۷-۱- روش و معیار ارزیابی.....	۴۵
۶-۱۷-۱- همسانگردی و ناهمسانگردی.....	۴۶
۷-۱۷-۱- کریجینگ.....	۴۶
۱۸-۱- کاربرد زمین آمار در زمینه مسائل خاکشناسی.....	۴۷

۴۸	۱-۱۹- سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS).....
۵۳	۲- مواد و روش‌ها.....
۵۳	۲-۱- معرفی اجمالی استان اصفهان.....
۵۳	۲-۱-۱- موقعیت جغرافیایی استان.....
۵۳	۲-۱-۲- فعالیت‌های صنعتی استان.....
۵۳	۲-۱-۳- وضعیت کشاورزی استان.....
۵۳	۲-۱-۴- مشخصات منطقه مورد مطالعه.....
۵۵	۲-۱-۵- نمونه برداری.....
۵۸	۲-۱-۶- تجزیه‌های آزمایشگاهی.....
۵۹	۲-۱-۷- روش‌های تحلیل آماری.....
۶۰	۲-۱-۸- تحلیل‌های زمین‌آماری.....
۶۰	۲-۱-۹- محاسبه فاکتور انتقال.....
۶۳	۳- نتایج و بحث.....
۶۳	۳-۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک.....
۶۵	۳-۲- همبستگی بین متغیرهای مورد مطالعه.....
۶۷	۳-۳- مراحل انجام مطالعات زمین‌آمار.....
۶۷	۳-۴- بررسی غلظت عناصر سنگین به تفکیک منطقه با کمک زمین‌آمار و مقایسه با استانداردها.....
۶۸	۳-۴-۱- غلظت کادمیوم کل در منطقه مورد مطالعه.....
۷۳	۳-۴-۲- غلظت کادمیوم فراهم در منطقه مورد مطالعه.....
۷۵	۳-۴-۳- غلظت سرب کل در منطقه مورد مطالعه.....
۷۹	۳-۴-۴- غلظت سرب فراهم در منطقه مورد مطالعه.....
۸۱	۳-۴-۵- غلظت نیکل کل در منطقه مورد مطالعه.....
۸۴	۳-۴-۶- غلظت نیکل فراهم در منطقه مورد مطالعه.....
۸۶	۳-۴-۷- غلظت روی کل در منطقه مورد مطالعه.....
۸۷	۳-۴-۸- غلظت روی فراهم در منطقه مورد مطالعه.....
۹۰	۳-۵- ساختار مکانی فلزات سنگین.....
۹۰	۳-۵-۱- همسانگردی و ناهمسانگردی.....
۹۴	۳-۶- کنترل اعتبار واریوگرام.....
۹۵	۳-۷- نقشه‌های پراکنش مکانی فلزات سنگین.....
۹۵	۳-۷-۱- کادمیوم کل.....
۹۷	۳-۷-۲- کادمیوم قابل جذب.....
۹۸	۳-۷-۳- سرب کل.....
۱۰۰	۳-۷-۴- سرب قابل جذب.....
۱۰۱	۳-۷-۵- نیکل کل.....
۱۰۲	۳-۷-۶- نیکل قابل جذب.....



۱۰۴.....	۷-۷-۳- روی کل
۱۰۵.....	۸-۷-۳- روی قابل جذب
۱۰۶.....	۸-۳- غلظت فلزات سنگین در آب‌های موجود در منطقه مطالعاتی
۱۰۹.....	۹-۳- غلظت فلزات سنگین در گیاه برنج
۱۰۹.....	۱-۹-۳- کادمیوم در برنج
۱۱۳.....	۲-۹-۳- سرب در برنج
۱۱۵.....	۳-۹-۳- نیکل در برنج
۱۱۶.....	۴-۹-۳- روی در برنج
۱۱۸.....	۱۰-۳- فاکتور انتقال فلزات در اندام‌های مختلف برنج به تفکیک منطقه
۱۲۱.....	۱۱-۳- همبستگی فلزات خاک با فلزات تجمع یافته در اندام‌های مختلف برنج
۱۲۳.....	نتیجه‌گیری کلی
۱۲۵.....	پیشنهادات
۱۲۹.....	منابع

- جدول ۱-۱- غلظت سرب (میلی گرم بر کیلوگرم) در برخی از کودها ..... ۱۴
- جدول ۲-۱- مقادیر فلزات (میلی گرم بر کیلوگرم) یافت شده در اطراف برخی کارخانه‌های صنعتی و ذوب فلزات ..... ۲۲
- جدول ۳-۱- غلظت‌های فلزات سنگین (میلی گرم بر لیتر) در واحدهای مختلف کارخانه ذوب آهن اصفهان ..... ۲۲
- جدول ۴-۱- استانداردهای فاضلاب و پساب صنعتی (میلی گرم بر لیتر) برای تخلیه در منابع آب ..... ۲۳
- جدول ۵-۱- مقادیر متوسط غلظت‌های فلزات سنگین (میلی گرم بر کیلوگرم) در مناطق معدن کاری مختلف در جهان ... ۲۴
- جدول ۶-۱- غلظت فلزات اضافه شده به خاکها در اثر فرونشست جوی در جنوب نروژ..... ۲۵
- جدول ۷-۱- حدود غلظت فلزات سنگین (میلی گرم بر کیلوگرم) در لجن فاضلاب برخی از کشورها ..... ۲۶
- جدول ۸-۱- متوسط سالیانه غلظت فلزات (میلی گرم بر لیتر) در آب زاینده‌رود و زهکش‌های تخلیه شونده به آن ..... ۳۰
- جدول ۹-۱- برخی پارامترها در پساب نمونه برداری شده از کارخانه رنگرزی..... ۳۱
- جدول ۱۰-۱- فاضلاب صنعتی صنایع مجاور زاینده‌رود ..... ۳۱
- جدول ۱۱-۱- مقادیر استاندارد فلزات سنگین (میلی گرم بر کیلوگرم) خاک در کشورهای مختلف ..... ۳۴
- جدول ۱۲-۱- حد معمول و آستانه سمیت (میلی گرم بر کیلوگرم) فلزات سنگین در گیاهان مختلف ..... ۳۵
- جدول ۱-۳- خلاصه‌ای از وضعیت آماری برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکها در منطقه مورد مطالعه ..... ۶۳
- جدول ۲-۳- ضریب همبستگی بین عناصر سنگین کل و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ..... ۶۶
- جدول ۴-۳- ضریب همبستگی بین عناصر سنگین فراهم و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ..... ۶۷
- جدول ۵-۳- کلاس‌های آلودگی خاک به فلزات سنگین در اثر فعالیت‌های انسانی (میلی گرم بر کیلوگرم)..... ۶۸
- جدول ۶-۳- توصیف آماری کادمیوم کل و فراهم (میلی گرم بر کیلوگرم)..... ۶۹
- جدول ۷-۳- میانگین ورود، خروج و انباشت کادمیوم از طرق مختلف در اصفهان..... ۷۰
- جدول ۹-۳- توصیف آماری سرب کل و فراهم (میلی گرم بر کیلوگرم)..... ۷۶
- جدول ۱۰-۳- میانگین ورود، خروج و انباشت سرب از طرق مختلف در اصفهان ..... ۷۷
- جدول ۱۱-۳- توصیف آماری نیکل کل و فراهم (میلی گرم بر کیلوگرم)..... ۸۲
- جدول ۱۲-۳- توصیف آماری روی کل و فراهم (میلی گرم بر کیلوگرم)..... ۸۸
- جدول ۱۳-۳- مشخصات مدل‌های تغییرنمای کادمیوم فراهم در منطقه مورد مطالعه ..... ۹۱
- جدول ۱۴-۳- مشخصات مدل‌های تغییرنمای سرب فراهم در منطقه مورد مطالعه ..... ۹۲
- جدول ۱۵-۳- مشخصات مدل‌های تغییرنمای همه جهت برای عناصر سنگین مورد مطالعه ..... ۹۳
- جدول ۱۶-۳- مقایسه تخمین‌های حاصل از کریجینگ معمولی و بلوکی برای کادمیوم کل با داده‌های واقعی ..... ۹۶
- جدول ۱۷-۳- مقایسه تخمین‌های حاصل از کریجینگ معمولی و بلوکی برای کادمیوم فراهم با داده‌های واقعی ..... ۹۸
- جدول ۱۸-۳- مقایسه تخمین‌های حاصل از کریجینگ معمولی و بلوکی برای سرب کل با داده‌های واقعی ..... ۹۹
- جدول ۱۹-۳- مقایسه تخمین‌های حاصل از کریجینگ معمولی و بلوکی برای سرب فراهم با داده‌های واقعی ..... ۱۰۱
- جدول ۲۰-۳- مقایسه تخمین‌های حاصل از کریجینگ معمولی و بلوکی برای نیکل کل با داده‌های واقعی ..... ۱۰۲
- جدول ۲۱-۳- مقایسه تخمین‌های حاصل از کریجینگ معمولی و بلوکی برای نیکل قابل جذب با داده‌های واقعی ..... ۱۰۳
- جدول ۲۲-۳- مقایسه تخمین‌های حاصل از کریجینگ معمولی و بلوکی برای روی کل با داده‌های واقعی ..... ۱۰۵
- جدول ۲۳-۳- مقایسه تخمین‌های حاصل از کریجینگ معمولی و بلوکی برای روی قابل جذب با داده‌های واقعی ..... ۱۰۶
- جدول ۲۴-۳- ویژگی‌های شیمیایی و غلظت فلزات (میلی گرم بر لیتر) نمونه‌های آب در منطقه مورد مطالعه..... ۱۰۷
- جدول ۲۵-۳- استاندارد و حد بحرانی فلزات سنگین در آب‌ها (میلی گرم بر لیتر)..... ۱۰۷
- جدول ۲۶-۳- میانگین غلظت فلزات سنگین در قسمت‌های مختلف برنج در منطقه مطالعاتی..... ۱۱۰
- جدول ۲۷-۳- مقادیر کادمیوم در برنج (نانوگرم بر گرم)، گزارش شده در مناطق مختلف..... ۱۱۲
- جدول ۲۸-۳- ضرایب همبستگی بین فلزات در خاک و اندام‌های مختلف برنج ..... ۱۲۱

شکل ۱-۱- نمای کلی از یک واریوگرام و پارامترهای آن.....	۴۲
شکل ۱-۲- مناطق سیلابی در استان اصفهان و موقعیت نقاط نمونه‌برداری در این مناطق.....	۵۴
شکل ۲-۳- موقعیت منطقه و نقاط خاک نمونه‌برداری شده.....	۵۶
شکل ۲-۴- موقعیت منطقه و نقاط نمونه‌برداری شده.....	۵۷
شکل ۱-۳- نمودار جعبه‌ای کادمیوم کل در منطقه مورد مطالعه.....	۷۰
شکل ۲-۳- نمودار توزیع فراوانی کادمیوم کل در منطقه مورد مطالعه.....	۷۲
شکل ۳-۳- نمودار توزیع فراوانی کادمیوم کل نرمال شده در منطقه مورد مطالعه.....	۷۲
شکل ۴-۳- نمودار جعبه‌ای کادمیوم فراهم در منطقه مورد مطالعه.....	۷۳
شکل ۵-۳- نمودار توزیع فراوانی کادمیوم فراهم در منطقه مورد مطالعه.....	۷۴
شکل ۶-۳- نمودار توزیع فراوانی کادمیوم فراهم نرمال شده در منطقه مورد مطالعه.....	۷۵
شکل ۷-۳- نمودار جعبه‌ای سرب کل در منطقه مورد مطالعه.....	۷۷
شکل ۸-۳- نمودار توزیع فراوانی سرب کل در منطقه مورد مطالعه.....	۷۸
شکل ۹-۳- نمودار توزیع فراوانی سرب کل نرمال شده در منطقه مورد مطالعه.....	۷۸
شکل ۱۰-۳- نمودار جعبه‌ای سرب فراهم در منطقه مورد مطالعه.....	۷۹
شکل ۱۱-۳- نمودار توزیع فراوانی سرب فراهم در منطقه مورد مطالعه.....	۸۰
شکل ۱۲-۳- نمودار توزیع فراوانی سرب فراهم نرمال شده در منطقه مورد مطالعه.....	۸۰
شکل ۱۳-۳- نمودار جعبه‌ای نیکل کل در منطقه مورد مطالعه.....	۸۳
شکل ۱۴-۳- نمودار توزیع فراوانی نیکل کل در منطقه مورد مطالعه.....	۸۳
شکل ۱۵-۳- نمودار توزیع فراوانی نیکل کل نرمال شده در منطقه مورد مطالعه.....	۸۳
شکل ۱۶-۳- گلباد منطقه مطالعاتی (آمار ۲۵ ساله سازمان هواشناسی استان اصفهان).....	۸۴
شکل ۱۷-۳- نمودار جعبه‌ای نیکل فراهم در منطقه مورد مطالعه.....	۸۵
شکل ۱۸-۳- نمودار توزیع فراوانی نیکل فراهم در منطقه مورد مطالعه.....	۸۵
شکل ۱۹-۳- نمودار توزیع فراوانی نیکل فراهم نرمال شده در منطقه مورد مطالعه.....	۸۵
شکل ۲۰-۳- نمودار جعبه‌ای روی کل در منطقه مورد مطالعه.....	۸۶
شکل ۲۱-۳- نمودار توزیع فراوانی روی کل در منطقه مورد مطالعه.....	۸۷
شکل ۲۲-۳- نمودار توزیع فراوانی روی کل نرمال شده در منطقه مورد مطالعه.....	۸۷
شکل ۲۳-۳- نمودار جعبه‌ای روی فراهم در منطقه مورد مطالعه.....	۸۹
شکل ۲۴-۳- نمودار توزیع فراوانی روی فراهم در منطقه مورد مطالعه.....	۸۹
شکل ۲۵-۳- نمودار توزیع فراوانی روی فراهم نرمال شده در منطقه مورد مطالعه.....	۹۰
شکل ۲۶-۳- تغییرنمای امتدادی کادمیوم قابل جذب برای امتدادهای مختلف (۰، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه).....	۹۱
شکل ۲۷-۳- تغییرنمای امتدادی سرب قابل جذب برای امتدادهای مختلف (۰، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه).....	۹۲
شکل ۲۸-۳- تغییرنمای همه‌جهته نیکل کل و نیکل فراهم.....	۹۴
شکل ۲۹-۳- تغییرنمای همه‌جهته کادمیوم کل و سرب کل.....	۹۴
شکل ۳۰-۳- تغییرنمای همه‌جهته روی کل و روی فراهم.....	۹۴
شکل ۳۱-۳- پراکنش کادمیوم کل با استفاده از کریجینگ معمولی و کریجینگ بلوکی.....	۹۶
شکل ۳۲-۳- پراکنش کادمیوم فراهم با استفاده از کریجینگ معمولی و کریجینگ بلوکی.....	۹۷
شکل ۳۳-۳- پراکنش سرب کل با استفاده از کریجینگ معمولی و کریجینگ بلوکی.....	۹۹
شکل ۳۴-۳- پراکنش سرب فراهم با استفاده از کریجینگ معمولی.....	۱۰۰

- شکل ۳-۳۵- پراکنش نیکل کل با استفاده از کریجینگ معمولی و کریجینگ بلوکی ..... ۱۰۲
- شکل ۳-۳۶- پراکنش نیکل فراهم با استفاده از کریجینگ معمولی و کریجینگ بلوکی ..... ۱۰۳
- شکل ۳-۳۷- پراکنش روی کل با استفاده از کریجینگ معمولی و کریجینگ بلوکی ..... ۱۰۴
- شکل ۳-۳۸- پراکنش روی فراهم با استفاده از کریجینگ معمولی و کریجینگ بلوکی ..... ۱۰۵
- شکل ۳-۳۹- میانگین فلزات در ایستگاههای زرین شهر و مقایسه آن با استانداردها ..... ۱۰۸
- شکل ۳-۴۰- فاکتور انتقال فلزات از خاک به ریشه‌های برنج ..... ۱۱۹
- شکل ۳-۴۱- فاکتور انتقال فلزات از ریشه به ساقه‌های برنج ..... ۱۲۰
- شکل ۳-۴۲- فاکتور انتقال فلزات از ریشه به دانه‌های برنج ..... ۱۲۰



دانشگاه بوعلی سینا  
مشخصات رساله/پایان نامه تحصیلی

عنوان: بررسی پراکنش مکانی برخی عناصر سنگین در زمین‌های شالیکاری منطقه لنجان استان اصفهان		
نام نویسنده: امین چرخ‌آبی		
نام استاد راهنما: دکتر قاسم رحیمی		
نام اساتید مشاور: دکتر صفر معروفی، دکتر سید فرهاد موسوی		
گروه آموزشی: خاکشناسی		دانشکده: کشاورزی
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	گرایش تحصیلی: شیمی و حاصلخیزی خاک	رشته تحصیلی: مهندسی کشاورزی
تعداد صفحات: ۱۴۷	تاریخ دفاع: ۱۳۹۱/۱۱/۹	تاریخ تصویب پروپوزال: ۱۳۸۹/۱۰/۲۲
چکیده:		
<p>در سال‌های اخیر، تمرکز فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی و شهرنشینی باعث آلودگی و تجمع فلزات سنگین در خاک و گیاهان شده است که به صورت مستقیم یا غیر مستقیم بر زندگی انسان‌ها و حیوانات اثر می‌گذارد. با توجه به اهمیت استان اصفهان از نظر فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی، این تحقیق با هدف ارزیابی تغییرات مکانی فلزات سنگین (کادمیوم، سرب، نیکل و روی) در خاک‌های شالیزاری منطقه لنجان و تهیه نقشه آلودگی این عناصر در خاک‌های این منطقه انجام گرفت. بدین منظور، تعداد ۹۰ نمونه خاک سطحی (۲۰-۰ سانتی‌متر) جمع‌آوری گردید. همچنین از آنجایی که برنج در رژیم غذایی ساکنین محلی و دام‌های آن‌ها نقش مهمی دارد و از طرفی اطلاعات دقیقی در خصوص غلظت فلزات سنگین در برنج کشت شده در این منطقه در دست نیست، بدین منظور ۴۱ نمونه گیاه برنج نیز از منطقه مورد مطالعه برداشت شد. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مانند pH، هدایت الکتریکی، کربنات کلسیم معادل، بافت خاک، ماده آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی در نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. نمونه‌های برنج نیز به سه قسمت ریشه، ساقه و دانه تفکیک گردید و در نهایت مقدار فلزات در نمونه‌های خاک و برنج با استفاده از دستگاه جذب اتمی تعیین گردید. تخمین مکانی داده‌ها از طریق ترسیم و محاسبه وارپوگرام و روش‌های درون‌یابی کریجینگ معمولی و بلوکی به کمک نرم‌افزارهای مکانی ArcGIS 9.3 و GS+ انجام گردید. بررسی تحلیل‌های زمین‌آماري نشان داد که برای کادمیوم، سرب، نیکل و روی فراهم و نیکل کل، مدل کروی و برای کادمیوم، روی و سرب کل، مدل نمایی بهترین مدل برازش داده شده بود. غلظت فلزات اندازه‌گیری شده در خاک نشان داد که بر اساس حد استاندارد آلودگی، تمام فلزات نزدیک به مرز آلودگی بودند و در این میان کادمیوم بیشترین میزان آلودگی را در منطقه دارا بود. همچنین میانگین غلظت فلزات کادمیوم، سرب، روی و نیکل در دانه‌های برنج به ترتیب ۱/۲۷، ۱۲/۳۲، ۱۹/۳۹ و ۱/۰۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در ساقه‌ها به ترتیب ۱/۰۷، ۱۷/۲۲، ۱۳/۷۵ و ۱/۷۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک گیاه بود. بطور کلی میزان کادمیوم و سرب در ساقه و دانه‌های برنج بسیار بالاتر از استاندارد FAO/WHO بود که برای انسان و دام‌های مصرف‌کننده خطر آفرین خواهد بود و شرایط بحرانی دارد. بر اساس نقشه‌های پراکنش فلزات، علاوه بر خصوصیات خاک، عواملی مانند جهت باد غالب، ورود فاضلاب‌های صنعتی و شهری و مصرف غیراصولی کودها در غلظت فلزات مورد مطالعه تاثیرگذار است. یافته‌های تحقیق حاضر می‌تواند در خصوص لزوم توجه بیشتر به مسئله آلودگی در منطقه با تاکید بر مدیریت اصولی به تصمیم‌گیران کمک نماید.</p>		
واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، زمین‌آمار، GIS، کریجینگ، برنج، لنجان		



مقدمه





## مقدمه

فعالیت‌های روز افزون انسان بر روی کره زمین، عملکرد بخش خاک به عنوان جزئی فراگیر از پوسته زمین را دچار اختلال کرده است (افیونی و همکاران، ۱۳۸۲). در حالت طبیعی، سیستم خاک توانایی قابل توجهی در مقابله با عوامل خارجی داشته و همواره در جستجوی یک حالت تعادل است. در نتیجه، خاک هنگامی آلوده می‌گردد که این توان مقابله و درگیری دچار اختلال شده و یا از هنجار طبیعی فراتر رود (بای بوردی، ۱۳۷۹). آلودگی خاک توسط آلاینده‌ها بخصوص خاک‌های کشاورزی در اکثر نقاط جهان باعث ایجاد نگرانی دانشمندان گردیده است (بوخیر<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). زیرا خارج شدن خاک از روند طبیعی آن باعث ایجاد تغییر در ویژگی‌های اجزای سازنده محیط زیست و بالطبع تغییر در کاربرد آن شده و منافع و حیات موجودات زنده را به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم به خطر می‌اندازد (بای بوردی، ۱۳۷۹).

در میان آلاینده‌های گوناگون محیط زیست، عناصر سنگین دارای اهمیت ویژه‌ای هستند (مک‌گراف<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۴؛ وو و ژانگ<sup>۳</sup>، ۲۰۱۰). عناصر سنگین دسته‌ای از فلزات هستند که دارای جرم اتمی بیشتر از ۵۵/۸ گرم بر مول بوده (رودریگز<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۶) و زمانی که غلظت آن‌ها از حد معینی که برای هر عنصر متفاوت است تجاوز کند، خاصیت سمی دارند (وانگ<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۶). یون‌های فلزات سنگین زمانی که در سطوح بالایی در محیط هستند، بوسیله ریشه گیاهان جذب و به اندام‌های هوایی منتقل می‌شوند که این امر موجب اختلال در متابولیسم و رشد گیاه می‌گردد. علاوه بر این وجود مقادیر بالای فلزات سنگین در خاک، فعالیت‌های زیستی و حاصلخیزی خاک را کاهش داده و در نتیجه باعث کاهش عملکرد، افت کیفیت محصولات و افزایش غلظت آن‌ها در تولیدات گیاهی می‌شوند که برای سلامتی انسان یا دام، خطرناک است (لی<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۰).

در اکوسیستم‌های کشاورزی، عناصر سنگین می‌توانند از طریق کاربرد کودهای دامی و معدنی، لجن فاضلاب (نیکلسون<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۰۳) یا فرونشست جوی ناشی از نزدیکی آن‌ها به کارخانجات صنعتی و نیز مجاورت با آب‌های سطحی که ممکن است حاوی مقادیر زیادی از فلزات سنگین باشند خاک را آلوده نمایند (رودریگز و همکاران، ۲۰۰۶). در ایران هر ساله کارخانجات و واحدهای صنعتی و مراکز شهری با ورود فاضلاب‌های خود به محیط، منجر به

<sup>1</sup> BouKheir

<sup>2</sup> McGraph

<sup>3</sup> Wu and Zhang

<sup>4</sup> Rodriguez

<sup>5</sup> Wong

<sup>6</sup> Li

<sup>7</sup> Nicholson

آلودگی زمین‌های کشاورزی از طریق وارد شدن منابع بزرگ آب‌های آلوده و استفاده از سموم و کود شیمیایی به‌منظور باروری محصول که حاوی فلزات سنگین هستند، می‌شوند. استفاده از این آب‌های آلوده در مزارع برنج منجر به افزایش فلزات سنگین در دانه‌های برنج شده و در اثر مصرف برنج منجر به تجمع آن‌ها در بدن انسان و حیوانات شده که در طولانی مدت منجر به نارسایی‌هایی در بافتها و ارگان‌های بدن می‌شوند. بنابراین آگاهی در مورد آلاینده‌های خاک و توجه بیشتر به راهکارهای مناسب جهت کاهش آن‌ها ضرورتی انکارناپذیر است (بختیاریان<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۱).

بررسی‌ها نشان داده که وضعیت خاک از لحاظ مواد مغذی اصلی و همچنین مقادیر مواد آلی و رس در داخل یک شالیزار با مقیاس کوچک دارای تغییرات مکانی می‌باشد (ایشاه<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). بنابراین مطالعه پراکنش مکانی فلزات سنگین در نمونه‌های خاک، از نقطه نظر تشخیص مناطقی که دارای نقاط حساس هستند و همچنین ارزیابی پتانسیل منابع آلاینده دارای اهمیت می‌باشند. کاربرد تکنیک زمین‌آمار در علوم خاک با تاکید بر توصیف‌های کمی تنوع مکانی ویژگی‌های خاک، موجب بهبود دقت تخمین ویژگی‌های خاک برای درون‌یابی داده‌ها و نقشه‌سازی می‌گردد (وبستر<sup>۳</sup>، ۱۹۸۵). همچنین پراکنش مکانی آلودگی فلزات سنگین می‌تواند بر اساس تکنولوژی سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مطالعه و بررسی گردد. نقشه‌های ژئوشیمیایی تولید شده توسط GIS قادر است تمام اطلاعات را در یک فضای جغرافیایی به تصویر بکشد. بنابراین GIS یک ابزار مفید برای شبیه‌سازی و ارائه طرح‌های آینده به‌منظور تدوین و فرموله کردن مناسب ورودی‌ها و خروجی‌ها می‌باشد (مورتون برما<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۰).

با توجه به اینکه تولید برنج در استان اصفهان در سطح وسیع صورت می‌گیرد و از طرفی با ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی به منابع آبیاری این زمین‌ها، ورود احتمالی و تجمع عناصر سنگین در خاک می‌تواند به‌طور مستقیم عملکرد طبیعی خاک را به مخاطره بیاندازد و یا از طریق قرار گرفتن در زنجیره غذایی سلامتی انسان‌ها را تهدید نماید. از طرفی با توجه به گسترش سریع صنعتی‌شدن و شهرسازی، آلودگی این مناطق روندی رو به توسعه دارد و می‌تواند کیفیت محصولات را به شدت تحت تأثیر قرار دهد و مشکلاتی را برای مصرف‌کنندگان بوجود آورد. لذا ضروری است وضعیت آلودگی به‌منظور سیاست‌گذاری برای کشاورزی در این منطقه نسبت به مطالعات انجام شده پیشین، با دقت بیشتری انجام پذیرد.

بنابراین این پژوهش با در نظر گرفتن اهداف: بررسی پراکنش کادمیوم، سرب، نیکل و روی در

<sup>1</sup> Bakhtiarian

<sup>2</sup> Aishah

<sup>3</sup> Webster

<sup>4</sup> Morton-Bermea

---

خاک‌های شالیزاری منطقه لنجان استان اصفهان با استفاده از تکنیک‌های زمین‌آمار و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و نیز شناسائی مناطق آلوده در مقایسه با استانداردهای جهانی انجام و در بخش مطالعات گیاهی نیز به بررسی وضعیت فلزات سنگین در اندام‌های مختلف برنج کشت شده در منطقه پرداخته شد.

