





دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

گروه آب و خاک

ارزیابی تغییرات مکانی پتاسیم خاک به کمک روش زمین آمار در منطقه خارتوران استان سمنان

صالح صبوری

استاد راهنما

دکتر علی عباسپور

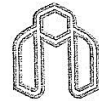
اساتید مشاور

مهندس علی اصغر نادری

دکتر عباس روحانی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

شهریور ۱۳۹۲



دانشگاه گیلان

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

باسمه تعالی

شماره:

تاریخ:

ویرایش:

فرم صورت جلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) نتیجه ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای صالح صابوری رشته مهندسی کشاورزی گرایش علوم خاک تحت عنوان: "ارزیابی تغییرات مکانی پتاسیم خاک به کمک روشهای زمین آمار در منطقه خارتوران استان سمنان" که در تاریخ ۱۳۹۲/۴/۱۸ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه: <input type="checkbox"/> امتیاز خوب)	<input type="checkbox"/> دفاع مجدد	<input type="checkbox"/> مردود
---	------------------------------------	--------------------------------

۱- عالی (۲۰-۱۹)

۲- بسیار خوب (۱۸-۱۸/۹۹)

۳- خوب (۱۶-۱۷/۹۹)

۴- قابل قبول (۱۴-۱۵/۹۹)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

امضاء	مرتبه علمی	نام و نام خانوادگی	عضو هیأت داوران
	استادیار	علی عباسپور	۱- استادراهنما
	استادیار دانشور	دکتر عباس روحانی مهندس علی اصغر نادری	۲- استاد مشاور
	استادیار	خلیل اژدری	۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی
	استادیار	دکتر شاهین شاهسونی	۴- استاد ممتحن
	استادیار	دکتر صمد افامقلی زاده	۵- استاد ممتحن

رئیس دانشکده:

تقدیم به آنکه جهان در انتظار اوست

تقدیم به پدر و مادرم مهربانم

تقدیم به همسرفداکار و مشوق، همیشگی ام

سپاس بیکران از خداوند متعال که توفیق انجام این تحقیق را به بنده حقیر اعطا نمود

سپاس و تقدیر از اساتید ارجمند که راهنمایی‌های ایشان حکم بزرگی در به پایان رساندن این تحقیق بود

سپاس فراوان از مهندسین جهاد کشاورزی بوئیره مهندس صادقی که تمام امکانات مورد نیاز را در اختیارم قرار دادند

سپاس فراوان از دوستانی که من را در انجام این تحقیق یاری دادند

تعهد نامه

اینجانب صالح صبوری دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه ارزیابی تغییرات مکانی پتاسیم خاک به کمک روش زمین آمار در منطقه خارتوران استان سمنان تحت راهنمایی دکتر علی عباسپور 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 دانشجوی ۹۲۱
صالح صبوری

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.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

چکیده

در علوم همچون خاکشناسی، اکولوژی، زمین شناسی و غیره که در آنها مقدار اندازه گیری شده یک کمیت در یک محدوده‌ی معین پردازش می‌شود، تخمین مقادیر متغیرها در مکان و زمان خاص با استفاده از داده‌های موجود از همان متغیر و یا بکار بردن اطلاعات متغیرهای دیگر معمول می‌باشد. با توجه به ماهیت اندازه‌گیری‌های ناحیه‌ای، ناهمگونی و همبستگی مکانی و زمانی آنها، عدم قطعیت، مشکلات جمع آوری داده‌ها، اندازه‌گیری متغیرهای مختلف در یک مکان و زمان مشخص و محدود بودن داده‌ها روشهای مختلف درون‌یابی مانند کریجینگ و کوکریجینگ و غیره به عنوان یک ضرورت توسعه یافته‌اند. در این پژوهش به منظور دستیابی به اطلاعات دقیق‌تر و جامع‌تر در راستای توسعه‌ی کشاورزی، منطقه خارتوران استان سمنان که دارای بخش‌های کشاورزی وسیع، روستاهای متعدد و چاه‌های آب کشاورزی عمیق و نیمه عمیق می‌باشد، انتخاب گردید تا با استفاده از نمونه برداری‌ها و انجام آزمایش‌ها، نقشه‌ی حاصلخیزی خاک منطقه رسم گردد. در این راستا منطقه بر اساس موقعیت جغرافیایی زمین‌های کشاورزی تقسیم بندی شد و ۲۰۰ نمونه به صورت زیگزاگی از زمین‌های کشاورزی و مناطق بکر در دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی متری خاک برداشته شد. نمونه‌ها در آزمایشگاه برای کمیت‌های شوری، pH، آهک و پتاسیم قابل جذب خاک مورد ارزیابی قرار گرفتند و سپس داده‌ها در محیط نرم افزار ARC GIS 9.3 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و تمام مدل‌های درون‌یابی شامل کریجینگ، توابع پایه شعاعی، معکوس فاصله و چند جمله‌ای موضعی برای ارزیابی بهترین مدل درون‌یابی برازش شدند. برای پارامتر شوری در خاک سطحی و خاک عمقی به ترتیب مدل توابع پایه شعاعی (نواری باریک کامل) و کریجینگ (معمولی)، برای پارامتر آهک در خاک سطحی و خاک عمقی به ترتیب مدل توابع پایه شعاعی (نواری همراه با کشش) و توابع پایه شعاعی (چندربعی معکوس)، برای پارامتر pH در خاک سطحی و خاک عمقی به ترتیب مدل کریجینگ (جداکننده) و توابع پایه شعاعی (نواری همراه با کشش) و برای پارامتر پتاسیم در خاک سطحی و خاک عمقی به ترتیب مدل توابع پایه شعاعی (چند ربعی معکوس) و کریجینگ (ساده) به عنوان بهترین مدل‌ها برای درون‌یابی پارامترهای ذکر شده، انتخاب گردید. با توجه به نتایج در شمال و جنوب منطقه شوری

بالایی در خاک دیده می‌شود که این شوری بیشتر در مناطق کشاورزی است، همچنین در عمق ۳۰-۶۰ سانتیمتری خاک شوری بسیار پایین‌تر از سطح خاک است البته در شمال نقشه شوری بالایی در عمق ۶۰-۳۰ سانتی متری مشاهده می‌گردد. آهاک خاک در اکثر مناطق کشاورزی در عمق ۳۰-۶۰ سانتیمتری غیر از یک منطقه در جنوب نقشه کمتر نسبت به مناطق بکر است و در عمق ۳۰-۶۰ سانتیمتری الگوی خاصی بین مناطق کشاورزی و بکر مشاهده نمی‌گردد. pH خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتیمتری خاک در اکثر مناطق یکسان و تفاوتی بین مناطق بکر و کشاورزی مشاهده نمی‌گردد و در عمق ۳۰-۶۰ سانتیمتری خاک در مناطق کشاورزی pH بالاتری نسبت به مناطق بکر مشاهده می‌گردد. پتاسیم خاک در اکثر مناطق بسیار زیاد و تفاوتی بین مناطق بکر و کشاورزی دیده نمی‌شود فقط در عمق ۳۰-۶۰ سانتیمتری در برخی مناطق کشاورزی مقادیر پتاسیم کم می‌باشد.

مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- تهیه نقشه پتاسیم، شوری و pH خاک منطقه خارتوران استان سمنان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. دومین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، دانشگاه تهران، خرداد ۱۳۹۲.

فهرست مطالب

صفحه	فصل اول : مقدمه
۲	۱-۱- مقدمه.....
۵	فصل دوم: کلیات و مرور منابع.....
۶	۱-۲- سیستم اطلاعات جغرافیایی.....
۶	۱-۱-۲- زمین آمار.....
۸	۲-۱-۲- نرم افزارها و GIS.....
۹	۲-۲- زمین آمار در کشاورزی.....
۹	۱-۲-۲- زمین آمار و کاربرد در برآورد عناصر غذایی در خاک.....
۱۰	۲-۲-۲- زمین آمار و کاربرد در تعیین عوامل محدود کننده‌ی رشد گیاه در خاک.....
۱۳	فصل سوم: مواد و روش‌ها.....
۱۴	۱-۳- زمان و محل انجام آزمایش.....
۱۹	۲-۳- موقعیت منطقه‌ی خارتوران از نظر جغرافیایی.....
۱۹	۳-۳- خصوصیات منطقه‌ی مورد آزمایش.....
۱۹	۴-۳- روش نمونه‌برداری.....
۲۰	۵-۳- روش‌های درون‌یابی.....
۲۰	۱-۵-۳- روش کریجینگ.....

- ۲۱ ۳-۵-۱-۱- کریجینگ معمولی
- ۲۱ ۳-۵-۱-۲- کریجینگ ساده
- ۲۲ ۳-۵-۱-۳- کریجینگ جامع
- ۲۲ ۳-۵-۱-۴- کریجینگ جداکننده
- ۲۲ ۳-۵-۲- روش معکوس فاصله
- ۲۳ ۳-۵-۳- روش همسایگی طبیعی
- ۲۳ ۳-۵-۴- روش حداقل انحنای
- ۲۴ ۳-۵-۵- چند جمله‌ای موضعی
- ۲۴ ۳-۵-۶- روش توابع پایه شعاعی
- ۲۵ ۳-۶- معیار ارزیابی
- ۲۶ فصل چهارم: نتایج و بحث
- ۲۷ ۴-۱- مشخصات آماری داده‌های اندازه‌گیری شده
- ۲۸ ۴-۲- آنالیز پارامترهای خاک
- ۲۸ ۴-۲-۱- شوری خاک
- ۳۸ ۴-۲-۱-۱- مقایسه میانگین مقادیر هدایت الکتریکی در اعماق مختلف
- ۳۹ ۴-۲-۲- آهک و اسیدیته خاک
- ۴۸ ۴-۲-۲-۱- مقایسه میانگین مقادیر آهک در اعماق مختلف
- ۵۶ ۴-۲-۲-۲- مقایسه میانگین مقادیر pH در اعماق مختلف

۵۸	..... ۳-۲-۴- پتاسیم قابل جذب
۶۵	..... ۱-۳-۲-۴- مقایسه میانگین مقادیر پتاسیم در اعماق مختلف
۶۶	..... ۳-۴- بررسی همبستگی بین داده‌های اندازه‌گیری شده
۶۶	..... ۴-۴- جمع بندی نتایج
۶۶	..... ۵-۴- توصیه‌ها و پیشنهادات
۶۷	..... منابع مورد استفاده

فهرست جداول

۲۷	..... جدول ۴- ۱: مشخصات آماری داده‌های اندازه‌گیری شده
۲۸	..... جدول ۴- ۲: مقایسه مدل‌های مختلف درون یابی برای مقادیر هدایت الکتریکی خاک در عمق ۰-۳۰
۳۴	..... جدول ۴- ۳: مقایسه‌ی مدل‌های درون‌یابی برای هدایت الکتریکی خاک در عمق ۳۰-۶۰
۳۹	..... جدول ۴- ۴: مقایسه‌ی مدل‌های میان‌یابی برای مقادیر آهک خاک در عمق ۰-۳۰
۴۴	..... جدول ۴- ۵: مقایسه‌ی مدل‌های میان‌یابی برای آهک خاک در عمق ۳۰-۶۰
۴۸	..... جدول ۴- ۶: مقایسه‌ی مدل‌های میان‌یابی برای مقادیر pH خاک در عمق ۰-۳۰
۴۹	..... جدول ۴- ۷: مقادیر pH مطلوب برای گیاهان مختلف
۵۳	..... جدول ۴- ۸: مقایسه‌ی مدل‌های میان‌یابی برای مقادیر pH خاک در عمق ۳۰-۶۰
۵۷	..... جدول ۴- ۹: مقایسه مدل‌های میان‌یابی برای pH خاک سطحی
۵۸	..... جدول ۴- ۱۰: مقادیر بحرانی پتاسیم در خاک
۵۸	..... جدول ۴- ۱۱: مقایسه‌ی مدل‌های میان‌یابی برای مقادیر پتاسیم در عمق ۰-۳۰

جدول ۴-۱۲: مقایسه‌ی مدل‌های میان‌یابی برای مقادیر پتاسیم خاک در عمق ۳۰-۶۰ ۶۲

جدول ۴-۱۳: مقادیر همبستگی بین پارامترهای اندازه‌گیری شده..... ۶۶

فهرست اشکال

شکل ۳-۱: جنوب شرقی منطقه خارتوران- روستاها و مناطق کشاورزی..... ۱۵

شکل ۳-۲: جنوب منطقه خارتوران - روستاها و مناطق کشاورزی..... ۱۶

شکل ۳-۳: شمال منطقه‌ی خارتوران - مناطق عمده‌ی کشاورزی منطقه ۱۷

شکل ۳-۴: شمال منطقه خارتوران- مناطق عمده کشاورزی..... ۱۸

شکل ۴-۵: نقشه هدایت الکتریکی خاک در عمق ۰-۳۰ به روش نواری باریک کامل..... ۳۰

شکل ۴-۶: نقشه هدایت الکتریکی خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری به روش نواری باریک - شمال منطقه خارتوران..... ۳۱

شکل ۴-۷: نقشه هدایت الکتریکی خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری به روش نواری باریک - جنوب منطقه خارتوران..... ۳۲

شکل ۴-۸: نقشه هدایت الکتریکی خاک به روش کریجینگ معمولی در عمق ۳۰-۶۰ (دسی‌زیمنس بر متر)..... ۳۵

شکل ۴-۹ - نقشه هدایت الکتریکی خاک به روش کریجینگ معمولی در عمق ۳۰-۶۰ (دسی‌زیمنس بر متر) -شمال منطقه

خارتوران..... ۳۶

شکل ۴-۱۰ : نقشه هدایت الکتریکی خاک به روش کریجینگ معمولی در عمق ۳۰-۶۰ (دسی‌زیمنس بر متر)- جنوب منطقه

خارتوران..... ۳۷

شکل ۴-۱۱: نقشه آهک خاک در عمق ۰-۳۰ کل منطقه خارتوران به روش توابع پایه شعاعی- نواری همراه با کشش..... ۴۰

شکل ۴-۱۲:- نقشه درصد آهک خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری به روش توابع پایه شعاعی نواری همراه با کشش - شمال

منطقه خارتوران..... ۴۱

شکل ۴-۱۳: نقشه درصد آهک خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری به روش توابع پایه شعاعی نواری همراه با کشش - جنوب

منطقه‌ی خارتوران..... ۴۲

شکل ۴-۱۴: نقشه آهک خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری به روش توابع پایه شعاعی- چندربعی معکوس..... ۴۵

- شکل ۴-۱۵- درصد آهک خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری به روش چندبرعی معکوس - شمال منطقه خارتوران..... ۴۶
- شکل ۴-۱۶- نقشه درصد آهک خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری به روش چندبرعی معکوس - جنوب منطقه ی خارتوران..... ۴۷
- شکل ۴-۱۷: فراهمی عناصر در مقادیر مختلف pH خاک (پولمن و مک کول، ۱۹۸۶)..... ۴۹
- شکل ۴-۱۸: نقشه مقادیر pH خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری به روش کریجینگ جداکننده..... ۵۰
- شکل ۴-۱۹: نقشه pH خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری به روش کریجینگ جداکننده - شمال منطقه خارتوران..... ۵۱
- شکل ۴-۲۰: نقشه pH خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری به روش کریجینگ جداکننده - جنوب منطقه ی خارتوران..... ۵۲
- شکل ۴-۲۱: نقشه pH خاک برای عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری به روش توابع پایه شعاعی- نواری همراه با کشش..... ۵۴
- شکل ۴-۲۲: مقادیر pH خاک برای عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری به روش توابع پایه شعاعی- نواری همراه با کشش -شمال منطقه خارتوران..... ۵۵
- شکل ۴-۲۳: نقشه pH خاک برای عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری به روش توابع پایه شعاعی- نواری همراه با کشش -جنوب منطقه ی خارتوران..... ۵۶
- شکل ۴-۲۴: نقشه پتاسیم خاک برای عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری خاک به روش توابع پایه شعاعی- چندبرعی معکوس..... ۵۹
- شکل ۴-۲۵: نقشه پتاسیم خاک برای عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری خاک به روش توابع پایه شعاعی- چندبرعی معکوس-شمال منطقه خارتوران..... ۶۰
- شکل ۴-۲۶: مقادیر پتاسیم خاک برای عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری خاک به روش توابع پایه شعاعی- چندبرعی معکوس جنوب منطقه خارتوران..... ۶۱
- شکل ۴-۲۷: نقشه پتاسیم خاک برای عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری خاک به روش کریجینگ ساده..... ۶۳
- شکل ۴-۲۸: نقشه پتاسیم خاک ع برای عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری به روش کریجینگ ساده - شمال منطقه خارتوران..... ۶۴
- شکل ۴-۲۹: نقشه پتاسیم خاک برای عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری به روش کریجینگ ساده - جنوب منطقه خارتوران..... ۶۵

فصل اول

مقدمہ

۱-۱- مقدمه

مطالعات خاکشناسی مجموعه عملیاتی است که برای جمع آوری و تجزیه و تحلیل داده ها، بررسی عوامل کنترل کننده تشکیل و پراکنش خاکها، تشریح خصوصیات، طبقه بندی، تجزیه نمونه های خاک، تهیه نقشه پراکنش جغرافیایی، تفسیر خاکها برای کاربری های گوناگون و تدوین گزارش نهایی یک منطقه معین طبق استانداردها، ضوابط فنی و دستورالعمل های رایج انجام می شود.

خاکشناسی، ویژگی های خاک ها را در منطقه مورد بررسی تشریح می نماید، خاک ها را براساس یک سامانه رده بندی استاندارد، طبقه بندی می کند، حدود و مرز خاکها را روی نقشه ترسیم می نماید و رفتار خاکها را برای کاربری های مورد نظر پیش بینی می کند. کاربری های گوناگون خاکها و چگونگی پاسخ آنها تحت مدیریت های مختلف باید در طرح ریزی و اجرای مطالعات مورد توجه قرار گیرد. اطلاعات جمع آوری شده در شناسایی خاک، به توسعه برنامه های کاربری سرزمین و بررسی اثرات آن بر محیط زیست کمک می نماید.

در تعریف بالا چهار نکته اساسی وجود دارد:

الف- تشریح خصوصیات خاکها در منطقه مورد بررسی

در مطالعات خاکشناسی، هدف اصلی تشریح خاک هاست و نه زمین شناسی، زمین ریخت شناسی، کاربری سرزمین و مانند اینها. بنابراین ممکن است موثرترین روش برای تهیه نقشه خاک و خصوصیات خاک، رجوع به زمین شناسی و زمین ریخت شناسی و عواملی از این دست باشد، اما در پایان مطالعات خاکشناسی، باید شرایط و ویژگیهای خاک های منطقه آشکار گردد.

ب- استاندارد سازی طبقه بندی خاکها

هدف از این مرحله، هماهنگی خاک‌های موجود در منطقه مورد بررسی با خاک‌های مناطق دیگر است که این فرآیند استاندارد سازی، در رابطه با تهیه نقشه منطقه مورد بررسی باید با همان کیفیت مناطق همجوار انجام پذیرد. به عبارت دیگر، نتایج تحقیقات انجام گرفته در یک منطقه باید برای مناطق مشابه دیگر نیز قابل استفاده باشد. باید توجه داشت که در برخی موارد، خاک‌های با خصوصیات مشابه در مناطق جغرافیایی پیوسته و حتی مناطق جغرافیایی جدا از هم یافت می‌شوند. بنابراین، نتیجه تحقیقات انجام گرفته در یک منطقه می‌تواند با انجام برخی تغییرات محلی، برای خاک‌های مشابه در مناطق دیگر نیز مورد استفاده قرار گیرد.

ج- ترسیم حدود و مرز خاکها روی نقشه

تقریباً برای همه کاربری‌ها، باید ابتدا انواع خاک‌های مختلف روی نقشه از یکدیگر تفکیک گردند. به عبارت دیگر موقعیت جغرافیایی و نحوه پراکنش خاک‌ها برای کاربران سرزمین اهمیت دارد. بنابراین، برای هر واحد نقشه باید انواع خاک نشان داده شود.

د- پیش بینی رفتار خاک‌ها

اساساً خاکشناسی یک فعالیت کاربردی است. این مرحله را می‌توان به طور محدود (فقط با استفاده از داده‌های خاک) تحت عنوان مرحله تفسیر مطالعات خاکشناسی نامگذاری نمود و یا فعالیت وسیعی از ارزیابی سرزمین را با استفاده از انواع دیگر خصوصیات از قبیل اقلیم، کاربری، پوشش اراضی و مانند آنها در نظر گرفت. در هر حال خاکشناسی باید خصوصیات سرزمین را که پیش نیاز انجام تفاسیر و پیش‌بینی‌های کاربردی است، تشریح و ثبت نماید.

منطقه خارتوران استان سمنان به مساحت تقریبی ۳۳۰۰۰ هکتار دارای مناطق عمده‌ی کشاورزی می‌باشد و هرساله محصولات متنوع کشاورزی بسیاری از منطقه برداشت می‌گردد. با وجود اینکه این منطقه سالیان درازی تحت کشت و کار می‌باشد و از نهاده‌های کشاورزی بسیاری استفاده می‌شود تحقیقات بسیار کمی در مورد کشاورزی منطقه صورت گرفته است. این تحقیق به منظور داشتن اطلاعات پایه از کل منطقه

برای پیش بینی‌های دقیق و برنامه ریزی‌های مناسب در وسعت زیاد و به منظور داشتن اطلاعات جامع از کل منطقه انجام گرفت. از آنجایی که منطقه یکی از مناطق عمده‌ی کشاورزی استان محسوب شده و دارای تولید بالا و همچنین پتانسیل تولید زیاد می‌باشد، با دارا بودن نقشه‌های حاصلخیزی خاک می‌توان در مصرف انواع نهاده‌های کشاورزی تجدید نظر کرده و استفاده بهینه و مناسب از آنها را در دستور کار خود قرار داد و کشاورزان را در جهت بهره برداری مناسب از زمین و تولید بالاتر یاری رساند همچنین از تخریب زمینهای کشاورزی و فرسایش خاک نیز جلوگیری کرد. همچنین این تحقیق می‌تواند زمینه ساز تحقیقات بیشتر در موضوع تهیه نقشه‌های حاصلخیزی خاک و استفاده از روش‌های درون‌یابی شود.

فصل دوم

مرور منابع

۲-۱- سیستم اطلاعات جغرافیایی

۲-۱-۱- زمین آمار و کاربردها

زمین آمار تکنیکی برای مشخص کردن تغییرات منظم در اجزای مواد طبیعی نظیر خاک است. ویژگی‌های ساختمان خاک از طریق حضور سازندهای مشخصی که دارای تنوع خاص می‌باشند، معرفی می‌شود. پارامترهای کمی خاک در سطوح کوچک بسیار شبیه‌تر از مکان‌های دور از هم می‌باشد. این واقعیت در ترسیم نقشه‌های بزرگ مقیاس و کوچک مقیاس خاک و ارزش گذاری پارامترها تاکید شده است. اگرچه وجود سازندهای طبیعی وابسته به فاکتورهای خاکسازی است و این مطلب ثابت شده است، اما این واقعیت بخصوص در نتیجه گیری از مطالعات خاکهای جنگل در نظر گرفته نمی‌شود (گووارتز، ۱۹۹۷). تحلیل نتایج در آمار کلاسیک مبنی بر مستقل بودن نمونه‌ها از همدیگر است و بنابراین، وجود یک نمونه هیچگاه اطلاعاتی در مورد نمونه‌ی بعدی به دست نمی‌دهد، اما در زمین آمار نمونه‌ها، مستقل از یکدیگر در نظر گرفته نمی‌شوند بلکه نمونه‌های مجاور تا فاصله‌ی معینی به طور مکانی به هم وابستگی دارند و می‌توان وابستگی بین نمونه‌ها را به صورت مدل ریاضی که تغییر نما نامیده می‌شود، ارائه کرد (اینکس و سولدت، ۱۹۹۹). امروزه به منظور تخمین متغیرهای مکانی یک منطقه از روش زمین آمار استفاده می‌شود. تفاوت اصلی این روش با آمار کلاسیک این است که در آمار کلاسیک نمونه‌های گرفته شده از یک جامعه‌ی آماری، مستقل از یکدیگر بوده و وجود یک نمونه هیچ گونه اطلاعاتی در مورد دربارهی نمونه‌ی بعدی نمی‌دهد. اما روش‌های زمین آماری، وجود همبستگی مکانی بین مقادیر یک متغیر در یک ناحیه را بررسی می‌نمایند. روش‌های مختلف زمین آمار بسته به نوع متغیر، دقت متفاوتی را نشان می‌دهند. به طور کلی می‌توان گفت زمین آمار به بررسی آن دسته از متغیرهایی می‌پردازد که دارای ساختار مکانی هستند و یا به عبارتی بین مقادیر مختلف آنها، فاصله و جهت قرار گرفتن آنها یک ارتباط فضایی وجود دارد (حسنی پاک، ۲۰۰۶). نخستین تجربه‌ها جهت به کارگیری روش‌های زمین آماری به مفهوم امروزی آن در محاسبات تخمین ذخیره‌ی معدن در سال ۱۹۱۹ صورت گرفت، سپس در چند دهه‌ی بعد، کریج و ماترون با انتشار مقالاتی

پایه‌های زمین آمار نوین را بنا نهادند (کریج، ۱۹۵۱؛ ماترون، ۱۹۶۲). در سال ۱۹۹۰ میلادی نتایج بدست آمده از تخمین سطح ایستابی با روش آمار برای بهینه کردن شبکه‌های پایش در کشور مراکش انجام شده بود، توسط بن جما و مارینو (۱۹۹۰) ارائه گردید. این نتایج بیانگر برتری روش‌های زمین آمار مبتنی بر روش‌های مبتنی بر آمار کلاسیک بود. به دلیل پیچیدگی توزیع مکانی ویژگی‌های خاک و بالا بودن تغییرات در خاک، استفاده از روش‌های تخمینی مبتنی بر زمین آمار برای برآورد ویژگیهای خاکی در نقاط نمونه برداری شده ضروری به نظر می‌رسد. مایرو همکاران (۲۰۰۳) با محاسبه شاخص بافری عناصر غذایی که در توصیه‌های کودی کاربرد دارد، نشان داده‌اند که شاخص مذکور در مورد فسفر و پتاسیم مثبت است که بیانگر ناکافی بودن مقدار کود است. کلی و همکاران (۲۰۰۳) در تشخیص و ارزیابی روش‌های اثر بخشی مدیریت کوددهی مزارع، روش شبکه بندی چهار هکتاری را با کمترین خطا، برای توصیه فسفر و پتاسیم مناسب تشخیص داده‌اند. وارشبورن و همکاران (۲۰۰۲) تغییر پذیری پراکنش فسفر خاک را در یک دامنه مورد بررسی قراردادده ولی برای توصیه‌های کودی و مدیریت کوددهی از روشهای زمین آماری استفاده نکرده‌اند. کاماروزامان و تامالودین (۲۰۰۱) تهیه نقشه تغییر پذیری را برای پهنه سازی تولیدات کشاورزی با استفاده از GPS توصیه نموده‌اند. شارف و همکاران (۲۰۰۲) برای درک تغییر پذیری نیتروژن در مزارع با وسعت بزرگ، بررسی‌های آتی برای تشخیص پراکنش مکانی این عنصر را توصیه نموده‌اند. در خصوص کیفیت آب آبیاری، لیو و همکاران (۲۰۰۶) با استفاده از روش‌های زمین آماری و GIS به ارزیابی خطرات ناشی از فلزات سنگین در مزارع برنج پرداختند. فلیپو و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیق دیگری با استفاده از روش‌های یاد شده و مدل‌های فیزیکی، آلودگی نترات آبخوان گرند مورین واقع در کشور فرانسه را مورد ارزیابی قرار دادند. درایران نیز از این روش‌ها در موارد مختلفی استفاده شده است. برای مثال در پژوهشی که توسط حسینی و همکاران (۲۰۰۳) انجام گرفت، دو پارامتر هدایت الکتریکی و سولفات موجود در آب زیرزمینی شهر مشهد با استفاده از روش کریجینگ تخمین زده شد، رضوانی (۱۹۹۶) برای تخمین انتقال فسفر در سیلاب خروجی از حوضه‌های آبخیز، با استفاده از مقادیر فسفر اندازه‌گیری شده در حوضه، از تخمین زمین آماری استفاده کرد، در مطالعه‌ی دیگری که در استان‌های شمالی کشور انجام شد، تغییرات

بارندگی با استفاده از روش کریجینگ محاسبه گردید (شمس الدینی، ۱۹۹۹). همچنان میثاقی (۲۰۰۳) از تخمین گره‌های زمین آماری برای ایجاد شبکه بهینه پایش تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت چمچال استفاده کرد، در استان همدان گل محمدی و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از قابلیت سیستم اطلاعات جغرافیایی و به کارگیری روش‌های مختلف زمین آماری، تغییرات مکانی ضریب رواناب سالانه را بررسی کردند. نتایج بدست آمده نشان داد که ضریب رواناب در این استان بین ۳/۵ و ۸۵ درصد تغییر کرده و روش کوکریجینگ عمومی با مدل دایره‌ای بهترین روش زمین آماری جهت تحلیل مکانی آن می‌باشد. در تحقیقی که در سال ۱۳۸۷ توسط صفر معروفی و همکاران صورت گرفت تغییرات مکانی هدایت الکتریکی زه آب خروجی از قنات‌ها و چشمه‌ها در دشت همدان با تعداد نمونه گیری ۱۰۸ عدد در مساحتی بالغ بر ۵۰۲ کیلومتر مربع انجام شد. معیار ارزیابی صحت روش‌های درون‌یابی شاخص ریشه‌ی میانگین مربعات خطا^۱ و انحراف استاندارد عمومی^۲ با استفاده از تکنیک اعتبار سنجی متقابل^۳ بود. در این تحقیق بهترین مدل‌های درون‌یابی چند جمله‌ای موضعی و معکوس فاصله بود و نامناسب ترین مدل توابع پایه شعاعی شناخته شد.

۲-۱-۲- نرم افزارها و GIS

پیشرفت‌های اخیر آمار فضایی^۴ و جایگزینی متغیر ناحیه‌ای^۵ به جای متغیر تصادفی، توجه جغرافیدانان و دیگر محققین را به تغییر روش‌های کمی در آمار کلاسیک جلب نموده و گسترش سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در ارتباط با آمار فضایی سبب شد تا در جغرافیا روش‌های درون‌یابی در تهیه انواع نقشه‌های پهنه بندی رواج یابد. در زمان حاضر نرم‌افزارهای مختلفی هستند که مربوط به نقشه‌برداری و درون‌یابی می‌باشند مانند نرم‌افزارهای 3DField، Surfer، ArcGIS، Tempo، SDRmap، GIS+، IIWIS و غیره (قهرودی تالی، ۱۳۸۲). متغیر ناحیه‌ای، یک متغیر تصادفی است که مقدار آن در هر نقطه از فضا تابع

¹ Root Mean Square Error

² Global Standard Deviation

³ Cross Validation

⁴ Spatial Statistics

⁵ Regionalized Variable

مختصات آن باشد. به عبارت دیگر تفاضل مقدار متغیر ناحیه‌ای در دو نقطه‌ی مختلف از فضا، بستگی به فاصله‌ی آن دو نقطه دارد. بنابراین مقدار متغیر ناحیه‌ای در هر نقطه از فضا به دو مولفه‌ی وزنی و تصادفی تجزیه می‌شود. که با رابطه‌ی ذیل بیان می‌گردد:

$$Z(x) = m(x) + \epsilon(x) \quad (1-2)$$

که در آن $Z(x)$ مقدار متغیر ناحیه‌ای در نقطه با مختصات طول، عرض و ارتفاع است و $m(x)$ مولفه‌ی وزنی و $\epsilon(x)$ مولفه‌ی تصادفی آن است. تغییرات مولفه‌ی تصادفی یک متغیر ناحیه‌ای در فضای چند بعدی طوری است که حالت فاصله‌ای پیدا می‌کند، به عبارت دیگر از خود نوعی پیوستگی نشان می‌دهد. این پیوستگی در قالب افزایش اختلاف مقدار مولفه‌ی تصادفی متغیر ناحیه‌ای با افزایش فاصله‌ی دو نقطه در فضا ظاهر می‌شود. به بیانی دیگر تغییر پذیری متغیر ناحیه‌ای در فضا بستگی به فاصله‌ی آن مقادیر از هم دارد. شکل این بستگی را در اصطلاح ساختار فضایی می‌گویند. چنین ساختاری گرچه مستقل از مختصات است، ولی تابع فاصله می‌باشد (انگلند و اسپارکس، ۱۹۹۲).

۲-۲- زمین آمار در کشاورزی

۲-۲-۱- زمین آمار و کاربرد در برآورد عناصر غذایی در خاک

یکی از فواید بسیار مثبت علم زمین آمار برآورد میزان عناصر غذایی در خاک و ارزیابی کیفیت و کمیت پراکنش این عناصر در خاک می‌باشد. در تحقیقی که توسط اسفندیار پوربروجنی و همکاران (۱۳۹۰) بر روی باغ‌های پسته در شهرستان انار در استان کرمان انجام گرفت با برداشت ۶۰ نمونه کاملاً تصادفی از عمق ۰-۴۰ سانتی متری خاک، عناصر فسفر و پتاسیم قابل جذب خاک مورد بررسی قرار گرفت و نقشه‌های پراکنش این عناصر با استفاده از روش کریجینگ رسم گردید و مشخص گردید که ۵۰ درصد منطقه‌ی مورد مطالعه نیازی به مصرف کودهای پتاسیمی و ۱۰ درصد آن نیاز به مصرف کودهای فسفوره ندارد و هرساله می‌توان در هزینه‌های تولید صرفه جویی نمود. در تحقیقی که توسط میرباقری (۱۳۹۰) انجام گرفت از خاک ۳۰ مزرعه سیب زمینی نمونه برداری شد و میزان فسفر موجود در نمونه‌ها مورد بررسی

قرارگرفت و نقشه های پراکنش فسفر با استفاده از تخمین گر کریجینگ رسم گردید که بعد از بررسی مشخص شد که خاکها دارای فسفر زیاد بوده و بنابراین نیازی به کوددهی فسفر نمی باشد. در تحقیقی که توسط شوشتی و همکاران (۱۳۹۱) صورت گرفت قدرت تخمین مدل شبکه مصنوعی در ارزیابی پراکنش مقادیر فسفر و پتاسیم خاک در استان خوزستان مورد بررسی قرار گرفت که با توجه به داده های بدست آمده مشخص گردید که این روش برای ارزیابی مقادیر فسفر و پتاسیم از دقت کافی برخوردار است. در تحقیقی که توسط جلالی و همکاران (۱۳۹۱) در استان مازندران صورت گرفت ۱۸۸ نمونه خاک برداشت شد و پارامترهای اسیدیته و کربنات کلسیم معادل و بافت خاک مورد بررسی قرار گرفت و از مدل های آماری کریجینگ و معکوس فاصله و اسپلاین استفاده شد. در تحقیقی که توسط لیائو^۱ و همکاران (۲۰۱۱) بر روی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با نمونه برداری ۱۰۷ عدد انجام گرفت از مدل های کریجینگ و کوکریجینگ استفاده گردید که با توجه به خطای محاسبه شده روش کوکریجینگ بهترین روش شناخته گردید.

۲-۲-۲- زمین آمار و کاربرد در تعیین عوامل محدود کننده ی رشد گیاه در خاک

یکی از کاربردهای مهم زمین آمار در کشاورزی تعیین و تفسیر اثرات عوامل محدود کننده ی رشد گیاه در خاک و آب می باشد. در تحقیقی که توسط سکوتی و همکاران (۱۳۸۶) بر روی شوری سطحی خاک در دشت ارومیه انجام گرفت نقشه های پراکنش شوری با استفاده از روش های کریجینگ ، کوکریجینگ و میانگین متحرک وزندار تخمین زده شد و با توجه به خطای هر مدل، مدل کریجینگ بهترین روش با انحراف معیار ۰/۳۴/ دسی زیمنس بر متر انتخاب گردید. در تحقیقی که توسط حنفی و همکاران (۱۳۸۸) زمین های کشاورزی استان بوشهر از نظر مقادیر شوری مورد بررسی قرار گرفت و با روش درونیابی معکوس فاصله نقشه ها رسم گردید که این نقشه ها میزان تغییر خشکسالی ها را مشخص می کند. پژوهشی که توسط حاجی بیگلو و همکاران (۱۳۸۹) بر روی ۱۲ هکتار از مزرعه دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شد ابتدا محدوده زمین به ۴۸ قسمت تقسیم شد پس از نمونه گیری از خاک هر قسمت و تعیین موقعیت جغرافیایی با استفاده از GPS و انتقال نمونه ها به آزمایشگاه دو عنصر اصلی خاک یعنی فسفر و پتاسیم و همچنین pH و EC

¹ Kai-hua LIAO

اندازه‌گیری شد با استفاده از نرم افزار SURFER و arc view نقشه های مربوطه کشیده شد، در مرحله دوم از عملکرد یونجه در ۱۰ قسمت نمونه برداری و تراکم خاک با دستگاه پنترولاگر اندازه گیری شد. در تحقیق که توسط جلالی و همکاران (۱۳۹۰) با ۸۱۱ نمونه خاک سطحی از شرق استان مازندران جمع آوری گردید. همبستگی مکانی متغیر شوری و بهترین مدل برازش داده شد. به منظور تعیین نقشه پراکنش این متغیر، روش های درون یابی کریجینگ، عکس فاصله وزنی و توابع پایه شعاعی مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین دقت این روشها از طریق معیارهای آماری دقت، انحراف و ریشه میانگین مربعات خطا محاسبه گردید. نتایج تحقیق نشان داد که هر چه به سمت دریا پیش میرویم شوری اراضی افزایش می یابد که این به دلیل حمل قطرات آب از سطح دریاچه خزر توسط باد می باشد. بنابراین، تهیه نقشه شوری خاک به منظور ارائه ی برنامه های مدیریتی بهتر ضروری می باشد. در پژوهشی که توسط کوهی و همکاران (۱۳۸۸) بر روی آب های زیرزمینی دشت شیراز با مطالعه ی ۲۵۶ نمونه ی آب حلقه های چاه انجام گرفت و با استفاده از روش های درون یابی کریجینگ و کوکریجینگ روند تغییرات شوری مورد بررسی قرار گرفت، پس از محاسبه ی خطای روش های درون یابی روش کوکریجینگ بهترین روش شناخته شد. در پژوهشی که توسط قادرمرزی و همکاران (۱۳۸۹) انجام گرفت که این مطالعه به بررسی و پهنه بندی عناصر مختلف کیفی آب در محدوده شهرستان قروه، توسط نرم افزار ArcGIS و روش های زمین آمار می پردازد. بدین منظور از تمامی سرچشمه هایی که در این منطقه جهت تأمین آب شرب و کشاورزی استفاده می گردید، نمونه برداری پارامترهای کیفی آب انجام گرفت. سپس تمامی اطلاعات در محیط نرم افزار، تحت لایه های توصیفی وارد شده و درون یابی با استفاده از روش کریجینگ، جهت تهیه نقشه های پهنه بندی انجام گرفت و مقادیر آلاینده ها مورد بررسی قرار گرفت. در تحقیقی که توسط سروری و همکاران (۱۳۸۸) بر روی کیفیت آب زیرزمینی برای مقاصد شرب، کشاورزی و صنعت انجام گرفت، پارامترهای شوری، pH، سدیم، کلسیم، منیزیم، سولفات، کلر، بی کربنات و ذرات معلق مورد تجزیه تحلیل قرار گرفت و از روش درون یابی کریجینگ برای تخمین و رسم نقشه ها استفاده گردید. در پژوهشی مشابه که توسط طهمورث و همکاران (۱۳۹۱) انجام گرفت پارامترهای ذکر شده بر روی ۵۲ نمونه ی آب چاه ها مورد بررسی قرار گرفت و از روش های درون یابی

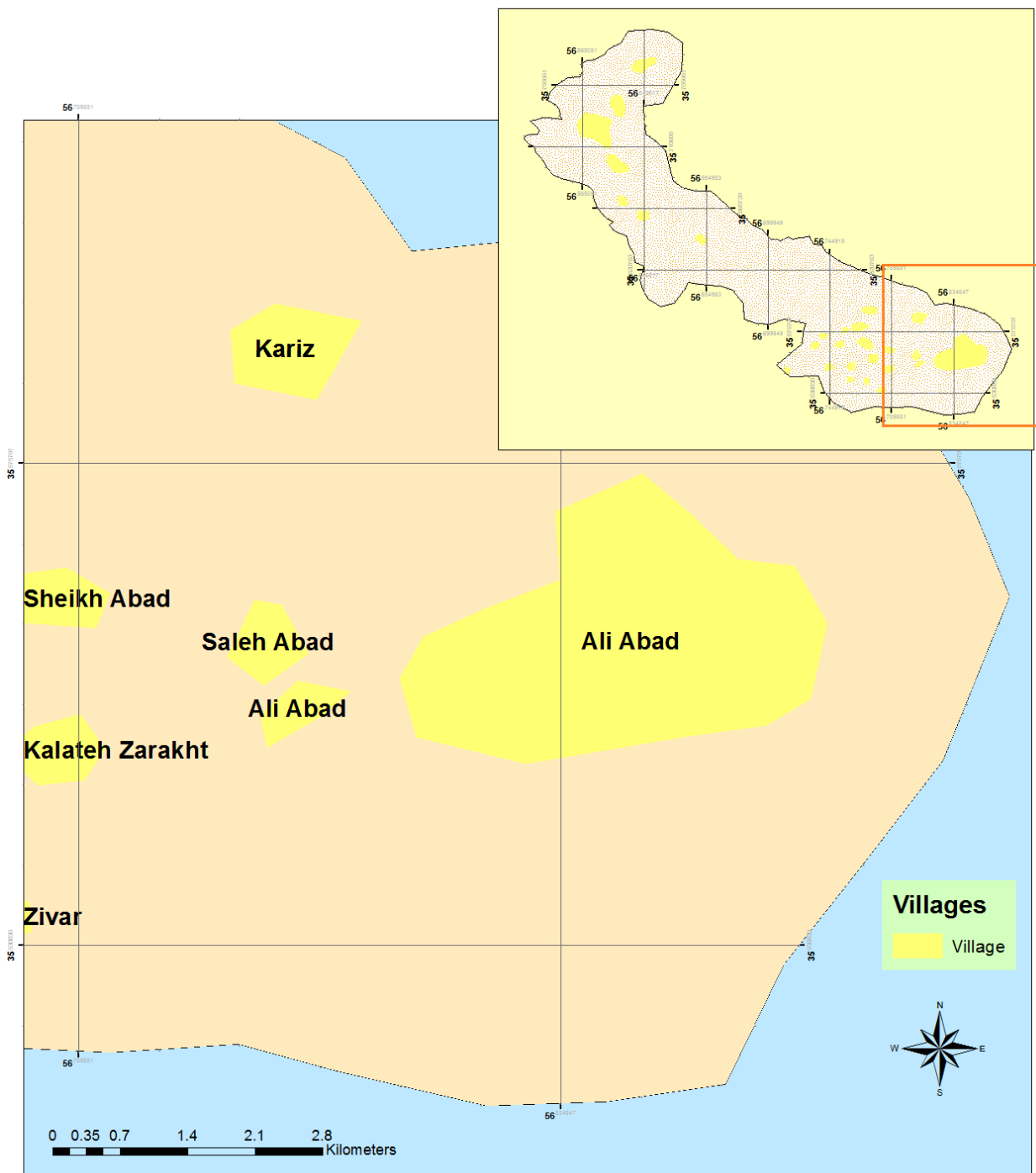
کریجینگ، کوکریجینگ و توابع پایه شعاعی استفاده گردید، که بیشترین شوری در آب‌های زیرزمینی نزدیک به منطقه‌ی صنعتی تشخیص داده شد و تخمینگر کوکریجینگ بهترین مدل انتخاب گردید. در پژوهشی که توسط بازرگانی و همکاران (۱۳۹۰) انجام گرفت مقادیر نیترات خاک در آب‌های زیرزمینی نمونه آب زیرزمینی ۱۱ حلقه چاه دشت اندیمشک مورد بررسی قرار گرفت و روش‌های مختلف زمین آمار مورد بررسی و نهایتاً تغییرات مکانی نیترات با استفاده از روش کریجینگ برای پهنه بندی آلودگی دشت، مورد استفاده واقع شد. غلظت نیترات از سمت شمال غرب در تابستان به سمت مرکز در فصل بارندگی در حال افزایش است. بیشترین غلظت در مناطق کشاورزی با شیب کم متمرکز شده است. مناطقی که EC بالا و قابلیت نفوذ بالا دارند بیشترین مقدار نیترات را نشان می‌دهند. این تغییرات در مناطقی که نزدیک به محل دفن زباله شهرستان اندیمشک است، بیشتر است. در تحقیقی که توسط سادات مدنی و همکاران (۱۳۸۹) بر روی ۲۸۶ نمونه خاک استان همدان انجام گرفت مقادیر آهن، وانادیوم و کبالت نمونه‌ها پس از اندازه‌گیری با استفاده از روش زمین آمار و انجام مدل‌های درون‌یابی کریجینگ و توابع پایه شعاعی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مناطق آلوده از نظر این عناصر بر روی نقشه مشخص گردید که استفاده از کودهای شیمیایی در کشاورزی و مواد مادری خاک‌ها در ایجاد آلودگی موثر بوده است. در تحقیقی که توسط هانی (۱۳۸۷) بر روی ۷۴ نمونه خاک در استان ساوه انجام گرفت مقادیر کادمیم، مس، سرب، منگنز، روی و آهن خاک در عمق ۰-۲۵ سانتی‌متری خاک مورد بررسی قرار گرفت و به کمک روش‌های درون‌یابی نقشه‌های آلودگی خاک رسم و می‌توان تا حدودی منشأ طبیعی و انسانی پدید آمدن عناصر سنگین را شناسایی نمود و نتیجه گرفت که غلظت‌های بالای کادمیم در زمین‌های کشاورزی مرتبط با نهاده‌های کشاورزی می‌باشد.

فصل سوم

مواد و روش ها

۳-۱- زمان و محل انجام آزمایش

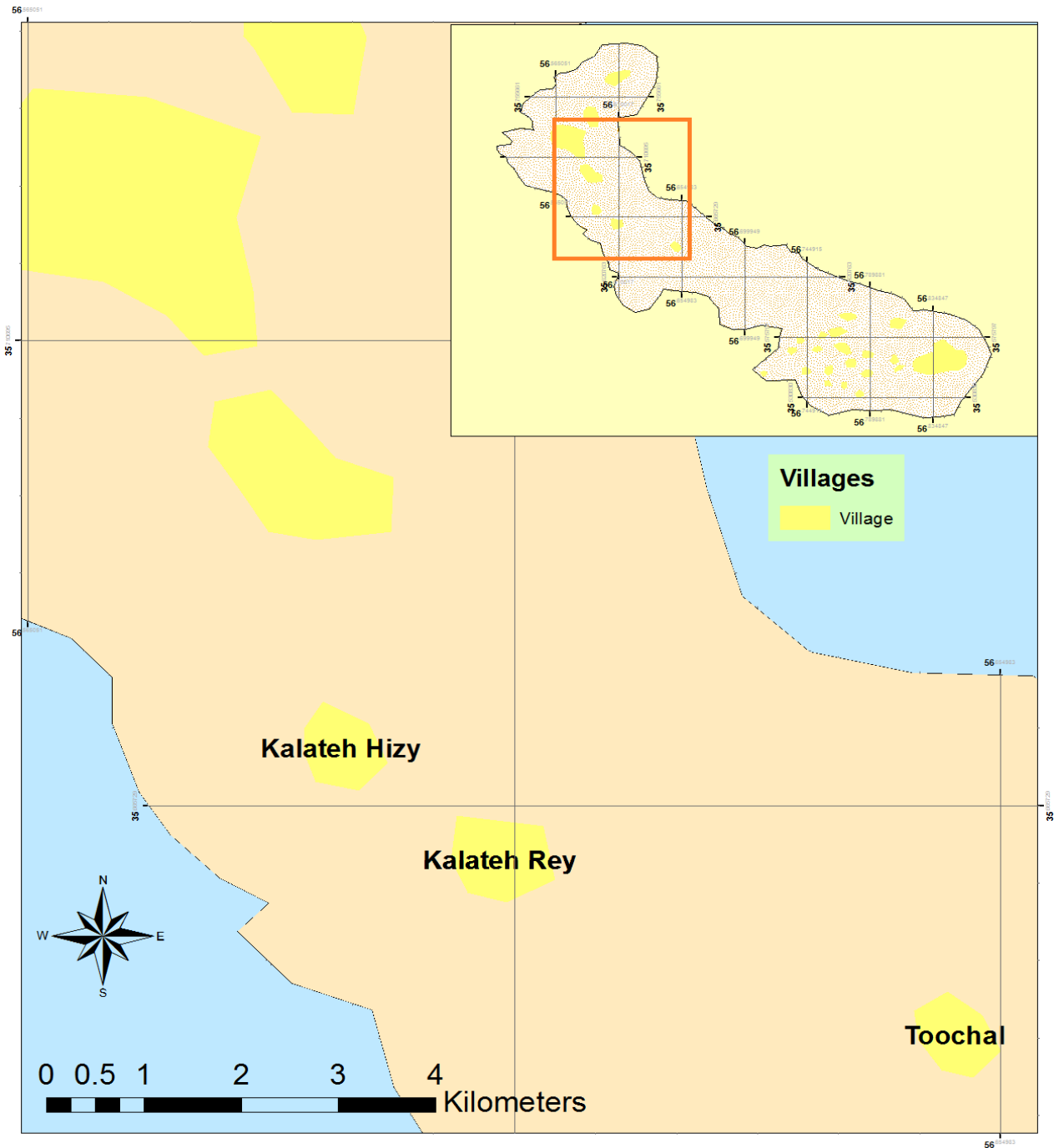
این پژوهش در تابستان و پاییز سال ۱۳۹۰ در اراضی زیر کشت و بکر منطقه‌ی خارتوران استان سمنان که دارای ۳۴ روستا می‌باشد به اجرا درآمد. مساحت و مرز هر منطقه کشاورزی و روستا و جزئیات آن با بزرگنمایی دقیق به ترتیب در شکل‌های ۱-۳، ۲-۳، ۳-۳ و ۴-۳ قابل مشاهده است. مناطقی که با رنگ زرد مشخص شده نشان دهنده روستا و مناطق کشاورزی اطراف آن که در حدود ۲۱ درصد مساحت کل منطقه و مناطقی که با رنگ صورتی مشخص شده است نشان دهنده مناطق بکر که در حدود ۷۹ درصد مساحت می‌باشد.



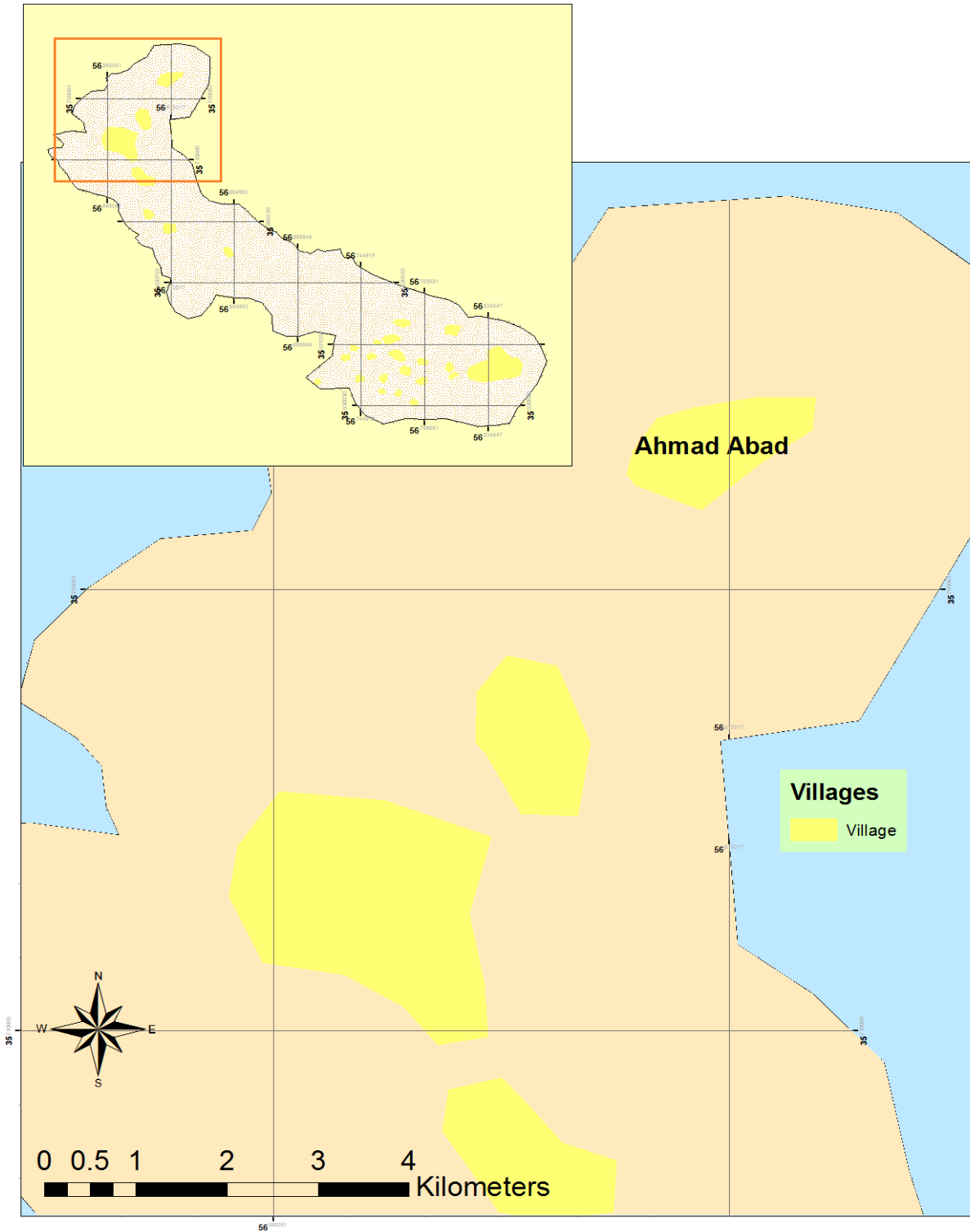
شکل ۳-۳۰: جنوب شرقی منطقه خارتوران - روستاها و مناطق کشاورزی



شکل ۳-۳۱: جنوب منطقه خارتوران - روستاها و مناطق کشاورزی



شکل ۳-۳۲: شمال منطقه‌ی خارتوران - مناطق عمده‌ی کشاورزی منطقه



شکل ۳-۳۳- شمال منطقه خارتوران - مناطق عمده کشاورزی

۳-۲- موقعیت منطقه‌ی خارتوران از نظر جغرافیایی

منطقه‌ی خارتوران در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۶ دقیقه شرقی و طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی الی ۳۵ درجه و ۳۲ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۶ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی واقع است.

۳-۳- خصوصیات منطقه‌ی مورد آزمایش

این منطقه دارای ۳۴ روستا و ۲۲ حلقه چاه عمیق و ۵ چاه نیمه عمیق می‌باشد که زمین‌های کشاورزی در اطراف روستاها متمرکز است. زمینهای باقیمانده اطراف دارای کاربری‌هایی مانند چراگاه، زمین بکر و دست نخورده و منطقه‌ی زیر عملیات راهسازی می‌باشد. شیب عمومی منطقه به سمت شمال غربی منطقه می‌باشد. محصولات کشاورزی که در منطقه کاشت می‌شود به ترتیب سطح زیر کشت عبارتند از یونجه (۳۱ درصد)، فلفل (۲۲ درصد)، هندوانه آجیلی (۱۵ درصد)، گندم (۱۱ درصد)، آفتابگردان (۹ درصد)، پنبه (۶ درصد) و جو (۲ درصد).

۳-۴- روش نمونه برداری

در این پژوهش ابتدا منطقه مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت و نمونه برداری از مناطق زیر کشت و مناطق بکر انجام شد. برای نمونه برداری از روش نمونه برداری زیگزاگی استفاده گردید. به منظور مقایسه‌ی بهتر و نتایج دقیق‌تر نمونه برداری از مناطق کشاورزی شده با فشردگی و تعداد بیشتر انجام شد و نمونه‌ها به صورت کمپلکس و از دو عمق متفاوت (سطح خاک تا عمق ۳۰ سانتی متری و افق زیرین خاک از ۳۰ سانتی متری تا ۶۰ سانتی متری) به تعداد ۲۰۰ عدد نمونه برداشت شد و مختصات جغرافیایی محل نمونه برداری یادداشت و در نرم افزار ARC GIS 9.3 وارد شد و نقشه‌ی کلی نقاط نمونه برداری تعیین شد. نمونه‌ها داخل کیسه‌های پلاستیکی قرار گرفته و برای آزمایش به آزمایشگاه حمل گردید. پارامترهایی که در نمونه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند شامل هدایت الکتریکی، pH، پتاسیم تبادلی و درصد آهک می‌باشد. هدایت الکتریکی به روش عصاره‌ی اشباع خاک با دستگاه EC-Meter، پتاسیم تبادلی به روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم و پتاسیم محلول به روش آب مقطر با دستگاه فلیم فوتومتر، pH خاک با دستگاه pH-

Meter و آهک به روش تیتراسیون اندازه گیری شد که از اطلاعات به دست آمده جهت تهیه نقشه پراکندگی پارامترهای ذکر شده استفاده گردید. لازم به ذکر است که این آزمایش در دو مرحله انجام شد که در مرحله اول نمونه برداری اولیه، و پس از بررسی نقاط به منظور پیش‌بینی‌های دقیق‌تر و پیاده سازی بهتر مدل‌های درون‌یابی، نمونه‌برداری مکمل انجام شد.

۳-۷- روش‌های درون‌یابی

در این تحقیق روش‌های مختلف درون‌یابی به منظور بررسی تغییرات مکانی پارامترهای اندازه‌گیری شده، مورد استفاده قرار گرفت. در این روش‌ها، مقادیر برآوردی از مجموع حاصل ضرب یک ضریب وزنی در مقادیر نقاط مشاهده‌ای به دست می‌آید. معادله‌ی کلی روش‌های مختلف میان‌یابی به صورت ذیل است:

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(x_i) \quad (1-3)$$

که در آن $Z^*(x_0)$ مقدار متغیر مکانی برآورد شده، $Z(x_i)$ مقدار متغیر مکانی مشاهده شده در نقطه x_i و λ_i وزن پارامتر اندازه‌گیری شده Z در نقطه x_i می‌باشد که بیانگر اهمیت نقطه i ام در برآورد می‌باشد. تفاوت عمده‌ی این روش‌ها در برآورد عامل وزنی یاد شده است. روش‌های به کار برده شده در این پژوهش به شرح ذیل می‌باشد.

۳-۷-۱- روش کریجینگ^۱

این روش دارای الگوریتم‌های مختلفی است که رابطه‌های کلی آن به صورت زیر می‌باشد:

$$P'(u) = \sum_{i=1}^N w_a(u)P(u) + \left[1 - \sum_{a=1}^N w_a(u)P(u) \right] m \quad (2-3)$$

$$\sum_{B=1}^N w_a(u)C(u_B - u_a) = C(u - u_a)$$

^۱ Kriging Method

که در آن m میانگین متغیر تصادفی، P متغیر تصادفی محاسبه شده، P متغیر تصادفی واقعی، W وزن‌های مربوطه و C کواریانس بین دو نقطه می‌باشند (اسحاق و سریویستاوا، ۱۹۸۹). این روش متکی بر میانگین متحرک وزنی است و بهترین تخمین‌گر نااریب می‌باشد که علاوه بر مقادیر برآورد شده، میزان خطای تخمین در هر نقطه را نیز مشخص می‌نماید (کیتانیدیس، ۱۹۹۳). شرط نااریب بودن در سایر روش‌های تخمین، نظیر روش چند جمله‌ای و معکوس فاصله نیز اعمال می‌شود ولی ویژگی کریجینگ در آن است که در عین نااریب بودن، واریانس تخمین نیز کمترین می‌باشد. بنابراین کریجینگ همراه هر تخمین، مقدار خطای آن را نیز ارائه می‌دهد که با استفاده از این ویژگی منحصر به فرد آن می‌توان قسمت‌هایی که آنجا خطا زیاد بوده و برای کاهش آن به داده‌های بیشتری نیاز است را مشخص نمود (گل‌محمدی، ۲۰۰۶). در این تحقیق از چهار حالت مدل کریجینگ که در محیط نرم افزار تعریف شده بود استفاده گردید. مدل‌های استفاده شده به شرح ذیل می‌باشد:

کریجینگ معمولی^۱، کریجینگ ساده^۲، کریجینگ جامع^۳، کریجینگ جدا کننده^۴

۳-۷-۱-۱- کریجینگ معمولی

در این روش فرض بر این است که میانگین دقیق جامعه آماری نامشخص و یا قابل اعتماد نبوده و با میانگین نمونه همخوانی ندارد و مدل با توجه به مقادیر نقاط معلوم و فاصله‌ی آن‌ها میانگین معنی‌داری را تخمین می‌زند که با توجه به آن، درون‌یابی‌های انجام شده از صحت بالایی برخوردار می‌باشد (جانستون، ۲۰۰۱).

۳-۷-۱-۲- کریجینگ ساده

¹ Ordinary Kriging
² Simple Kriging
³ Universal Kriging
⁴ Disjunctive Kriging

در این روش فرض بر این است که جامعه آماری نرمال بوده و بنابراین میانگین جامعه آماری کاملاً قابل اعتماد و از صحت بالایی برخوردار است و مقادیر درون‌یابی‌ها با تکیه بر این فرض، فقط به فاصله وابسته هستند و عامل دیگری در مقادیر درون‌یابی شده موثر نیست (جانستون، ۲۰۰۱).

۳-۷-۱-۳- کریجینگ جامع

در این روش به جای استفاده از میانگین جامعه آماری، از میانگین نمونه استفاده شده و فرض می‌شود که میانگین نمونه یک تابع رگرسیون چند جمله‌ای^۱ درجه دو می‌باشد (جانستون، ۲۰۰۱).

۳-۷-۱-۴- کریجینگ جداکننده

در این روش فرض بر این است که بعضی داده‌ها با توجه به فواصل خود، می‌توانند فقط دو مقدار صفر و یک را به خود بگیرند و به عنوان شاخصی برای تخمین سایر نقاط استفاده گردند (جانستون، ۲۰۰۱).

۳-۷-۲- روش معکوس فاصله^۲

معکوس فاصله یک روش درون‌یابی با وزن دهی متوسط بوده که در آن داده‌ها از طریق رابطه‌ی انحراف یک نقطه از سایر نقاط با استفاده از گره‌های شبکه بندی شده، وزن دهی می‌شوند. هنگامی که گره شبکه برآورد می‌گردد، وزن‌های تخصیص داده شده نقاط به مقادیر کوچکی تقسیم گردیده به طوریکه مجموع همه‌ی وزن‌های تخصیص داده شده، نقاط برابر ۱ می‌باشد. زمانی که یک نقطه بر گره شبکه منطبق شود، فاصله‌ی این نقطه تا گره برابر صفر بوده، بنابراین در این حالت وزن تخصیص داده شده به نقطه‌ی یاد شده برابر ۱ و وزن سایر نقاط اطراف گره برابر با صفر می‌باشد (فرانک، ۱۹۸۲). این روش بر این فرض استوار است که با افزایش فاصله‌ی داده‌ها، تاثیر داده‌ها بر یکدیگر نیز کم‌رنگ‌تر می‌شود. بنابراین ضریب وزنی با فاصله، رابطه‌ی معکوسی دارد. رابطه‌های مربوطه به شرح ذیل می‌باشند:

¹ Polynomial Regression

² Inverse Distance Method

$$\hat{Z}_j = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{Z_i}{h_{ij}^\beta}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{h_{ij}^\beta}} \quad (3-3)$$

$$h_{ij} = \sqrt{d_{ij}^2 + \sigma^2}$$

که در آن h_{ij} اختلاف فاصله‌ی موثر بین گره شبکه (j) و نقطه‌ی همسایگی گره (i)، \hat{Z}_j مقدار تخمین زده شده پارامتر Z ، Z_i مقدار واقعی پارامتر Z در همسایگی گره، d_{ij} فاصله‌ی بین گره شبکه (j) و نقطه‌ی همسایگی گره (i)، β توان وزن داده شده، σ ضریب هموار کننده می‌باشند (دیویس، ۱۹۸۶).

۳-۷-۳ روش همسایگی طبیعی^۱

سیبسون (۱۹۸۱) روش مناسبی را از ترکیب دو روش پلی‌گون تیسن و مثلث بندی بدست آورد و این روش را همسایگی طبیعی نامید (سیبسون، ۱۹۸۱). رابطه وزن دهی روش همسایگی طبیعی به صورت ذیل می‌باشد:

$$\lambda_i = \frac{A_i}{\sum_{k=1}^N A_k} \quad (4-3)$$

رابطه‌ی بالا به این معنی است که اگر نقطه‌ی X_i دارای یک همسایگی طبیعی بوده به طوری که در داخل شبکه قرار گیرد، سطح A_i دارای مقدار بوده و در نتیجه X_i دارای وزن خواهد بود و اگر X_i هیچ سطح مشترکی با نقاط قرائت شده نداشته باشد، مقدار λ_i (وزن X_i) برابر صفر می‌گردد (وبستر و اولیور، ۲۰۰۱).

۳-۷-۴ روش حداقل انحنای^۲

این روش شاید در ترسیم توپوگرافی دقت زیادی نداشته باشد، اما در درون‌یابی متغیرهای غیر ارتفاعی از این روش می‌توان استفاده نمود (بریگس، ۱۹۷۴). در این روش ابتدا مدل رگرسیونی از مقادیر

¹ Natural Neighbor Method

² Minimum Curvature Method

اطلاعات محلی کم شده و الگوریتم روش حداقل انحنای برای میان یابی مقادیر باقی مانده با استفاده از گره-های شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش از معادله‌ی دیفرانسیلی اصلاح شده استفاده می‌گردد.

۳-۷-۵- چند جمله‌ای موضعی^۱

این روش حداقل مجذورات متناسب را بین گره‌های شناسایی شده در محدوده‌ی بیضوی شکل، به عنوان وزن گره تخصیص می‌دهد. در این روش براساس ضرایب تخصیص داده شده، با بدست آوردن رابطه‌ی درجه اول، دوم و یا سوم بین مقادیر X ، Y و Z و حداقل سازی اطلاعات محاسبه شده، درون‌یابی صورت می‌گیرد (جانستون، ۲۰۰۱).

۳-۷-۶- روش توابع پایه شعاعی^۲

از جمله روش‌های درون‌یابی است که در آن سطح تخمین از مقادیر مشاهده‌ای عبور می‌کند. از خصوصیات این روش که حالتی از شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد، این است که مقادیر بیشتر از حداکثر مشاهده‌ای و یا کمتر از حداقل مشاهده‌ای در سطح تخمین وجود دارد. در روش معکوس فاصله نیز سطح تخمین از مقادیر مشاهده‌ای عبور می‌نماید اما این روش هیچ‌گاه مقادیر بیشتر از حداکثر و کمتر از حداقل داده‌های مشاهده‌ای را تخمین نمی‌زند. روش توابع پایه شعاعی براساس پنج تابع مختلف درون‌یابی اطلاعات را انجام می‌دهد که هسته‌ی اصلی توابع، مجموع مقادیر مجذورات $(h^2 + R^2)$ می‌باشد. مقادیر h و R به ترتیب فاکتور هموار کننده و ترسیم ناهمسان گرد مرتبط با فاصله‌ی نقطه تا گره می‌باشد (کارلسون و فولی، ۱۹۹۱). مانند مدل کریجینگ برای این مدل پنج حالت در نرم افزار تعریف شده است. حالات پیش فرض شامل موارد ذیل می‌باشد:

نواری باریک کاملاً منظم^۳، نواری باریک با کشش^۴، درجه دوم^۵، درجه دوم معکوس^۶، صفحه‌ای باریک^۷

¹ Local Polynomial Method

² Radial Basis Function Method

³ Completely regularized spline

⁴ Spline with tension

⁵ Multi Quadratic

⁶ Inverse Multi Quadratic

⁷ Thin Plate Spline

۳-۸- معیار ارزیابی

به منظور مقایسه‌ی روش‌های استفاده شده در این پژوهش و انتخاب مناسب‌ترین روش زمین‌آمار، از تکنیک اعتبار سنجی متقابل^۱ استفاده شد. در این روش، در هر مرحله یک نقطه مشاهده‌ای حذف شده و با استفاده از بقیه نقاط، آن نقطه برآورد می‌شود. این کار برای همه‌ی نقاط مشاهده‌ای تکرار می‌شود، به طوری که در آخر به تعداد نقاط مشاهده‌ای، برآوردی وجود خواهد داشت بنابراین همبستگی بین مقادیر جدید تخمین زده شده و مقادیر تخمین زده شده توسط مدل صحت روش درون‌یابی را برآورد می‌نماید (جانستون، ۲۰۰۱). همچنین با استفاده از مدل‌های بدست آمده، در تعدادی از نقاطی که اندازه‌گیری وجود داشت، مقادیر تخمینی محاسبه گردید. همچنین برای اطمینان بیشتر ۲۵ درصد داده‌ها برای آموزش و ۷۵ درصد آن برای تست استفاده گردید.

معیارهای مختلفی نیز برای ارزیابی کارایی روش‌های میان‌یابی وجود دارد، که می‌توان به ریشه‌ی دوم میانگین مربعات خطا^۲ و انحراف استاندارد عمومی^۳ اشاره کرد (صفر معروفی، ۱۳۸۸). معادلات مربوطه به قرار ذیل هستند:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [Z^*(x_i) - Z(x_i)]^2}{n}} \quad (۵-۳)$$

$$GSD = \frac{RMSE}{\bar{Z}(x)} \quad (۶-۳)$$

که در آنها n تعداد نقاط مشاهده‌ای، $\bar{Z}(x)$ میانگین مقادیر مشاهده‌ای، $Z^*(x_i)$ مقدار برآوردی در نقطه‌ی i ام و $Z(x_i)$ مقدار مشاهده‌ای برای نقطه‌ی i ام می‌باشد.

^۱ Cross Validation

^۲ Root Mean Squared Error (RMSE)

^۳ General Standard Deviation (GSD)

فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱- مشخصات آماری داده‌های اندازه‌گیری شده

مختصات داده‌های اندازه‌گیری شده بر حسب درجه و اعشار درجه^۱ در جدول ۴-۱ مشاهده می‌گردد. از هر نقطه دو نمونه از دو عمق مختلف خاک (که قبلاً ذکر شد) برداشت گردید.

جدول ۴-۱: مختصات داده‌های اندازه‌گیری شده بر حسب درجه و اعشار درجه

شماره	X	Y	شماره	X	Y	شماره	X	Y
1	56.773	35.5911	35	56.8386	35.5549	69	56.8446	35.5576
2	56.6511	35.642	36	56.8394	35.555	70	56.8482	35.5602
3	56.6515	35.6424	37	56.8404	35.5589	71	56.8484	35.5537
4	56.65	35.6438	38	56.8415	35.5602	72	56.8447	35.5687
5	56.6122	35.6434	39	56.8409	35.5603	73	56.8326	35.5616
6	56.6086	35.6425	40	56.84	35.5638	74	56.8346	35.5563
7	56.6085	35.643	41	56.8403	35.5664	75	56.8291	35.5582
8	56.5943	35.6726	42	56.8387	35.5664	76	56.8176	35.557
9	56.5941	35.6701	43	56.8395	35.5699	77	56.8183	35.5612
10	56.5901	35.695	44	56.8409	35.5715	78	56.8101	35.56
11	56.5918	35.695	45	56.841	35.5694	79	56.8005	35.5616
12	56.5935	35.6954	46	56.8433	35.5639	80	56.7933	35.5566
13	56.5962	35.6955	47	56.8482	35.5637	81	56.7846	35.5573
14	56.5956	35.6942	48	56.8526	35.5628	82	56.7933	35.5566
15	56.5884	35.6956	49	56.8551	35.5611	83	56.773	35.5644
16	56.5885	35.6946	50	56.8546	35.5593	84	56.7674	35.5575
17	56.586	35.7006	51	56.8556	35.556	85	56.77	35.581
18	56.5871	35.7006	52	56.5752	35.7216	86	56.7674	35.5575
19	56.5853	35.7034	53	56.5725	35.722	87	56.7524	35.5826
20	56.5839	35.7106	54	56.5696	35.7226	88	56.59	35.7607
21	56.5822	35.7139	55	56.5699	35.7239	89	56.7524	35.5826
22	56.5821	35.7161	56	56.5678	35.72	90	56.59	35.7607
23	56.5811	35.7194	57	56.5668	35.7331	91	56.6043	35.7561
24	56.5806	35.7194	58	56.583	35.7303	92	56.5927	35.7076
25	56.7699	35.5679	59	56.5875	35.7429	93	56.59	35.7226
26	56.771	35.569	60	56.5884	35.7429	94	56.5908	35.6845
27	56.7695	35.5695	61	56.5899	35.7465	95	56.604	35.6689
28	56.7748	35.5564	62	56.5908	35.7459	96	56.5985	35.6599
29	56.7756	35.5572	63	56.593	35.7341	97	56.6155	35.6563
30	56.8061	35.5572	64	56.5933	35.7406	98	56.6059	35.6517
31	56.8236	35.5552	65	56.6047	35.7698	99	56.624	35.6423
32	56.8274	35.5545	66	56.605	35.7705	100	56.63	35.6495
33	56.8378	35.5532	67	56.615	35.7737			
34	56.8394	35.5527	68	56.6045	35.7673			

¹ Degree Decimal

۴-۲- آنالیز پارامترهای خاک

۴-۲-۱- شوری خاک

شوری خاک یکی از مسایل عمده‌ای است که خاک‌های کشاورزی اکثر مناطق دنیا را تهدید می‌کند. وجود آن ممکن است باعث از بین رفتن قدرت باروری خاک، کاهش محصول و یا تبدیل شدن زمین کشاورزی به زمین‌های بایر شود، که این موضوع در مناطق بیابانی و نیمه بیابانی از حساسیت بالاتری برخوردار است (سالاردینی، ۱۳۷۳). مقایسه‌ی مدل‌های درون‌یابی برای مقادیر شوری خاک در عمق ۰-۳۰ در جدول ۴-۲ نشان داده شده است. پارامتر X در تابع رگرسیون مقدار اندازه‌گیری شده برای هر نقطه‌ی نمونه‌برداری شده می‌باشد.

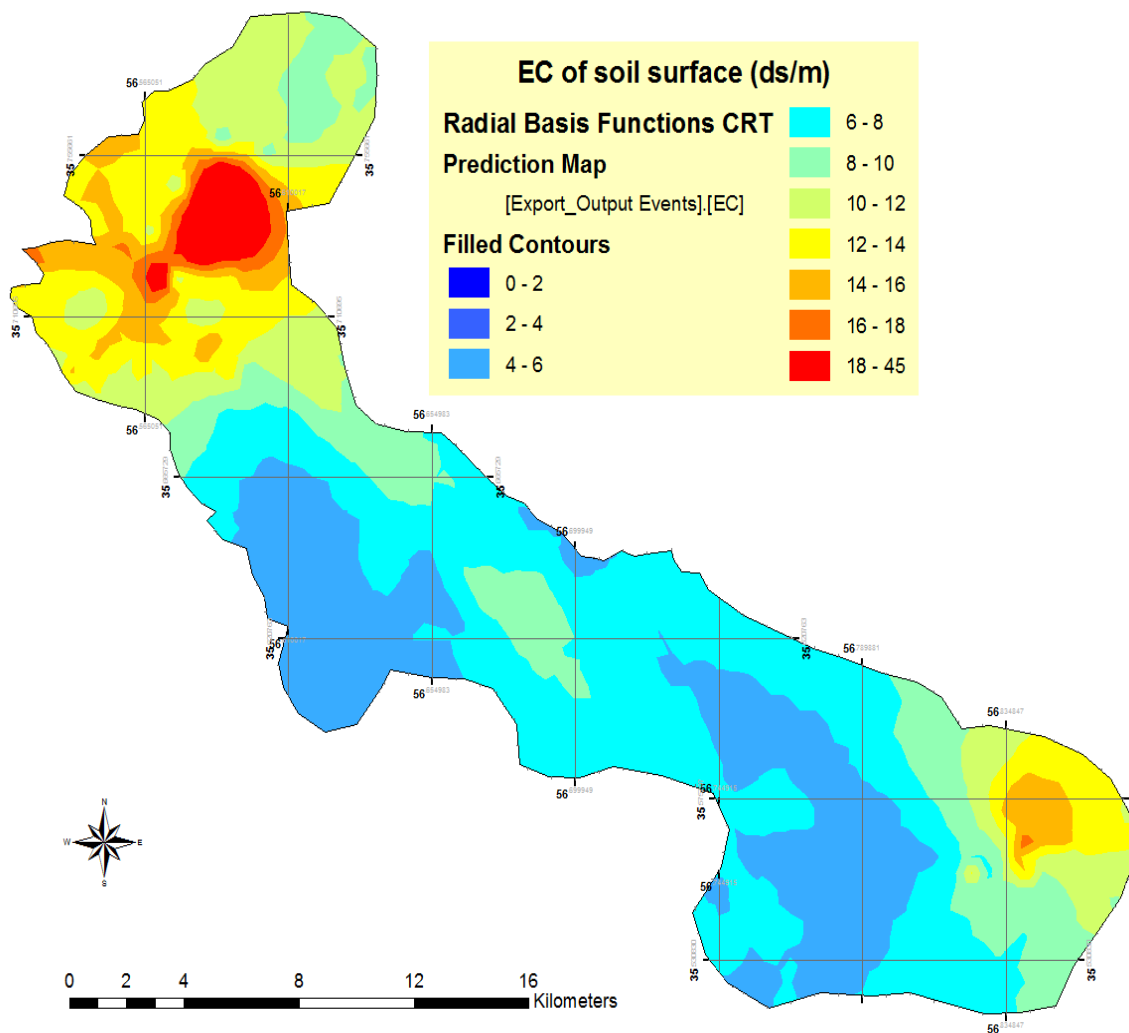
جدول ۴-۲- مقایسه مدل‌های مختلف درون‌یابی برای مقادیر هدایت الکتریکی خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری (ds/m)

مدل	حالت	RMSE	GSD	تابع رگرسیون	R^2
معکوس فاصله	-	7.746	0.679	$0.369 * x + 7.078$	0.65
کریجینگ	Ordinary	8.068	0.707	$0.335 * x + 6.994$	0.78
	Universal	8.218	0.720	$0.267 * x + 7.525$	0.81
	Simple	8.452	0.739	$0.318 * x + 6.980$	0.85
	Disjunctive	8.406	0.737	$0.328 * x + 6.913$	0.69
	Completely Regularized Spline	7.644	0.653	$0.386 * x + 6.447$	0.93
	Spline with Tension	7.644	0.670	$0.385 * x + 6.457$	0.91
توابع پایه شعاعی	Multi quadratic	8.187	0.716	$0.416 * x + 5.989$	0.83
	Inverse Multi quadratic	7.723	0.677	$0.286 * x + 7.290$	0.9
چند جمله‌ای موضعی	Thin Plate Spline	10.18	0.897	$0.451 * x + 5.235$	0.6
	-	7.835	0.687	$0.408 * x + 6.419$	0.76

با توجه به جدول و ارزیابی روش‌های میان‌یابی و دو شاخص GSD و RMSD

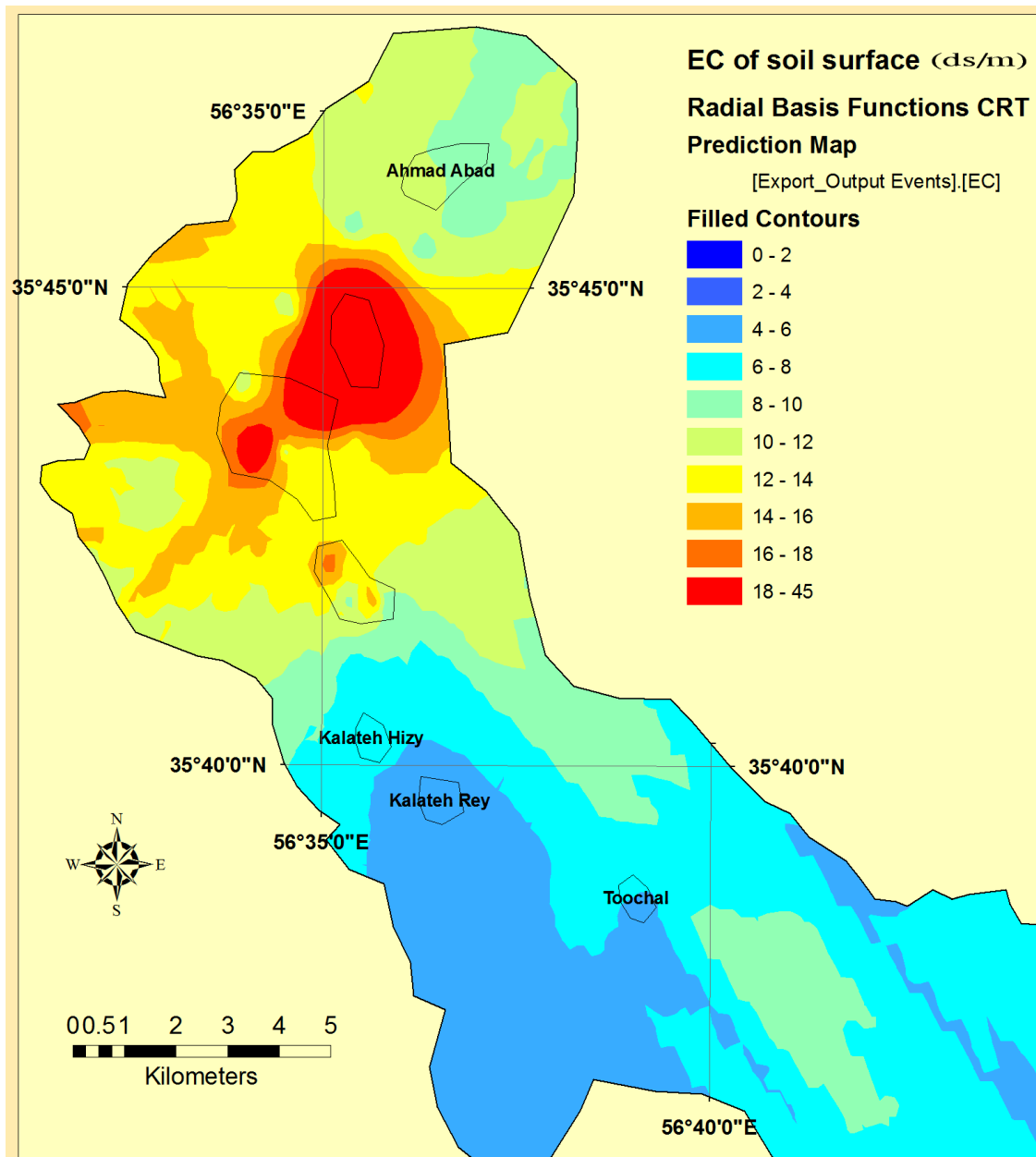
که اعداد پایین‌تر نشان دهنده صحت بالاتر مدل است (شی و لیو، ۲۰۰۸)، به نظر می‌-

رسد که مدل توابع پایه شعاعی در حالت نواری باریک کامل^۱ بهترین مدل برای ارزیابی شوری خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی متر منطقه‌ی مورد مطالعه می‌باشد (در صورت استفاده از این مدل نسبت به سایر مدل‌ها خطای کمتری اتفاق افتاده است).

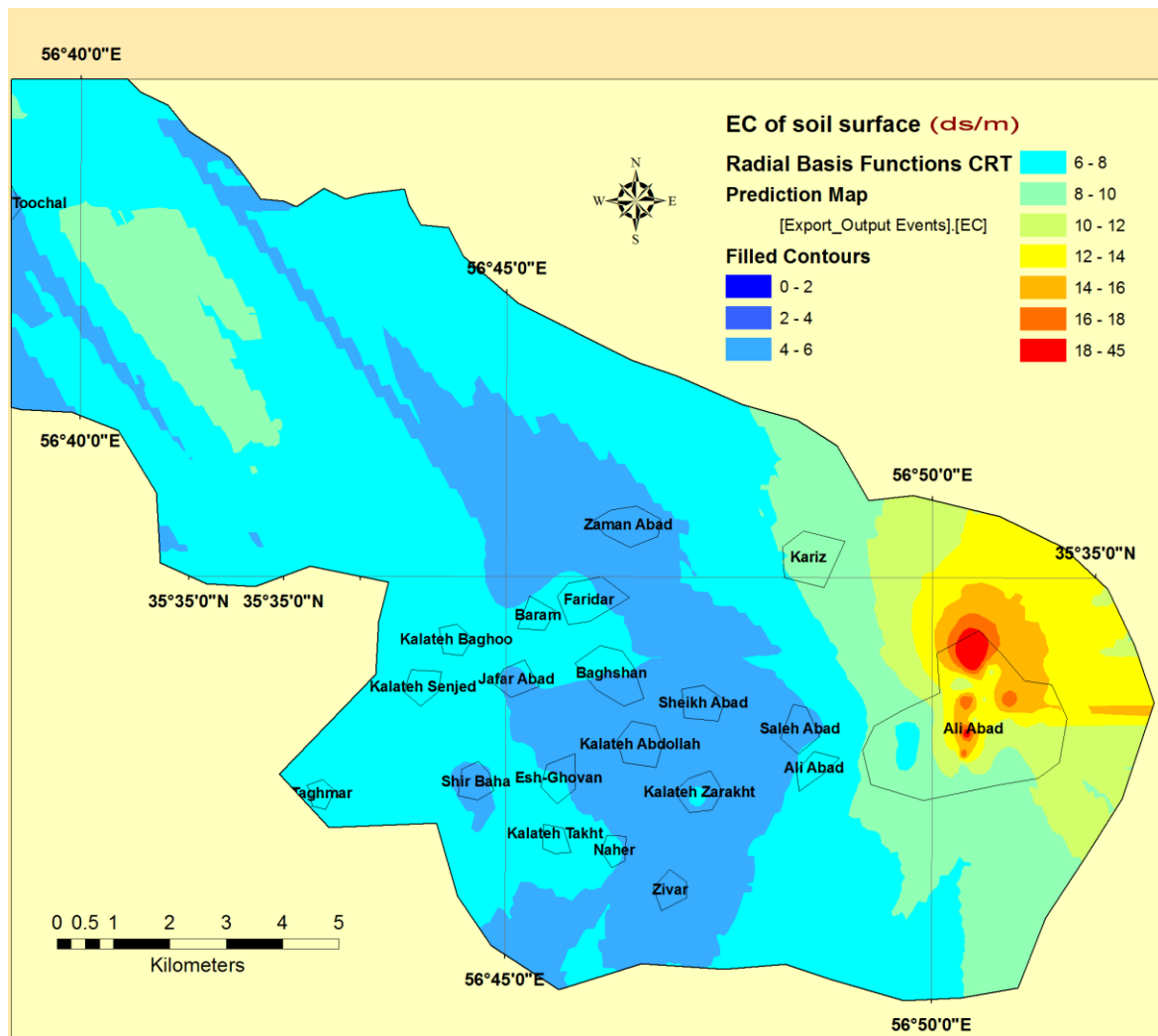


شکل ۴-۳۴: نقشه هدایت الکتریکی خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی متری به روش نواری باریک کامل

¹ Completely Regularized Spline



شکل ۴-۳۵: نقشه هدایت الکتریکی خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی متری به روش نواری باریک - شمال منطقه خارتوران



شکل ۴-۳۶- نقشه‌ی هدایت الکتریکی خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری به روش نواری باریک - جنوب منطقه خارتوران

با توجه به شکل ۲-۴ و ۳-۴ و مقایسه‌ی مناطق کشاورزی (که با خط‌های بسته مشخص شده است) و مناطق بکر به نظر می‌رسد که تجمع عمده‌ی املاح و شوری در خاک سطحی مناطق کشاورزی (شمال غربی شکل ۲-۴ و جنوب شرقی شکل ۳-۴) نسبت به مناطق بکر تفاوت بسیار زیادی دارد. این تفاوت ممکن است به دلایل ذیل باشد:

۱. آبیاری شدن زمین‌های کشاورزی
۲. استفاده از آب کم‌کیفیت و یا شور (در نواحی شمالی شکل ۲-۴، اکثر مزارع با آب چاه‌های عمیق و نیمه عمیق آبیاری می‌گردد که کیفیت آب چاه‌های منطقه مناسب نمی‌باشد).

۳. شیب عمومی منطقه به سمت شمال غربی شکل ۴-۲ می‌باشد که رودخانه‌های دائمی و فصلی به آن سمت جریان داشته که این رودخانه‌ها املاح را در مسیر حرکت خود شستشو داده و به آن سمت حمل می‌کنند.

۴. تبخیر و تعرق منطقه در فصل گرم زیاد بوده (به دلیل نیمه بیابانی بودن منطقه) که خیز موئینه باعث تجمع املاح در سطح خاک می‌گردد.

۵. زهکشی ضعیف خاک و یا وجود سخت لایه در اعماق خاک که باعث کاهش سرعت نفوذ آب در زمین می‌گردد.

با توجه به شکل ۴-۱ زمین‌های کشاورزی در شمال و جنوب منطقه به دلیل شوری بالا در خطر از دست دادن باروری و کاهش تولید محصولات کشاورزی هستند، با توجه به این نکته که عمده ترین مناطق کشاورزی منطقه در شمال منطقه متمرکز و اکثر چاه‌های آب منطقه نیز در شمال آن قرار دارند، ضروری ترین اقدام اصلاح خاک آن مناطق می‌باشد. در این رابطه اقدامات ذیل پیشنهاد می‌گردد:

۱. اصلاح روش‌های سنتی آبیاری و استفاده از روش‌های جدید آبیاری.
۲. سعی در برداشت کمتر از سفره‌های آب زیر زمینی (که باعث پایین رفتن آب در سطح سفره‌های آب زیرزمینی شده و به مرور زمان باعث کمتر شدن کیفیت آب می‌شود).
۳. استفاده از ارقام مقاوم به شوری خاک.
۴. استفاده از کودهای زیستی (مانند کود سبز و غیره) و بیولوژیک و به حداقل رساندن استفاده از کودهای شیمیایی (برخی کودهای بیولوژیک باعث افزایش مقاومت گیاهان به شوری خاک می‌گردد).
۵. اصلاح روش‌های خاکورزی سنتی و استفاده از نظام‌های با حداقل خاکورزی.
۶. پیاده نمودن عملیات زهکشی در صورت امکان.
۷. کاشت گیاهانی که برداشت بالای نمک از خاک دارند و سپس درو کردن آن گیاهان.

در تحقیقی که در سال ۱۳۸۲ توسط میرمحمدی میبیدی و همکاران بر دو گونه چمن شور ساحلی یا برت^۱ و چمن شور پا گربه‌ای یا بونو^۲ در اصفهان انجام گردید مشخص شد که این دو گونه قادرند بر اساس هدایت الکتریکی خاک از ۲۳ درصد تا ۴۳ درصد از شوری خاک را در غده‌های نمکی خود به بیرون ترشح نمایند و در شرایط مناسب تا ۵۰ درصد شوری خاک را کاهش دهند. مقایسه‌ی مدل‌های میان‌یابی برای پارامتر شوری خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متر خاک در جدول ۳-۴ نشان داده شده است.

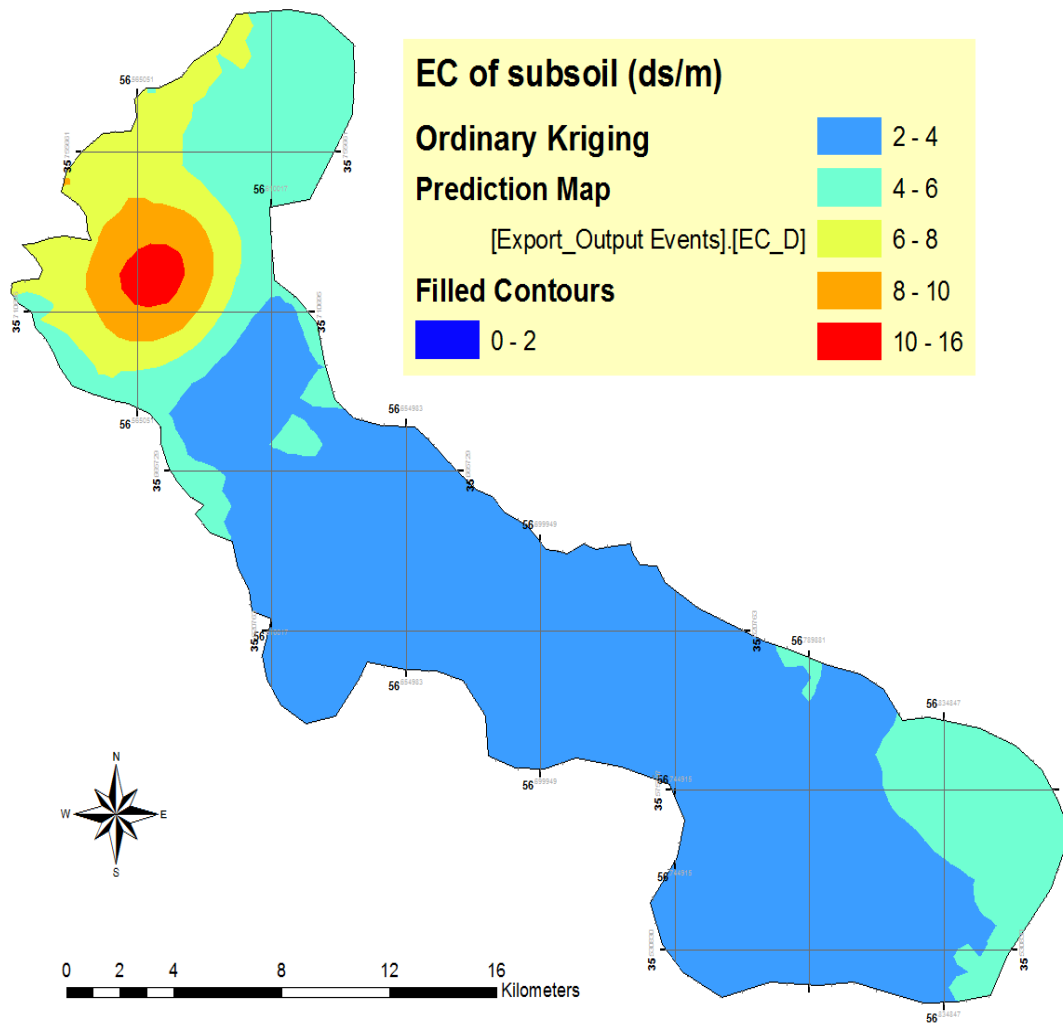
جدول ۳-۴: مقایسه‌ی مدل‌های درون‌یابی برای هدایت الکتریکی خاک در عمق ۳۰-۶۰ (ds/m)

R ²	تابع رگرسیون	GSD	RMSE	حالت	مدل
0.63	0.075 * x + 4.382	1.1704	6.048	-	معکوس فاصله
0.92	0.098 * x + 4.108	1.144	5.912	Ordinary	کریجینگ
0.69	0.088 * x + 4.130	1.223	6.324	Universal	
0.91	0.069 * x + 4.563	1.146	5.925	Simple	
0.88	0.062 * x + 4.342	1.159	5.994	Disjunctive	
0.6	0.098 * x + 4.073	1.202	6.213	Completely Regularized Spline	توابع پایه شعاعی
0.61	0.096 * x + 4.117	1.195	6.168	Spline with Tension	
0.6	0.093 * x + 3.377	1.376	7.112	Multi quadratic	
0.87	0.072 * x + 4.146	1.151	5.985	Inverse Multi quadratic	
0.6	0.104 * x + 4.073	1.932	6.252	Thin Plate Spline	
0.67	0.095 * x + 4.385	1.161	6.004	-	چند جمله‌ای موضعی

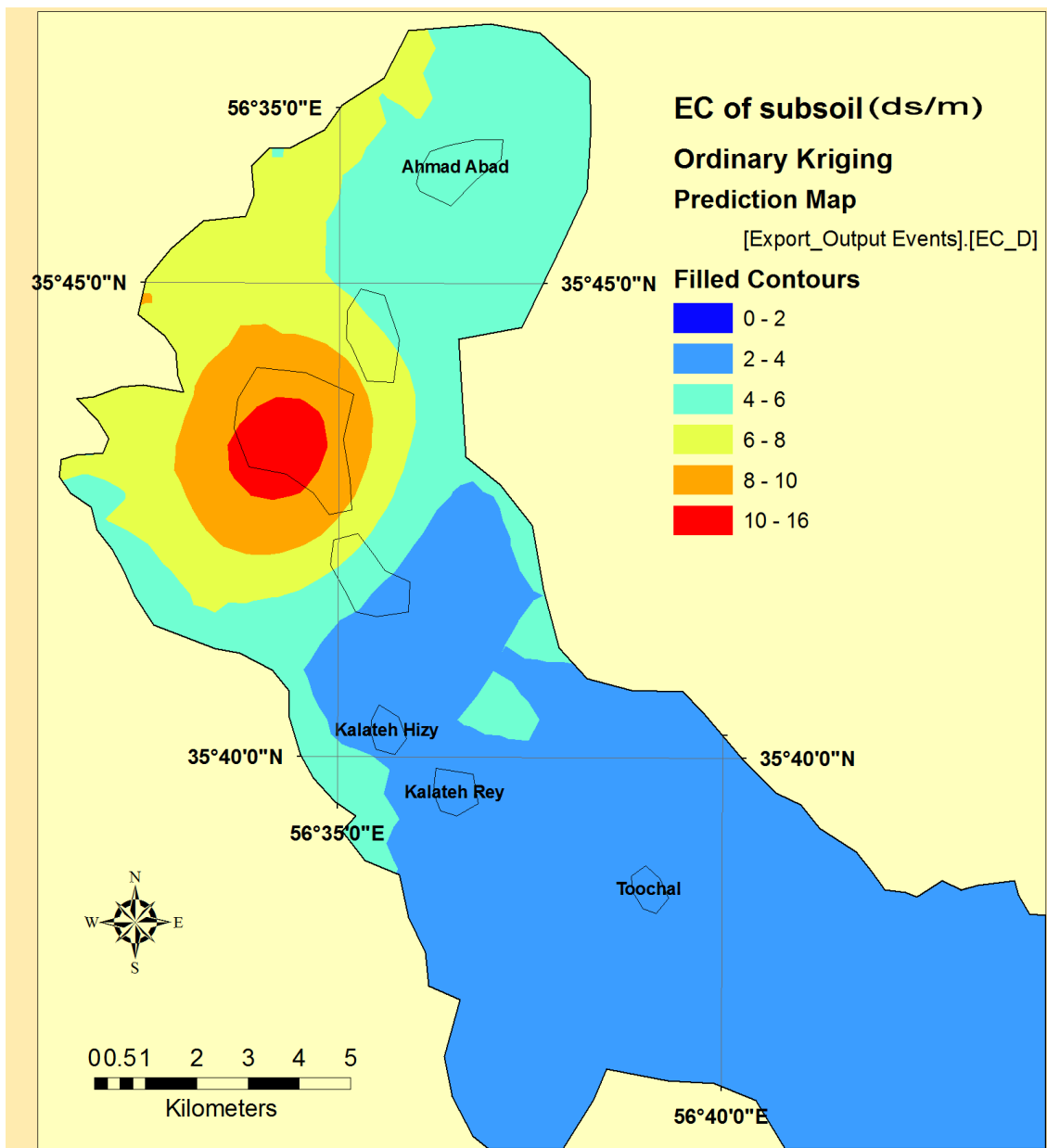
با مقایسه مقادیر RMSE و GSD در جدول ۳-۴ در عمق ۳۰-۶۰ مشخص است که مدل کریجینگ معمولی و مدل کریجینگ ساده تفاوت معنی داری نداشته و هر دو مدل برای درون‌یابی مقادیر هدایت الکتریکی خاک عمقی قابل استفاده می‌باشد.

¹ Aeluropus Littoralis

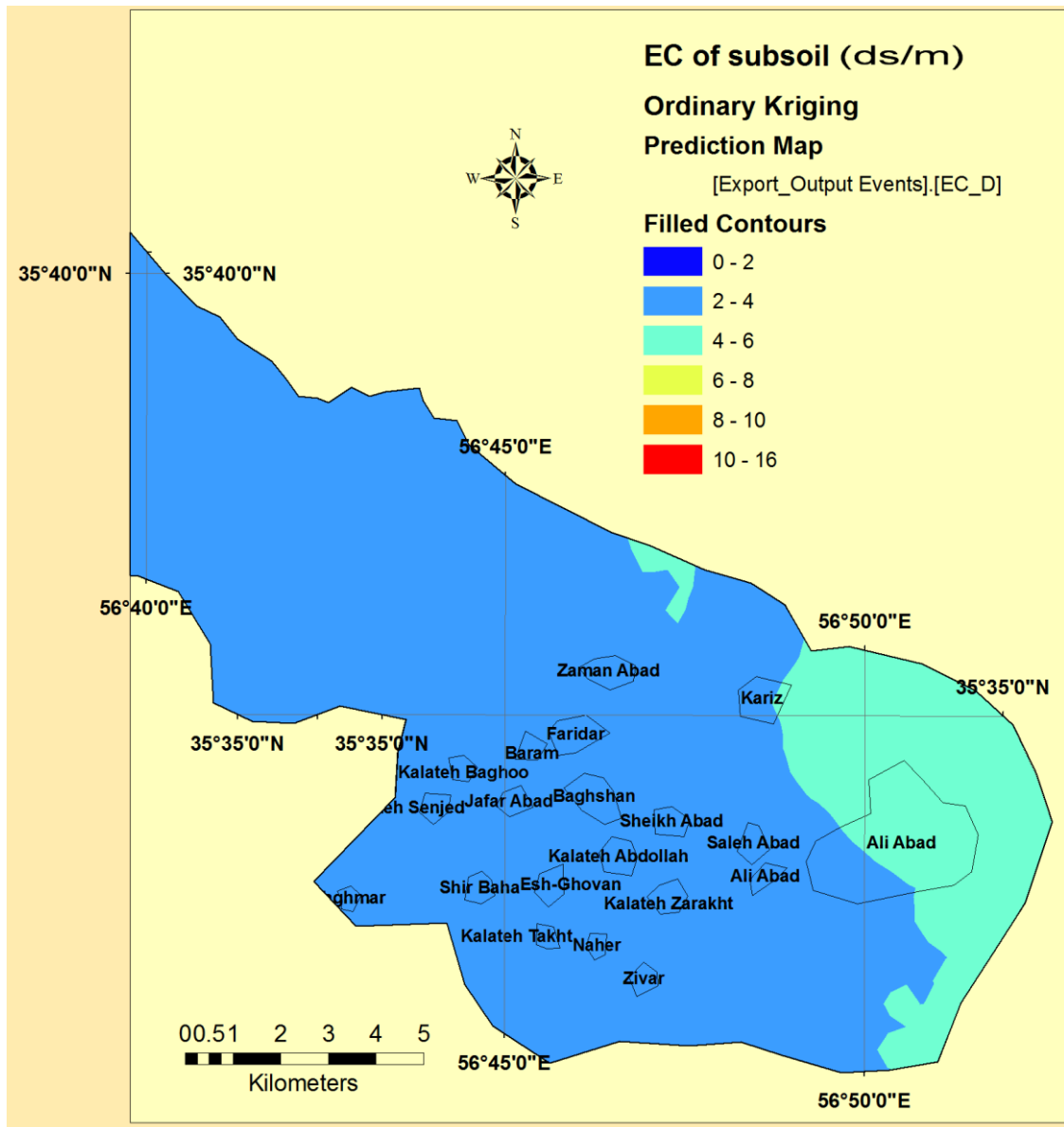
² Aeluropus Lagopoides



شکل ۴-۳۷: نقشه هدایت الکتریکی خاک به روش کریجینگ معمولی در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری (دسی‌زیمنس بر متر)



شکل ۴-۳۸ - نقشه هدایت الکتریکی خاک به روش کریجینگ معمولی در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری (دسی‌زیمنس بر متر) -شمال منطقه خارتوران



شکل ۴-۳۹: نقشه هدایت الکتریکی خاک به روش کریجینگ معمولی در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری (دسی‌زیمنس بر متر)- جنوب منطقه خارتوران

با توجه به شکل‌های ۴-۵ و ۴-۶ مشخص است که فقط در قسمت شمالی شکل ۴-۵ شوری در

عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری خاک بسیار بالا است که به نظر می‌رسد به دلایل ذیل باشد:

۱. زهکشی ضعیف منطقه.
۲. استفاده از آب‌هایی با کیفیت پایین در کشاورزی.
۳. شیب کلی منطقه که به سمت ناحیه‌ی مورد نظر می‌باشد.

۴. بالا بودن سطح ایستابی

با توجه به کم بودن شوری خاک در اعماق خاک می‌توان با کاشت گیاهانی که ریشه‌های عمیق دارند تا حد زیادی از شوری اجتناب نموده و همچنین شاهد عملکرد بالا و بازده اقتصادی مناسب بود (علیزاده، ۱۳۸۳).

۴-۲-۱-۱- مقایسه میانگین مقادیر هدایت الکتریکی در اعماق مختلف

مقادیر میانگین هدایت الکتریکی در عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ به ترتیب ۱۱/۳۹ و ۵/۱۶ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. کمترین و بیشترین مقدار هدایت الکتریکی در عمق ۰-۳۰ سانتی متری به ترتیب ۱/۹ و ۴۵ دسی‌زیمنس بر متر و در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری به ترتیب ۱ و ۴۷ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. ارقام میانگین مقادیر شوری نشان می‌دهد که شوری در سطح خاک به طور متوسط دو برابر شوری در عمق خاک می‌باشد که این موضع اهمیت کنترل نمودن و توجه به شوری را در سطح خاک افزایش می‌دهد؛ زیرا نفوذ ریشه در اکثر گیاهان زراعی محدود به عمق ۳۰ سانتی متری خاک می‌گردد و عدم توجه به شوری خاک می‌تواند باعث مشکلات فراوانی گردد. با توجه به مقادیر میانگین شوری خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری خاک که تقریباً نصف مقدار مشابه در خاک سطحی می‌باشد این نکته به نظر می‌آید که آبیاری با آب شور و عدم تامین نیاز آبشویی بیشتر از خیز مویینه باعث شوری خاک سطحی شده است و به نظر می‌رسد که مواد تشکیل دهنده خاک (و یا مواد مادری) کانی‌هایی با درصد شوری بسیار پایین هستند (در حدود ۸۰ درصد خاک سطحی دارای شوری بین ۲ و ۴ می‌باشد)، فقط در شمال منطقه خارتوران شوری بالایی دیده می‌شود (شکل ۴-۵) که به نظر می‌رسد دلیل عمده‌ی آن کشت و کار زیاد در منطقه و آبیاری با آب شور و نفوذ نمک‌ها به عمق خاک می‌باشد. با توجه به شکل ۴-۵ و ۴-۶ الگوی خاصی بین مناطق کشت شده و مناطق کشت نشده از نظر شوری در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری مشاهده نمی‌شود.

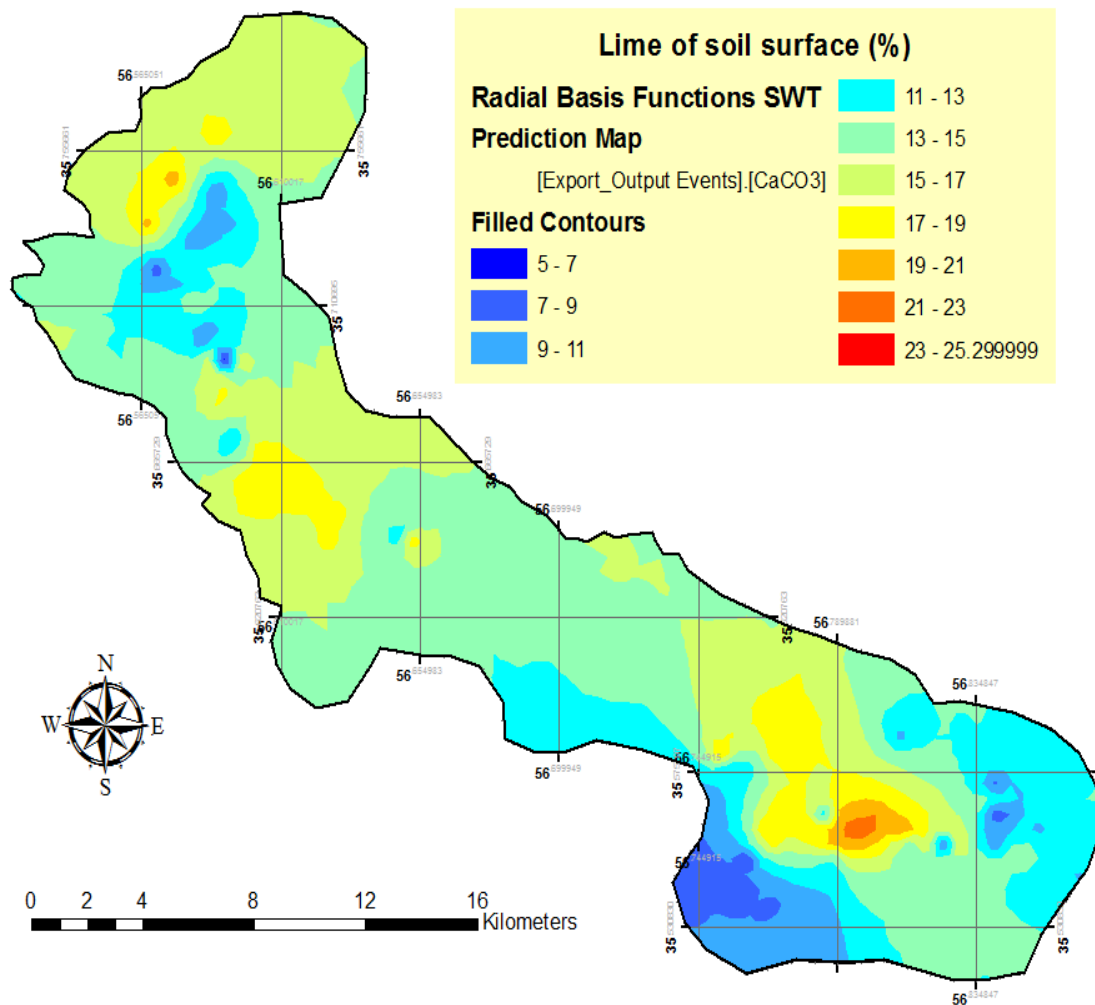
۴-۱-۲- آهک و اسیدپته خاک

در خاک‌های آهکی فراوانی کربنات کلسیم، کمی مواد آلی، بالا بودن pH و بی‌کربناته بودن آب آبیاری سبب گردیده کاهش حلالیت و قابلیت استفاده عناصر غذایی به ویژه فسفر و عناصر غذایی کم مصرف شود (علیزاده، ۱۳۷۴). مقایسه مدل‌های میان‌یابی برای پارامتر آهک خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک در جدول ۴-۴ قابل مشاهده است.

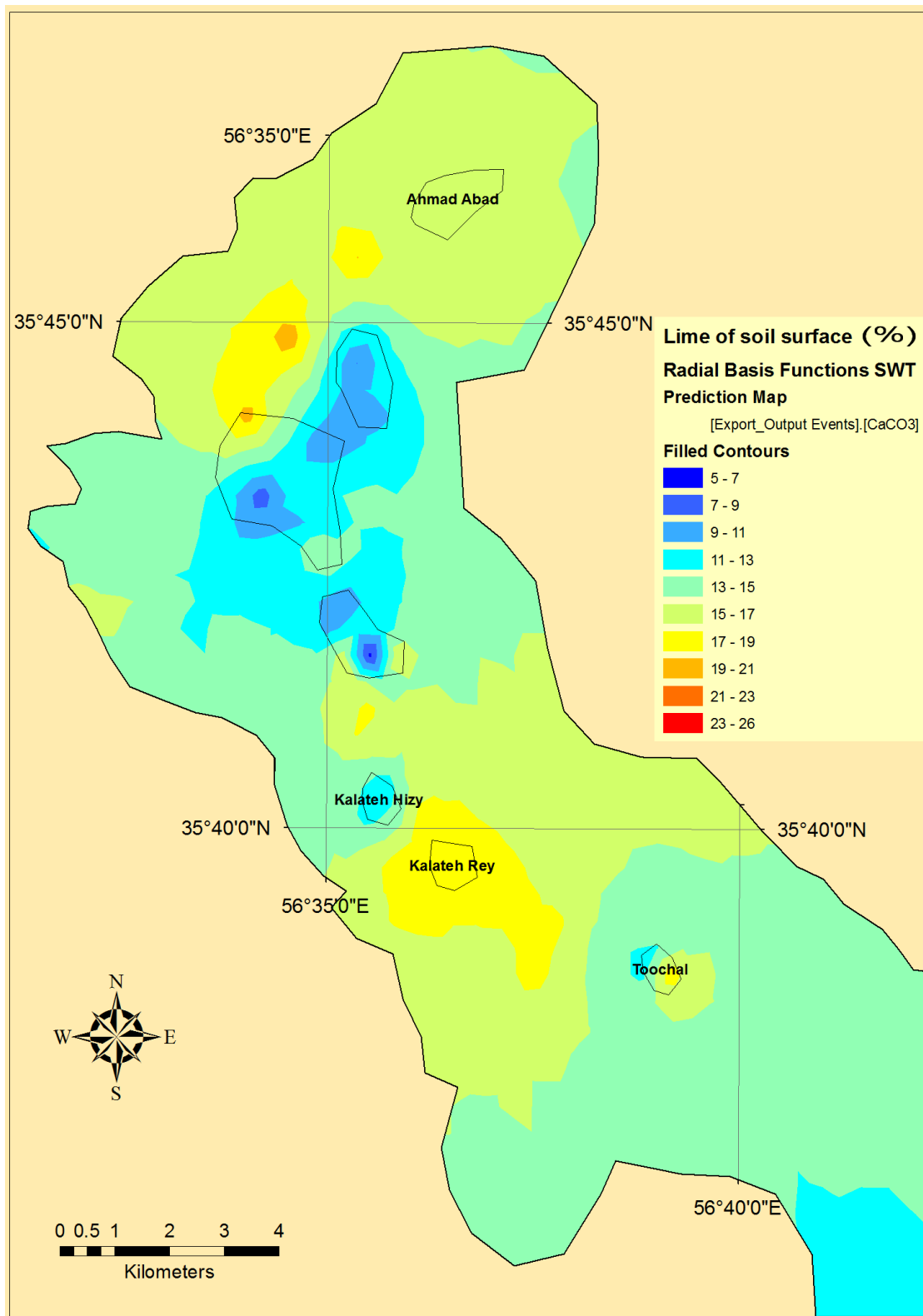
جدول ۴-۴: مقایسه‌ی مدل‌های میان‌یابی برای مقادیر آهک خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی متری (درصد)

R ²	تابع رگرسیون	GSD	RMSE	حالت	مدل
0.77	0.477 * x + 6.451	0.286	4.083	-	معکوس فاصله
0.73	0.301 * x + 9.650	0.297	4.248	Ordinary	کریجینگ
0.76	0.438 * x + 7.690	0.281	4.025	Universal	
0.74	0.323 * x + 8.837	0.29	4.147	Simple	
0.74	0.359 * x + 8.337	0.288	4.12	Disjunctive	
0.8	0.477 * x + 6.847	0.274	3.924	Completely Regularized Spline	
0.9	0.464 * x + 7.109	0.272	3.398	Spline with Tension	توابع پایه شعاعی
0.79	0.518 * x + 5.991	0.279	3.989	Multi quadratic	
0.81	0.438 * x + 7.891	0.273	3.907	Inverse Multi quadratic	
0.65	0.542 * x + 5.944	0.344	4.911	Thin Plate Spline	چند جمله‌ای موضعی
0.67	0.335 * x + 9.564	0.315	4.503	-	

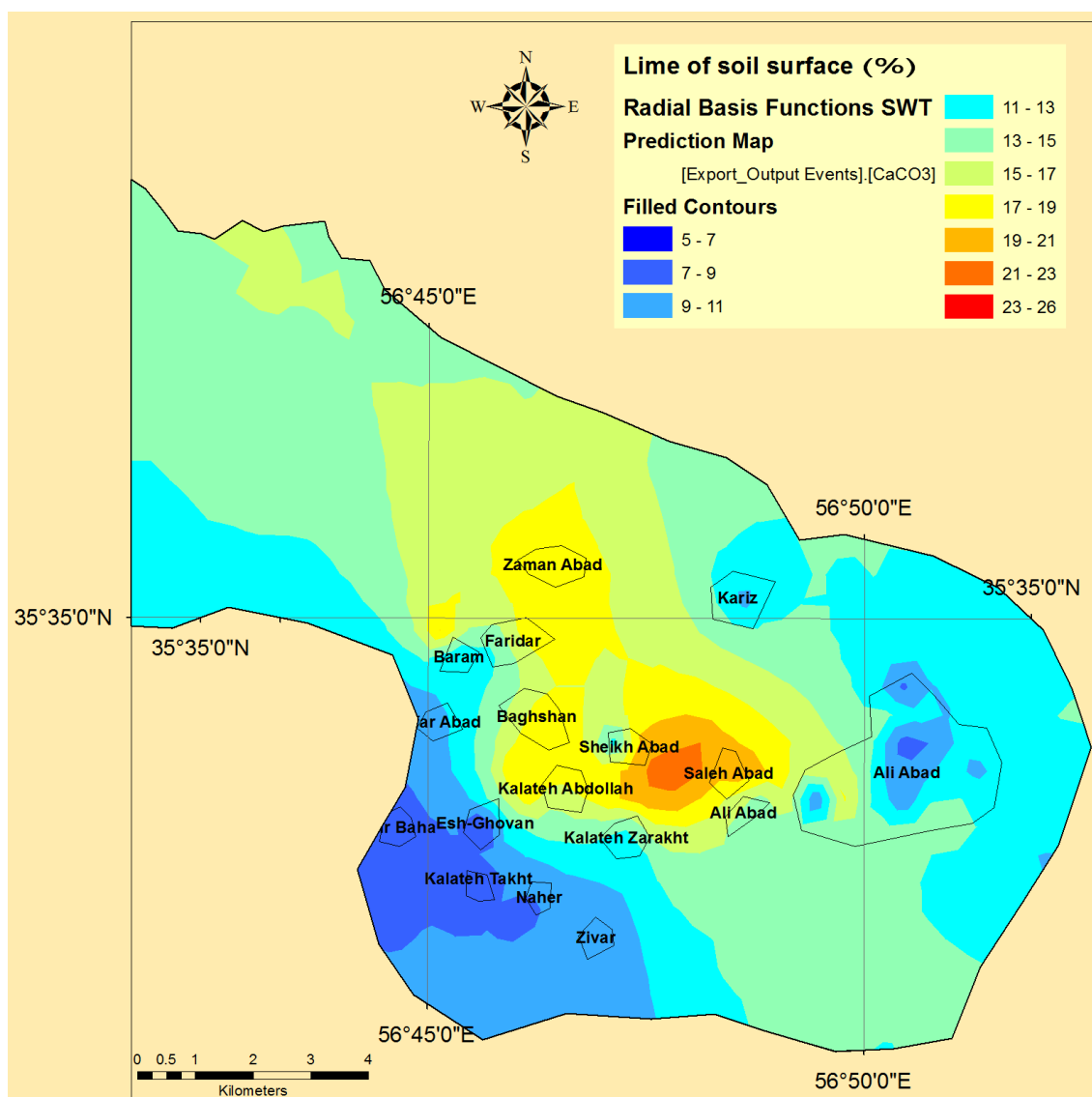
با توجه به جدول ۴-۳ مناسب‌ترین مدل با کمترین خطا برای تخمین مقادیر آهک خاک در خاک سطحی، مدل توابع پایه شعاعی در حالت نواری همراه با کشش می‌باشد (مقایسه‌ی پارامترهای RMSE و GSD که از حالت‌های دیگر کوچکتر می‌باشند).



شکل ۴-۴: نقشه آهک خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی متری کل منطقه خارتوران به روش توابع پایه شعاعی- نواری همراه با کشش



شکل ۴-۴۱: نقشه درصد آهک خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی متری به روش توابع پایه شعاعی نواری همراه با کشش - شمال منطقه خارتوران



شکل ۴-۴۲: نقشه درصد آهک در عمق ۳۰-۰ سانتی متری به روش توابع پایه شعاعی نواری همراه با کشش - جنوب منطقه‌ی خارتوران

با توجه به شکل ۴-۸ و ۴-۹ در تمام مناطق کشت شده، خاک دارای درصد آهک بیشتر از ۵ درصد بوده و بنابراین آهکی محسوب می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۳). با توجه به عملکرد مناسب محصولات کشاورزی به نظر می‌رسد که آهک عامل محدود کننده‌ای برای رشد گیاهان زراعی در منطقه محسوب نشده و یا اثر آن خیلی شدید نمی‌باشد. تنها در قسمت جنوبی شکل ۴-۹ در چند روستا آهک خاک سطحی بالا می‌باشد ولی در دیگر نقاط منطقه درصد آهک خاک پایین می‌باشد. ممکن است که درصد بالای آهک در خاک به دلیل مواد مادری در خاک باشد. سنگ‌شناسی مواد مادری و زمین‌شناسی منطقه شامل موارد ذیل می‌باشد:

توف آندزیتی^۱، گدازه‌ها و گدازه‌های بازالت قلیایی^۲، سنگ آهک گلوبوتروونکانادار^۳، سنگ آهک توده‌ای^۴، پادگانه‌های آبرفتی^۵، مارن، کنگلومرای کرمان^۶

درصد بالای آهک در خاک ممکن است باعث کم شدن فراهمی برخی عناصر کم مصرف در گیاه گردد. عناصری مانند فسفر که در حضور آهک به صورت به فرم‌های غیر قابل جذب در می‌آیند (سالاردینی، ۱۳۷۷)، بور که بر سطح آهک جذب سطحی می‌شود (گلدبرگ و فورستر ۱۹۹۱)، آهن که در خاک‌های آهکی کمبود آن مشاهده می‌گردد و غیره. جهت غلبه بر این شرایط به نظر می‌رسد اصلاح خاک با استفاده از ایجاد شرایط اسیدی راه حل مناسبی باشد. برای این منظور می‌توان از مواد شیمیایی و یا بیولوژیکی استفاده نمود. اضافه کردن گوگرد، اسید، کودهای اسیدزا و یا استفاده از کودهای بیولوژیک که حاوی باکتری‌هایی (مانند تیوباسیلوس) می‌باشند، می‌تواند به طور دائم و یا موقتی باعث ایجاد شرایط اسیدی در خاک گردد (کوچک‌زاده و همکاران، ۱۳۸۰). تحقیقات نشان می‌دهد که استفاده توأم کودهای آلی، باکتری-های اکسیدکننده گوگرد و گوگرد عنصری نتیجه بسیار رضایت بخشی به همراه خواهد داشت، به طوری که هم در باغات و هم در آزمایشات مزرعه‌ای باعث افزایش عملکرد معنی‌دار در تولیدات کشاورزی شده- است (ایرانی‌پور و ملکوتی، ۱۳۸۲).

¹ Andesitic tuff

² Lava and Alkaline basaltic lava

³ Globotruncana

⁴ Limestone, massive

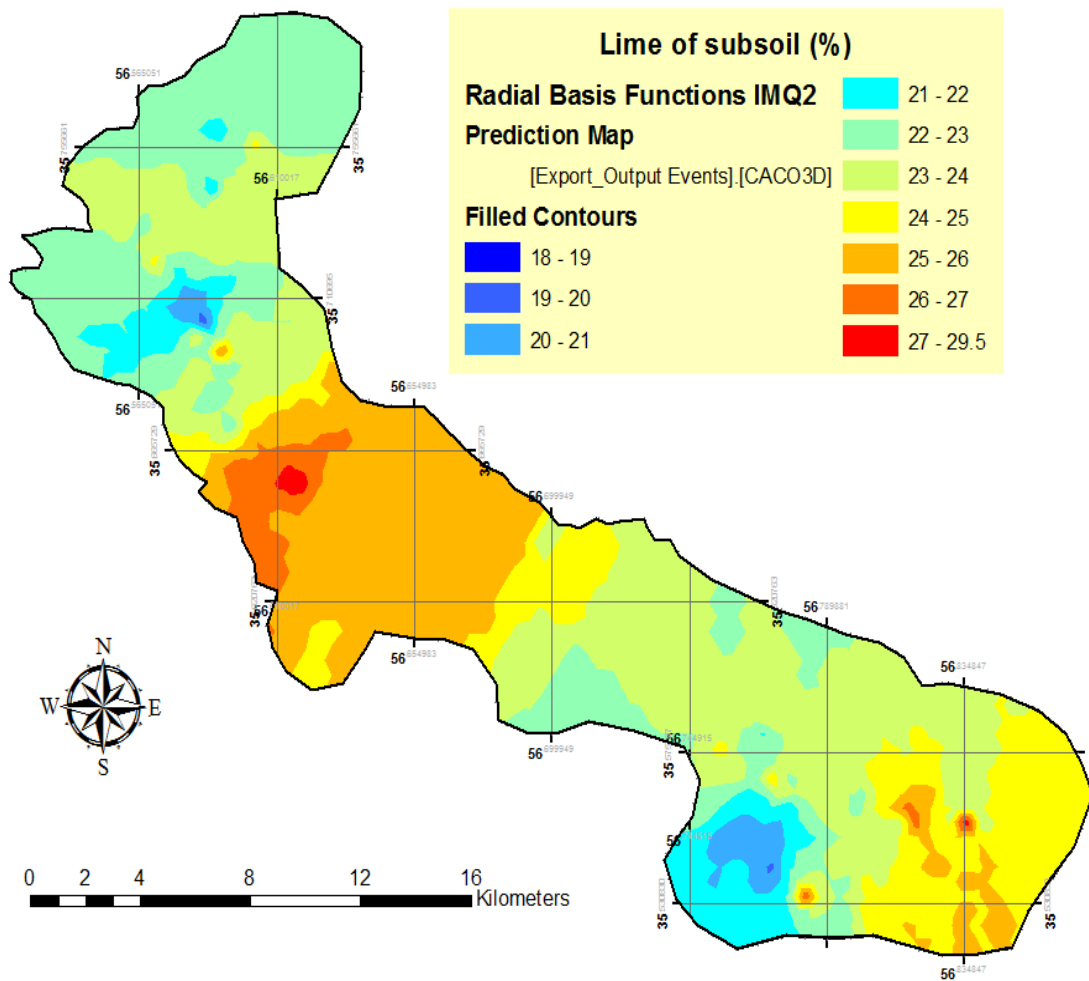
⁵ Alluvial terraces

⁶ Kerman Conglomerate

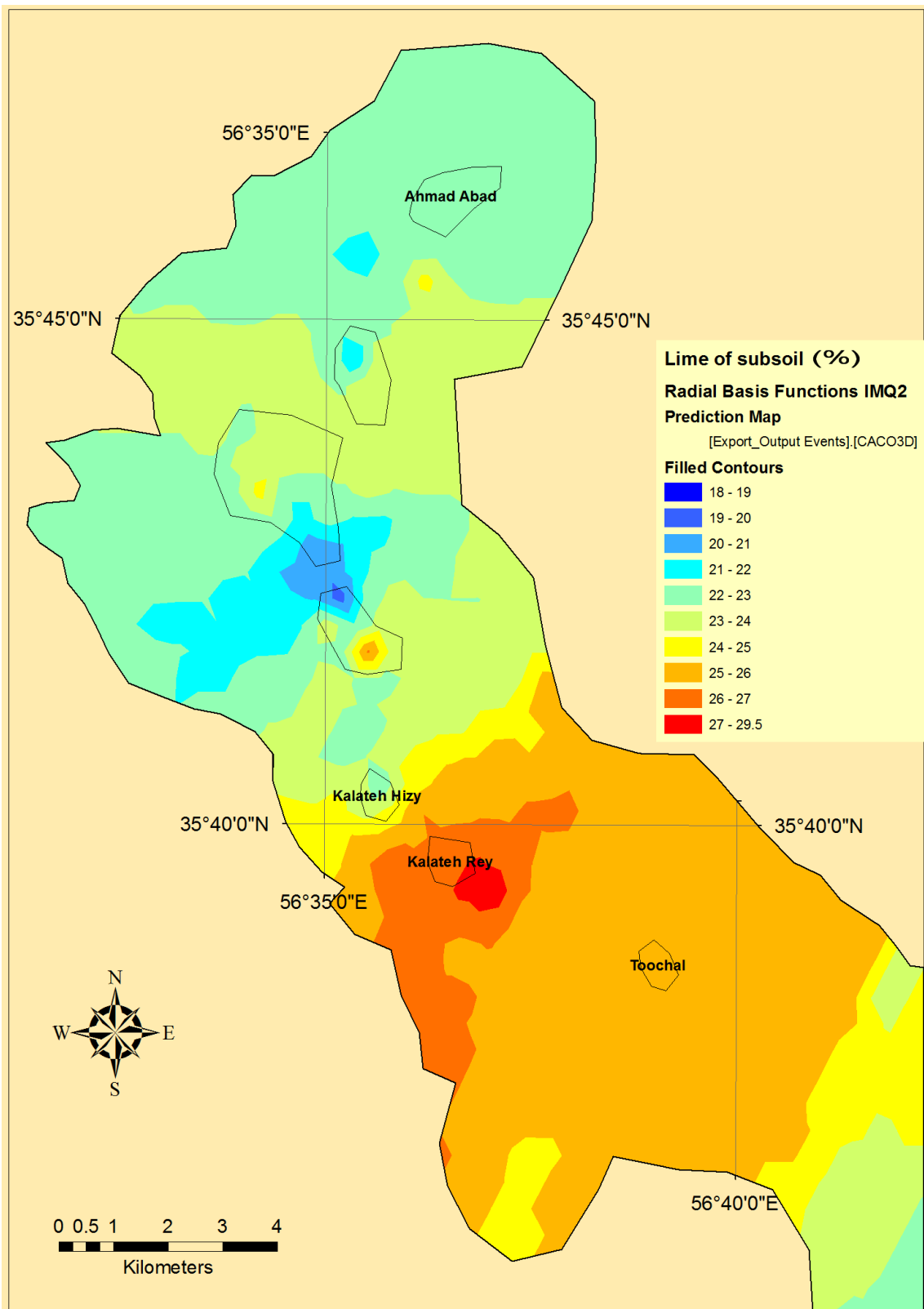
مقایسه مدل‌های میان‌یابی برای پارامتر آهک خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری خاک در جدول ۴-۵ قابل مشاهده است. با توجه به جدول ۴-۵ بهترین مدل برای درون‌یابی آهک در خاک عمقی (۳۰-۶۰ سانتی متری) مدل توابع پایه شعاعی در حالت چند ربعی معکوس می‌باشد (با مقایسه‌ی پارامترهای RMSE و GSD که از حالت‌های دیگر کوچکتر می‌باشند).

جدول ۴-۵: مقایسه‌ی مدل‌های درون‌یابی برای آهک خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری

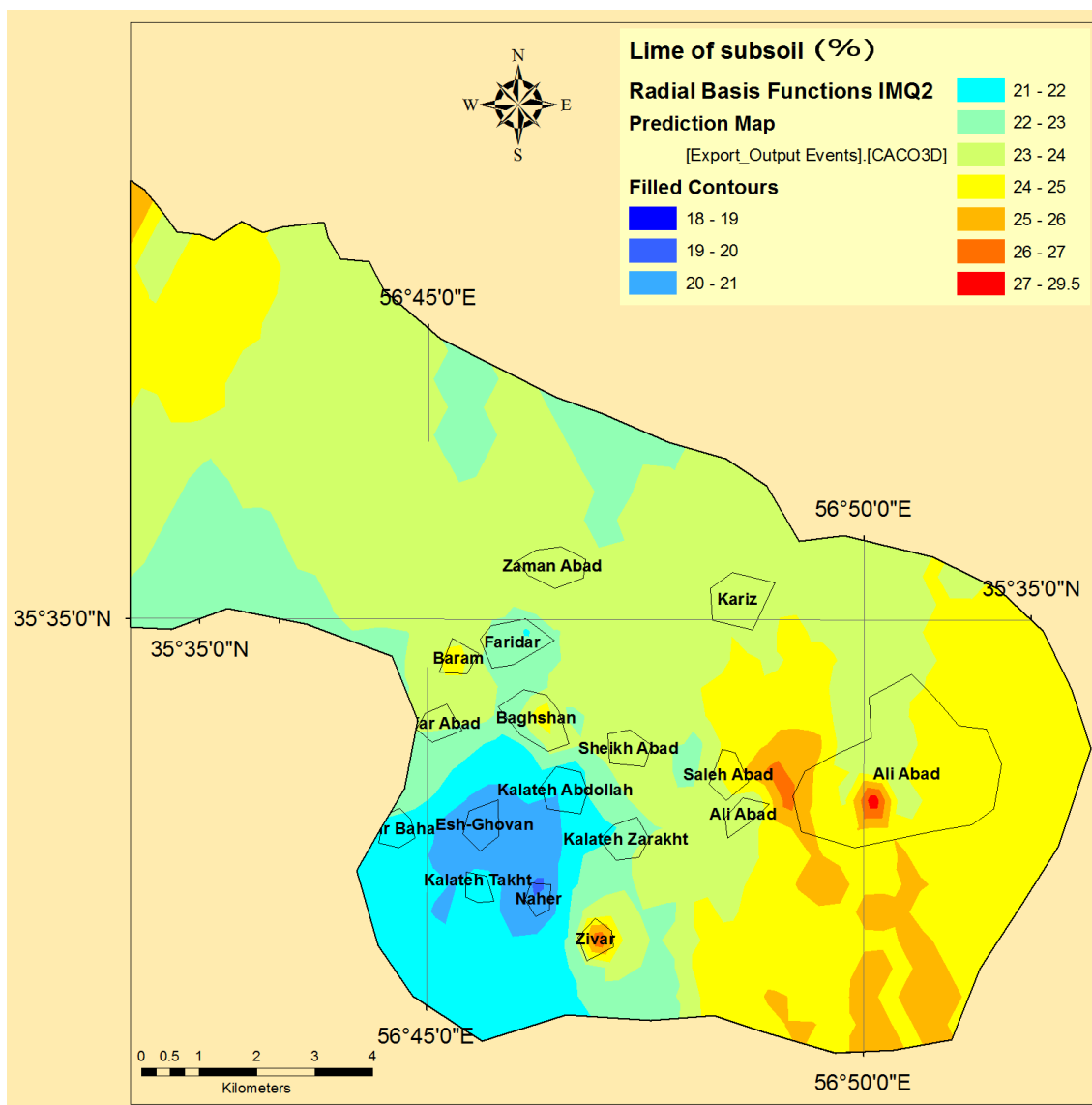
R ²	تابع رگرسیون	GSD	RMSE	حالت	مدل
0.83	0.247 * x + 17.643	0.079	1.87	-	معکوس فاصله
0.79	0.163 * x + 19.627	0.082	1.995	Ordinary	کریجینگ
0.89	0.237 * x + 17.989	0.078	1.861	Universal	
0.87	0.149 * x + 19.958	0.083	1.978	Simple	
0.88	0.167 * x + 19.613	0.082	1.95	Disjunctive	توابع پایه شعاعی
0.91	0.278 * x + 17.072	0.078	1.844	Completely Regularized Spline	
0.91	0.277 * x + 17.106	0.077	1.841	Spline with Tension	
0.9	0.425 * x + 13.593	0.08	1.891	Multi quadratic	
0.93	0.350 * x + 15.245	0.077	1.829	Inverse Multi quadratic	
0.61	0.407 * x + 13.931	0.105	2.484	Thin Plate Spline	چند جمله‌ای موضعی
0.75	0.131 * x + 20.465	0.083	1.979	-	



شکل ۴-۴۳: نقشه آهک خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری به روش توابع پایه شعاعی- چندرباعی معکوس



شکل ۴-۴۴- درصد آهک خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری به روش چنددریعی معکوس - شمال منطقه خارتوران



شکل ۴-۴۵- نقشه درصد آهک خاک در عمق ۶۰-۳۰ سانتی متری به روش چندربعی معکوس - جنوب منطقه‌ی خارتوران
 با توجه به شکل‌های ۴-۱۱ و ۴-۱۲ مشخص است که بیشترین درصد آهک در جنوب شرقی دو
 شکل می‌باشد که دلیل عمده‌ی آن وجود سنگ‌های آهکی (همانطور که در قبل گفته شد) می‌باشد، با این
 حال ممکن است آبیاری مزارع سبب شستشوی آهک سطحی خاک و تجمع آن در عمق باشد. فراوانی
 کربنات کلسیم خاک‌ها، سبب افزایش pH شیرهای سلولی و نهایتاً غیر فعال شدن تعدادی از عناصر غذایی به
 ویژه آهن، روی و فسفر در درون آوند می‌گردد. به همین دلیل علی‌رغم زیادی این عناصر در برگ‌ها، ممکن
 است علائم کمبود آنها به وضوح قابل تشخیص باشد. برای جلوگیری از وقوع چنین شرایط نامطلوب تغذیه-

ای، اسیدی کردن قسمتی از محیط ریشه، مصرف ترکیبات گوگردی مخصوصا بیوگوگرد و بیوفسفات طلائی توصیه می گردد (کوچک زاده، ۱۳۸۰).

۴-۲-۱- مقایسه میانگین مقادیر آهک در اعماق مختلف

میانگین مقادیر آهک خاک در عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی متری خاک به ترتیب ۱۴/۲۷ و ۲۳/۶۲ درصد است. کمترین و بیشترین مقدار آهک خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی متری به ترتیب ۵/۲۵ و ۲۵/۳ درصد و در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری به ترتیب ۱۸/۶ و ۲۹/۵ درصد می باشد. با توجه به ارقام میانگین، تفاوت درصد آهک ۹/۳۵ درصد بین دو عمق می باشد که علت اصلی آن ممکن است آبیاری و کشت و کار و شستشوی آهک به عمق خاک باشد. با توجه به شکل ۴-۸ و ۴-۹ اکثر مناطق کشاورزی دارای آهک کمتری نسبت به مناطق بکر در عمق ۰-۳۰ سانتی متری می باشند، فقط در برخی مناطق مرکزی شکل ۴-۹ آهک در مناطق کشاورزی بالا می باشد. با توجه به شکل ۴-۱۱ و ۴-۱۲ مقادیر آهک خاک در عمق ۰-۶۰ سانتی متری بین مناطق کشت شده و بکر از الگوی خاصی پیروی نکرده و در بیشتر مناطق آهک خاک بالا می باشد، فقط در جنوب غربی شکل ۴-۱۲ آهک خاک در مناطق کشاورزی و بکر نسبت به سایر مناطق کمتر می باشد. مقایسه‌ی مدل‌های درون‌یابی برای پارامتر pH خاک در جدول ۴-۶ نشان داده شده است.

جدول ۴-۶: مقایسه‌ی مدل‌های میان‌یابی برای مقادیر pH خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی متری

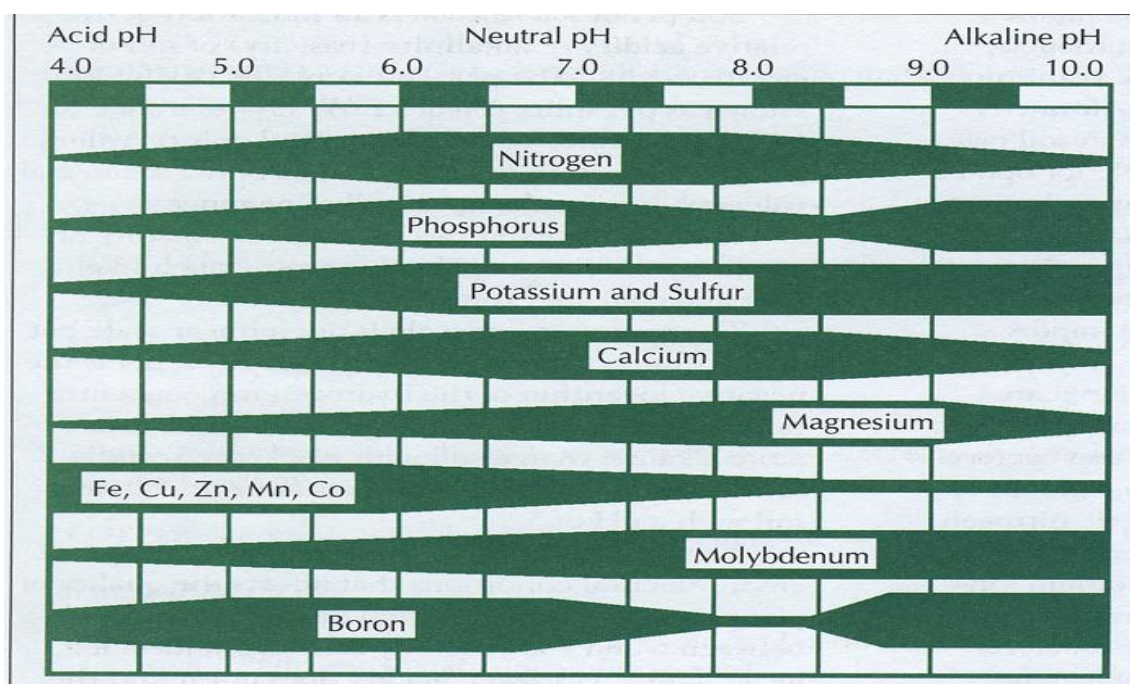
مدل	حالت	RMSE	GSD	تابع رگرسیون	R ²
معکوس فاصله	-	0.3663	0.047	$-0.051 * x + 8.096$	0.89
کریجینگ	Ordinary	0.3477	0.045	$-0.006 * x + 7.768$	0.92
	Universal	0.3581	0.046	$-0.012 * x + 7.807$	0.89
	Simple	0.3513	0.045	$-0.022 * x + 7.869$	0.85
	Disjunctive	0.3426	0.044	$0.002 * x + 7.692$	0.93
	Completely Regularized Spline	0.3884	0.050	$-0.075 * x + 8.280$	0.83
توابع پایه شعاعی	Spline with Tension	0.3806	0.049	$-0.062 * x + 8.184$	0.82
	Multi quadratic	0.4658	0.06	$-0.140 * x + 8.795$	0.71
	Inverse Multi quadratic	0.3506	0.045	$-0.016 * x + 7.840$	0.86
چند جمله‌ای موضعی	Thin Plate Spline	0.6345	0.082	$-0.233 * x + 9.533$	0.62
	-	0.3512	0.045	$0.008 * x + 7.633$	0.86

با توجه به جدول ۴-۶ روش کریجینگ جداکننده بهترین روش برای برآورد pH خاک سطحی می باشد (مقایسه‌ی پارامترهای RMSE و GSD که از حالت‌های دیگر کوچکتر می باشند). همانطور که در

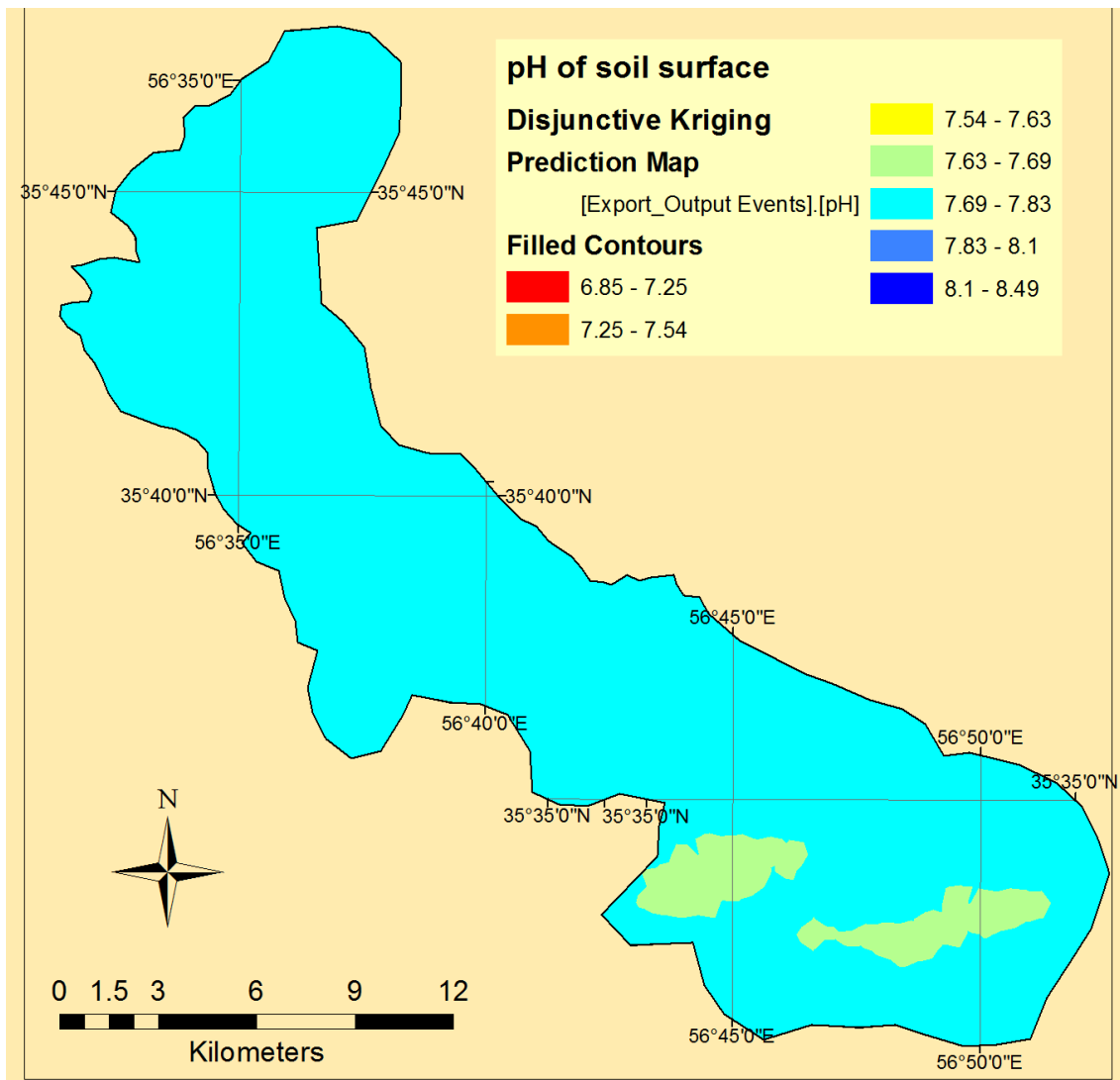
جدول ۷-۴ مشاهده می‌گردد مقادیر بهینه pH برای چند گیاه زراعی آورده شده که با مقایسه‌ی آن با مقادیر اندازه‌گیری شده در منطقه و نقشه رسم شده و شکل ۴-۱۳ اهمیت اصلاح خاک منطقه و رساندن pH خاک به حد مطلوب امری واضح می‌باشد و برای رسیدن به حداکثر کارایی و افزایش بازده تولید محصولات کشاورزی می‌توان از روش‌های ذکر شده در قبل استفاده نمود.

جدول ۷-۴- مقادیر pH مطلوب برای گیاهان مختلف (خواجه پور، ۱۳۸۳)

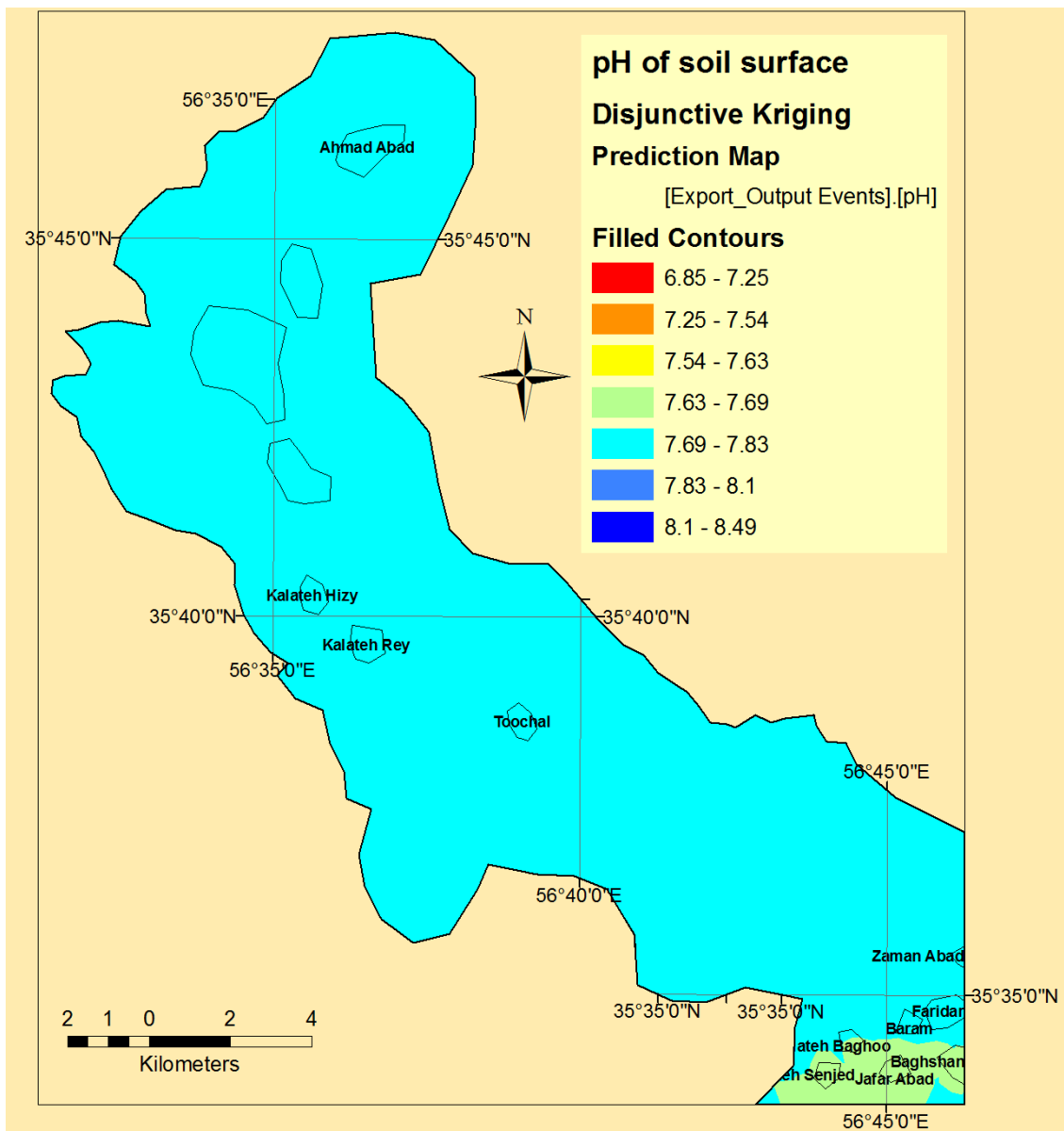
گیاه	گندم	جو	یونجه	شبدر	پنبه	ذرت	یولاف	چغندر	پیاز	خیار
pH مطلوب	۷/۵ تا ۵/۵	۸/۵ تا ۶/۵	۷/۵ تا ۶	۶ تا ۵	۷/۵ تا ۵/۵	۷ تا ۵	۷/۵ تا ۵	۷ تا ۶	۷/۴ تا ۶/۲	۷/۲ تا ۵/۸



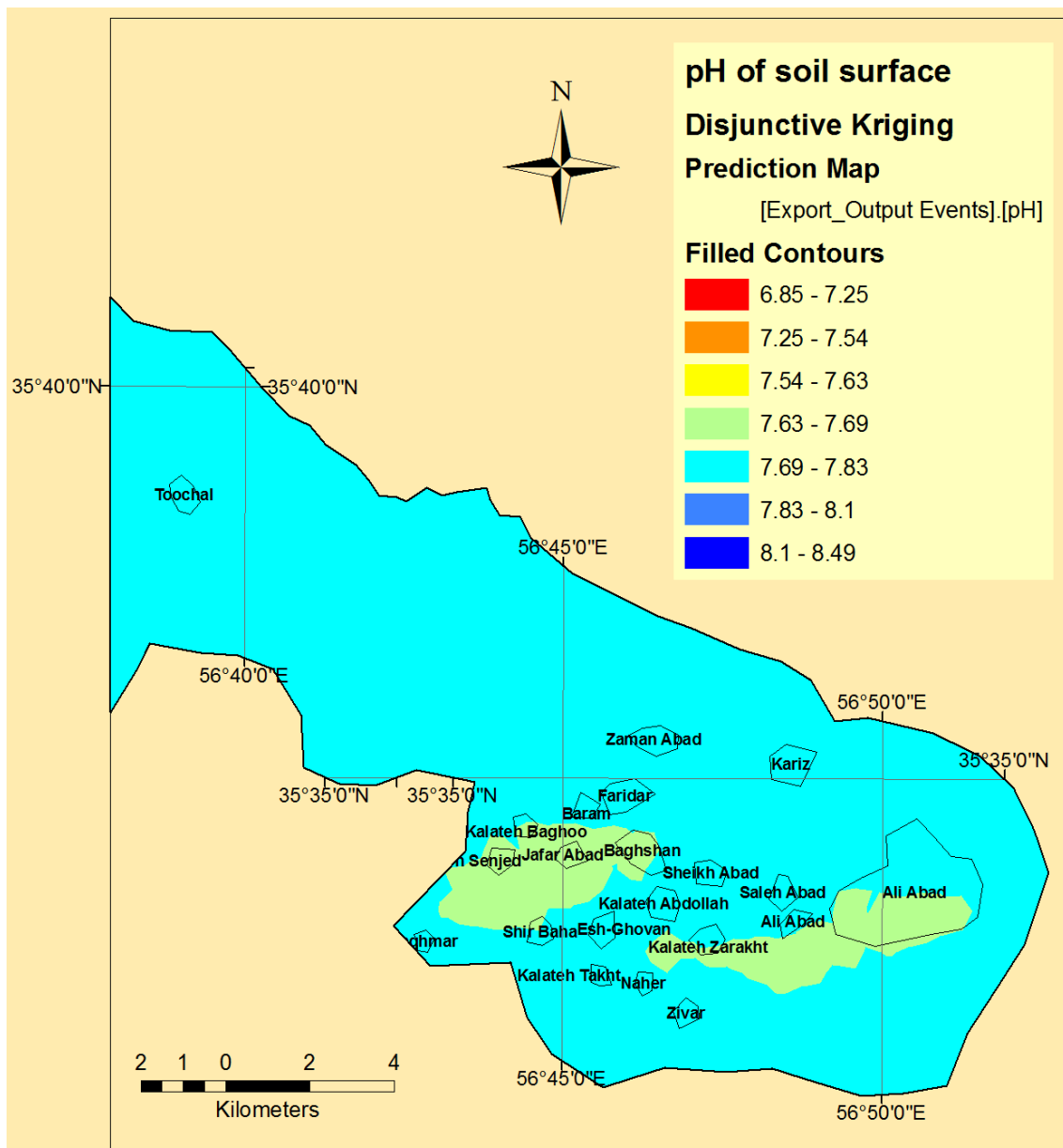
شکل ۴-۴۶: فراهمی عناصر در مقادیر مختلف pH خاک (پولمن و مک کول، ۱۹۸۶)



شکل ۴-۴۷: نقشه مقادیر pH خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی متری به روش کریجینگ جداکننده



شکل ۴-۴۸: نقشه pH خاک در عمق ۳۰-۳۰ سانتی متری به روش کریجینگ جداکننده - شمال منطقه خارتوران



شکل ۴-۴۹: نقشه pH خاک در عمق ۳۰-۴۰ سانتی متری به روش کریجینگ جداکننده - جنوب منطقه‌ی خارتوران

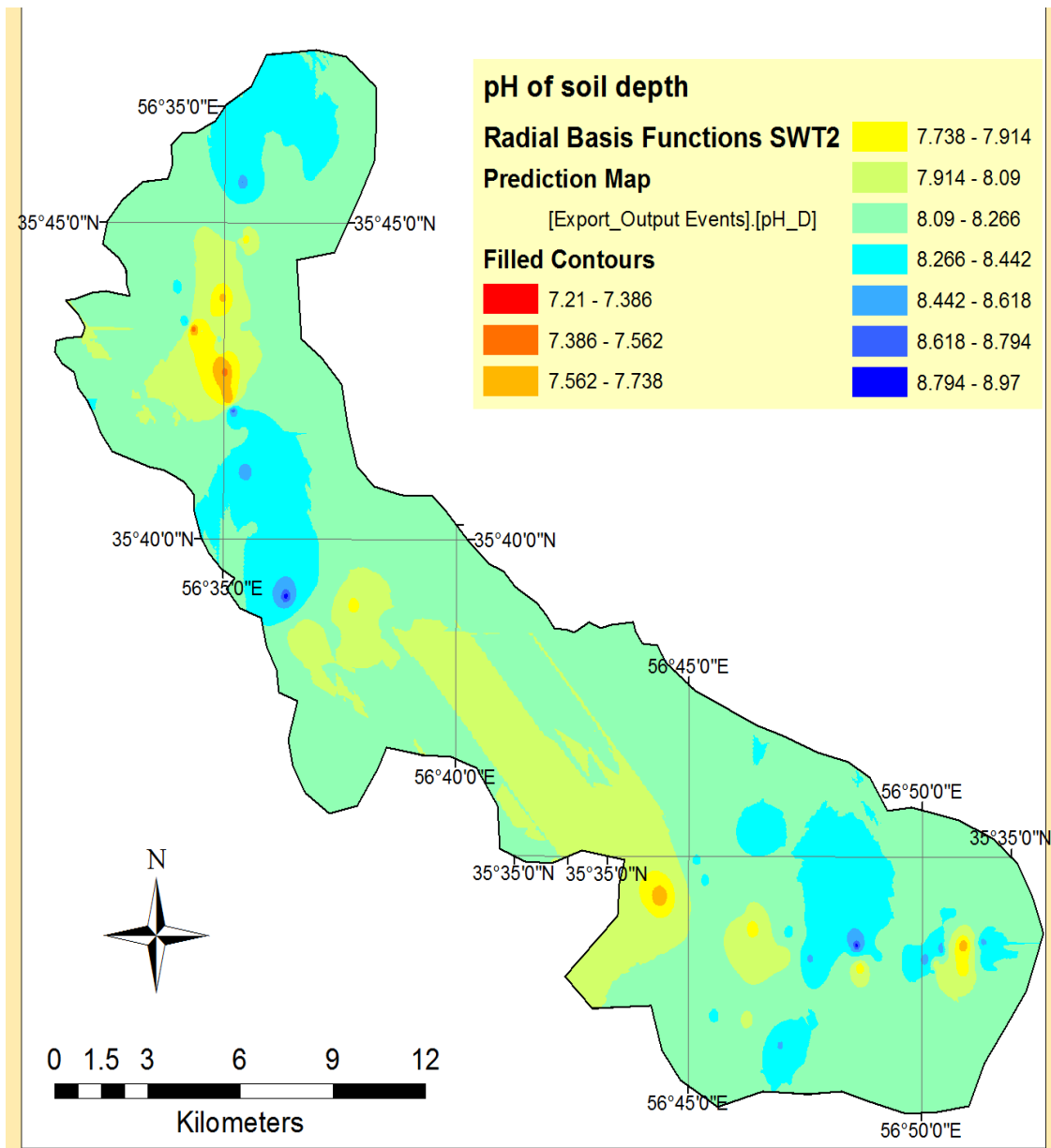
با توجه به شکل‌های ۴-۱۵ و ۴-۱۶ اکثر مناطق دارای pH خنثی تا کمی قلیایی می‌باشند، درصد آهک بالای خاک می‌تواند منجر به این پدیده گردد (سالاردینی، ۱۳۸۴). با توجه به جدول ۴-۷ و شکل ۴-۱۳ ممکن است گیاهان زراعی منطقه دچار مشکلاتی مانند کمبود عناصری نظیر منگنز، روی، آهن، بور، مس و فسفر شوند.

مقایسه‌ی مدل‌های میان‌یابی برای پارامتر pH خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری خاک در جدول ۴-۸ نشان داده شده است.

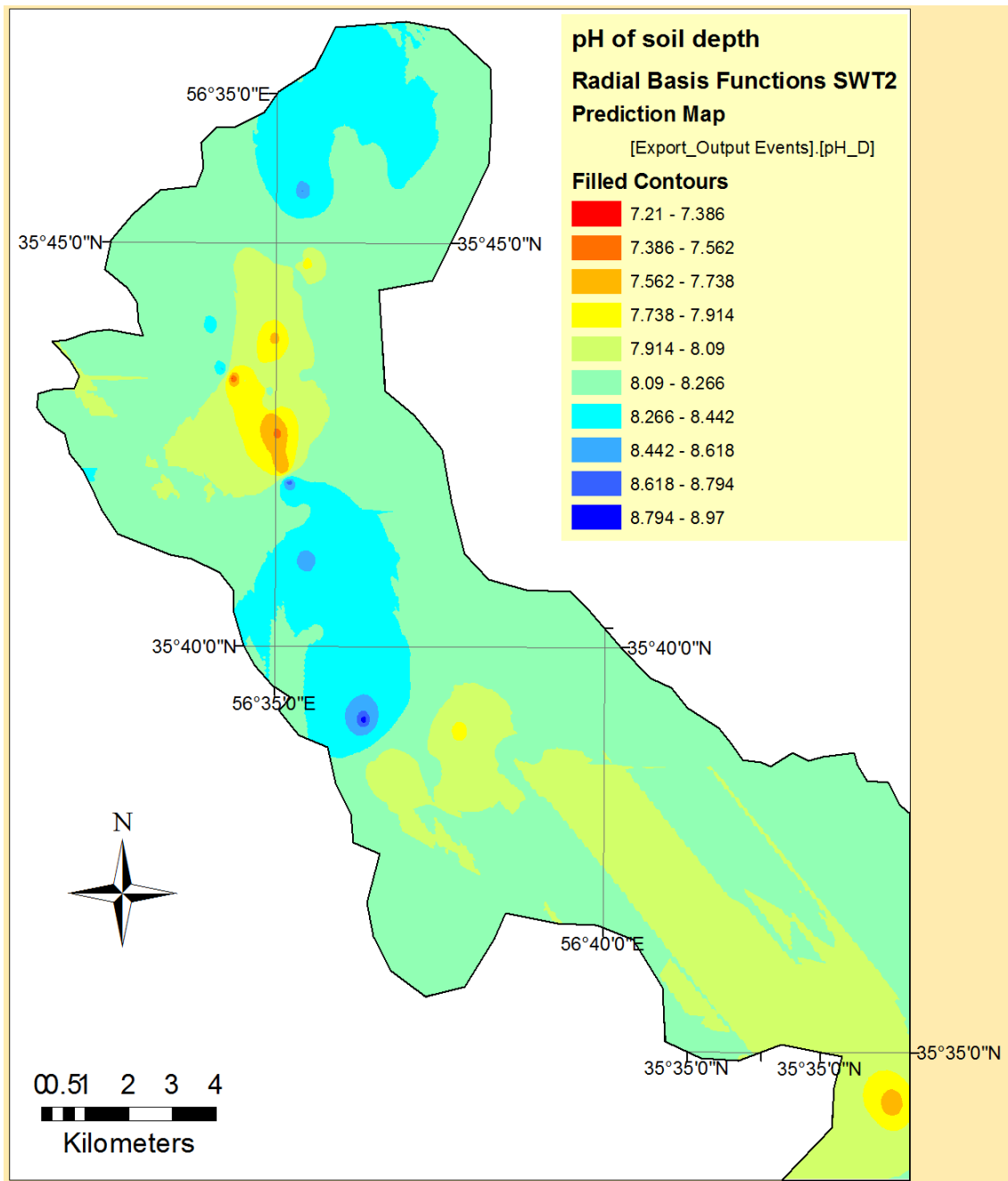
جدول ۴-۸ - مقایسه‌ی مدل‌های درون‌یابی برای مقادیر pH خاک در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری

R ²	تابع رگرسیون	GSD	RMSE	حالت	مدل
0.88	$0.042 * x + 7.823$	0.040	0.3273	-	معکوس فاصله
0.89	$0.072 * x + 7.590$	0.039	0.3245	Ordinary	کریجینگ
0.7	$0.076 * x + 7.557$	0.041	0.3389	Universal	
0.89	$0.018 * x + 8.019$	0.039	0.3246	Simple	
0.89	$0.017 * x + 8.026$	0.039	0.3245	Disjunctive	
0.94	$0.085 * x + 7.483$	0.039	0.3207	Completely Regularized Spline	توابع پایه شعاعی
0.94	$0.097 * x + 7.390$	0.039	0.3206	Spline with Tension	
0.87	$0.150 * x + 6.964$	0.040	0.3287	Multi quadratic	
0.91	$0.084 * x + 7.498$	0.039	0.3215	Inverse Multi quadratic	
0.6	$0.276 * x + 5.933$	0.048	0.3988	Thin Plate Spline	چند جمله‌ای موضعی
0.9	$0.040 * x + 7.833$	0.040	0.3325	-	

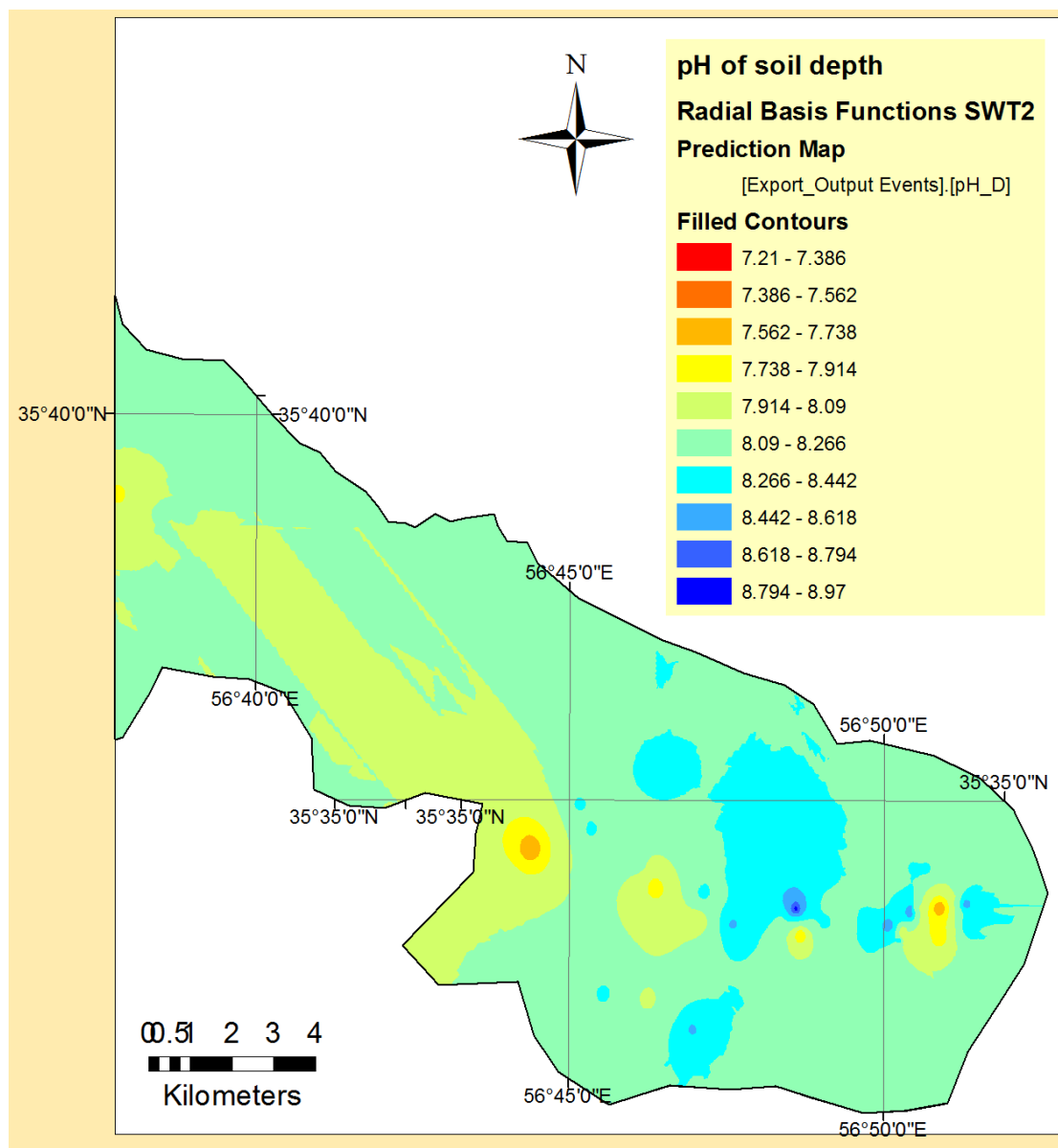
با توجه به جدول ۴-۸ بهترین مدل‌ها برای درون‌یابی مقادیر pH در خاک عمقی به ترتیب توابع پایه شعاعی در حالت نواری همراه با کشش (مقایسه‌ی پارامترهای RMSE و GSD که از حالت‌های دیگر کوچکتر می‌باشند) و نواری باریک کامل می‌باشد.



شکل ۴-۵: نقشه pH خاک برای عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری به روش توابع پایه شعاعی- نواری همراه با کشش



شکل ۴- ۵۱: مقادیر pH خاک برای عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری به روش توابع پایه شعاعی- نواری همراه با کشش-شمال منطقه خارتوران



شکل ۴-۵۲: نقشه pH خاک برای عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری به روش توابع پایه شعاعی- نواری همراه با کشش جنوب منطقه‌ی خارتوران

۴-۱-۱-۲- مقایسه میانگین مقادیر pH در اعماق مختلف

میانگین مقادیر pH در عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی متری خاک به ترتیب ۷/۷۱ و ۸/۱۵ است. کمترین و بیشترین مقدار pH در عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک به ترتیب ۶/۸۵ و ۸/۴۹ و در عمق ۳۰-۶۰ به ترتیب ۷/۲۱ و ۸/۹۷ می باشد. با توجه به شکل های ۴-۱۸ و ۴-۱۹ بالا بودن pH خاک در اکثر نقاط مخصوصا مناطق کشاورزی مشاهده می شود که عمده‌ی دلایل آن می تواند درصد بالای آهک خاک و یا نوع مواد مادری باشد. خصوصیات خاک ممکن است بر اثر عواملی مانند نوع خاک، توپوگرافی، اقلیم و غیره بسیار

متغیر باشد. پیاده نمودن یک مدل درون‌یابی در فعالیتهای کشاورزی روشی بسیار سودمند و با ارزش می‌باشد که مقدمه‌ی کشاورزی دقیق است. کارایی این مدل‌ها بستگی به قدرت تخمین این روش‌ها در برآورد خصوصیات خاک دارد، بنابراین لازم است تا از بهترین و دقیق‌ترین روش‌ها برای درون‌یابی خصوصیات خاک انتخاب گردد. روش‌های درون‌یابی کلاسیک مانند کریجینگ، معکوس فاصله و توابع شعاعی هر کدام دارای محدودیت‌هایی می‌باشند. به طور مثال روش کریجینگ حداقل نیاز به ۱۰۰ داده برای تخمین دقیق دارد (وبستر و اولیور، ۱۹۹۲)، روش معکوس فاصله تمام جوانب آماری را در درون‌یابی‌ها در نظر نمی‌گیرد (کراچنکو، ۲۰۰۳) و روش توابع پایه شعاعی بر پایه توابع پلی‌نومیال بوده و در درون‌یابی دقیق تغییرات زیاد در فواصل کم از توانایی کمتری برخوردار است (رابینسون و مترنیخ، ۲۰۰۶). در تحقیقی که در سال ۲۰۰۸ توسط شی^۱ و لیو^۲ با عنوان مدل‌سازی سطحی pH خاک^۳ انجام گرفت، مدل‌های درون‌یابی کریجینگ، توابع پایه شعاعی و معکوس فاصله با مدل میان‌یابی جدید مدل‌سازی سطحی دقت بالاتر^۴ برای مقادیر pH خاک سطحی (۰-۲۰) مقایسه شد. مقادیر متوسط خطا^۵، متوسط خطای مطلق^۶ و RMSE^۷ تمام مدل‌های میان‌یابی محاسبه شد (جدول ۴-۹) که در نهایت دقت بیشتر مدل‌سازی سطحی دقت بالا را نمایان می‌سازد.

جدول ۴-۹: مقایسه مدل‌های میان‌یابی برای pH خاک سطحی (شی و لیو، ۲۰۰۸)

توابع پایه شعاعی	معکوس فاصله	کریجینگ	HASM	
۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	متوسط خطا
۰/۲	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۶	متوسط خطای مطلق
۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۲۲	RMSE

۴-۲-۳- پتاسیم قابل جذب

¹ Wenjiao Shi

² Jiyuan Liu

³ Surface modeling of soil pH

⁴ high accuracy surface modeling

⁵ Mean error

⁶ Mean Absolute error

⁷ Root Mean square error

با توجه به حدود بحرانی پتاسیم در خاک (جدول ۴-۱۰) و نقشه ۴-۲۰ به نظر می‌رسد که تقریباً در تمامی نقاط پتاسیم عامل محدود کننده‌ای برای رشد گیاه محسوب نمی‌شود.

جدول ۴-۱۰ مقادیر بحرانی پتاسیم در خاک (سالاردینی، ۱۳۸۴)

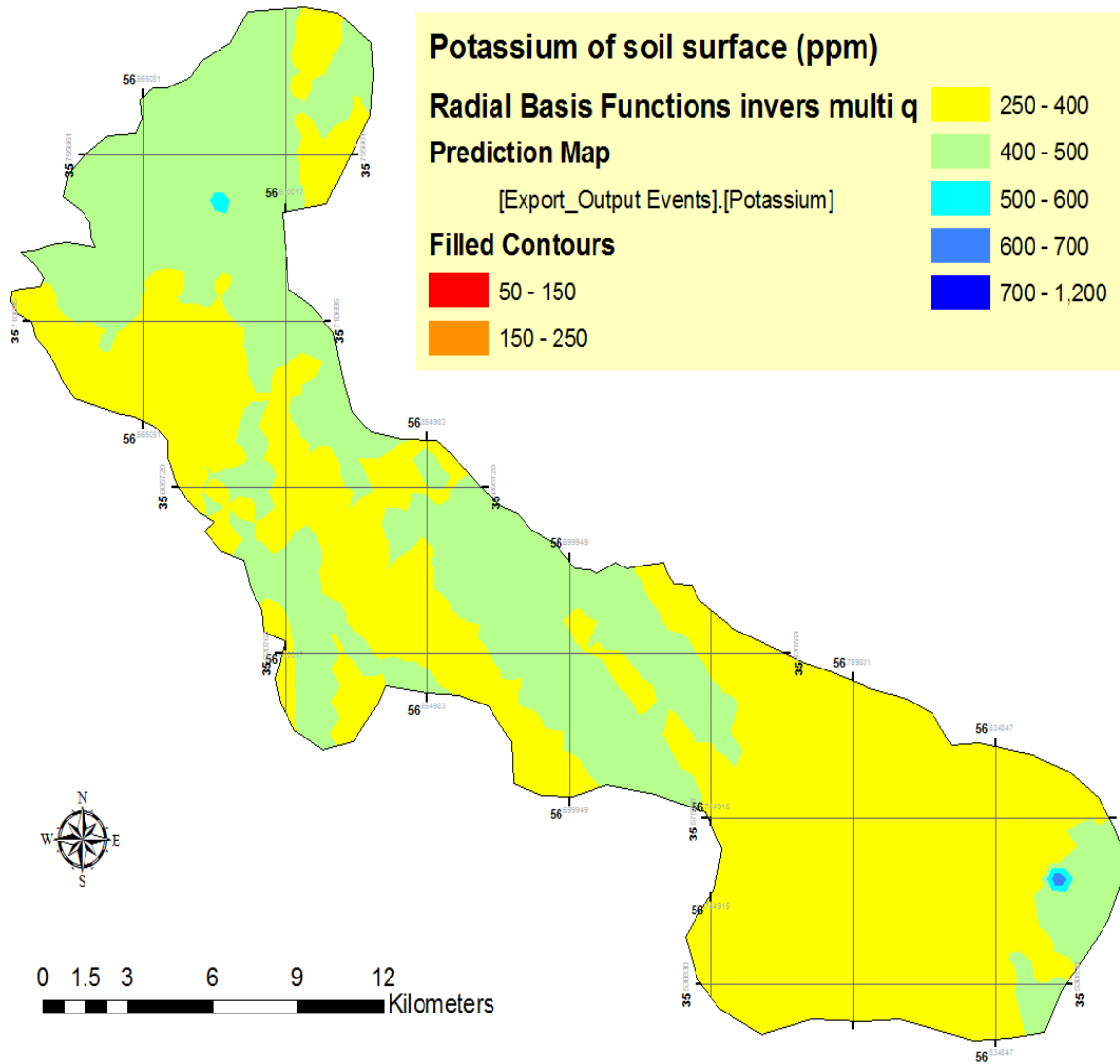
پتاسیم قابل جذب در خاک (ppm)	۱۵۰ الی ۲۵۰	۲۵۰ الی ۴۰۰	بیشتر از ۴۰۰
پتاسیم کم	پتاسیم متوسط	پتاسیم زیاد	پتاسیم خیلی زیاد

مقایسه‌ی مدل‌های میان‌یابی برای پارامتر پتاسیم خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک در جدول ۴-۱۱ نشان داده شده است.

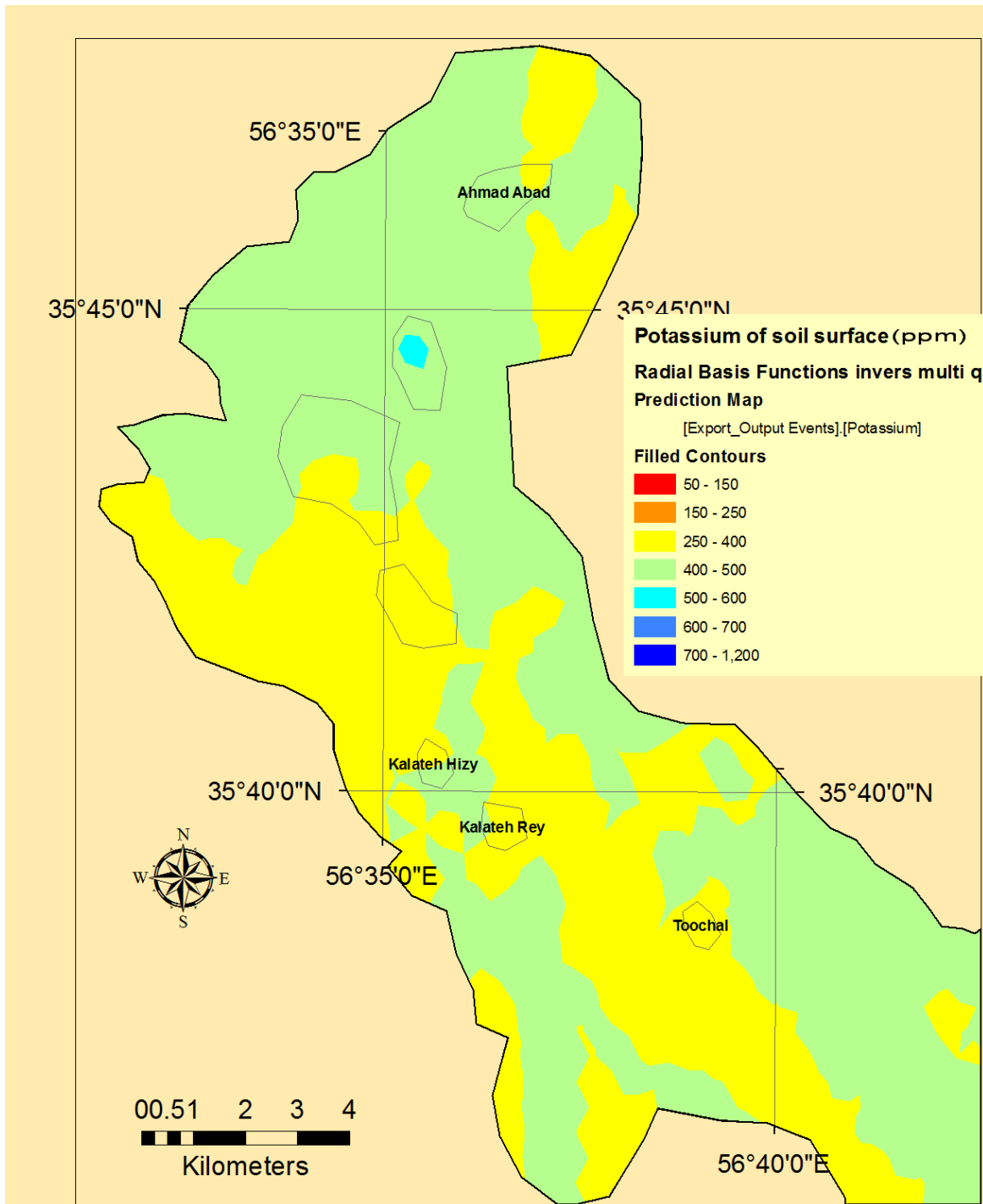
جدول ۴-۱۱: مقایسه‌ی مدل‌های میان‌یابی برای مقادیر پتاسیم در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری

مدل	حالت	RMSE	GSD	تابع رگرسیون	R ²
معکوس فاصله	-	233.1	0.602	$0.058 * x + 355.116$	0.84
کریجینگ	Ordinary	236.1	0.610	$0.071 * x + 346.452$	0.82
	Universal	235	0.607	$0.084 * x + 335.532$	0.81
	Simple	228.5	0.590	$0.081 * x + 349.136$	0.79
	Disjunctive	229.2	0.592	$0.054 * x + 367.241$	0.76
توابع پایه شعاعی	Completely Regularized Spline	239.8	0.619	$0.095 * x + 336.806$	0.87
	Spline with Tension	233.9	0.604	$0.068 * x + 349.954$	0.89
	Multi quadratic	265.4	0.685	$0.094 * x + 326.179$	0.83
چند جمله‌ای موضعی	Inverse Multi quadratic	232.5	0.600	$0.041 * x + 360.179$	0.93
	Thin Plate Spline	376.9	0.974	$0.165 * x + 319.500$	0.7
چند جمله‌ای موضعی	-	236.6	0.611	$0.078 * x + 354.063$	0.69

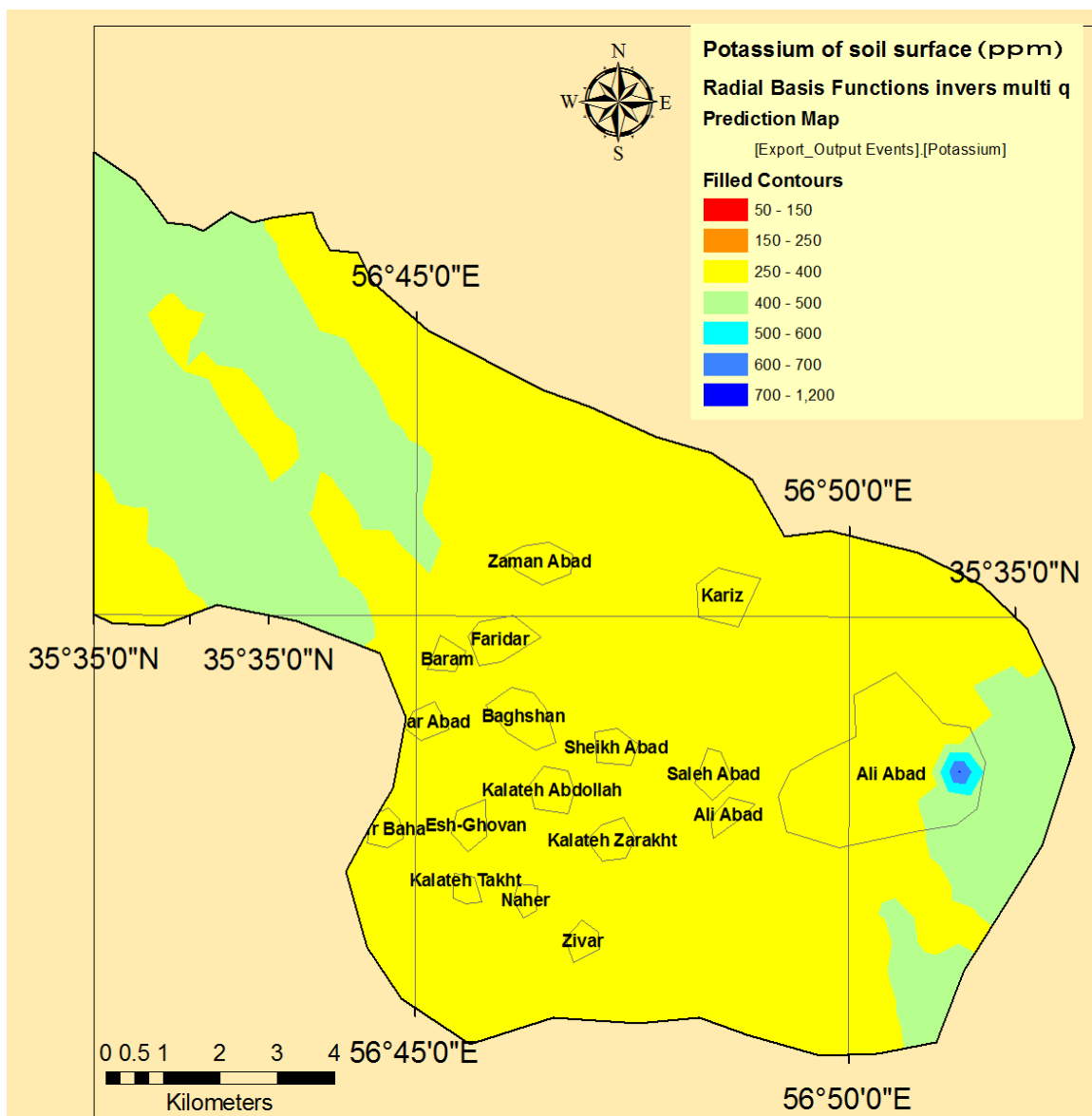
با توجه به جدول ۴-۱۱ بهترین مدل برای درون‌یابی مقادیر پتاسیم خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی-متری (بر حسب پی‌پی‌ام)، توابع پایه شعاعی در حالت چند ربعی معکوس می‌باشد (مقایسه‌ی پارامترهای RMSE و GSD که از حالت‌های دیگر کوچکتر می‌باشند).



شکل ۴-۵۳- نقشه پتاسیم خاک برای عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک به روش توابع پایه شعاعی- چندریعی معکوس



شکل ۴-۵۴- نقشه پتاسیم خاک برای عمق ۳۰-۰ سانتی متری خاک به روش توابع پایه شعاعی- چندربعی معکوس-شمال منطقه خارتوران



شکل ۴-۵۵- مقادیر پتاسیم خاک برای عمق ۳۰-۰ سانتی متری خاک به روش توابع پایه شعاعی- چندربعی معکوس جنوب منطقه خارتوران

با توجه به شکل‌های ۴-۲۱ و ۴-۲۲ رابطه‌ای محسوس بین زمین‌های کشاورزی و مناطق بکر از لحاظ مقادیر پتاسیم در خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی متری مشاهده نمی‌شود. با توجه به بالا بودن مقادیر پتاسیم و در طی دوره‌های متمادی نیازی به کوددهی پتاسیم نیست.

مقایسه‌ی مدل‌های میان‌یابی برای پارامتر پتاسیم خاک در عمق ۶۰-۳۰ سانتی متری خاک در

جدول ۴-۱۲ نشان داده شده است.

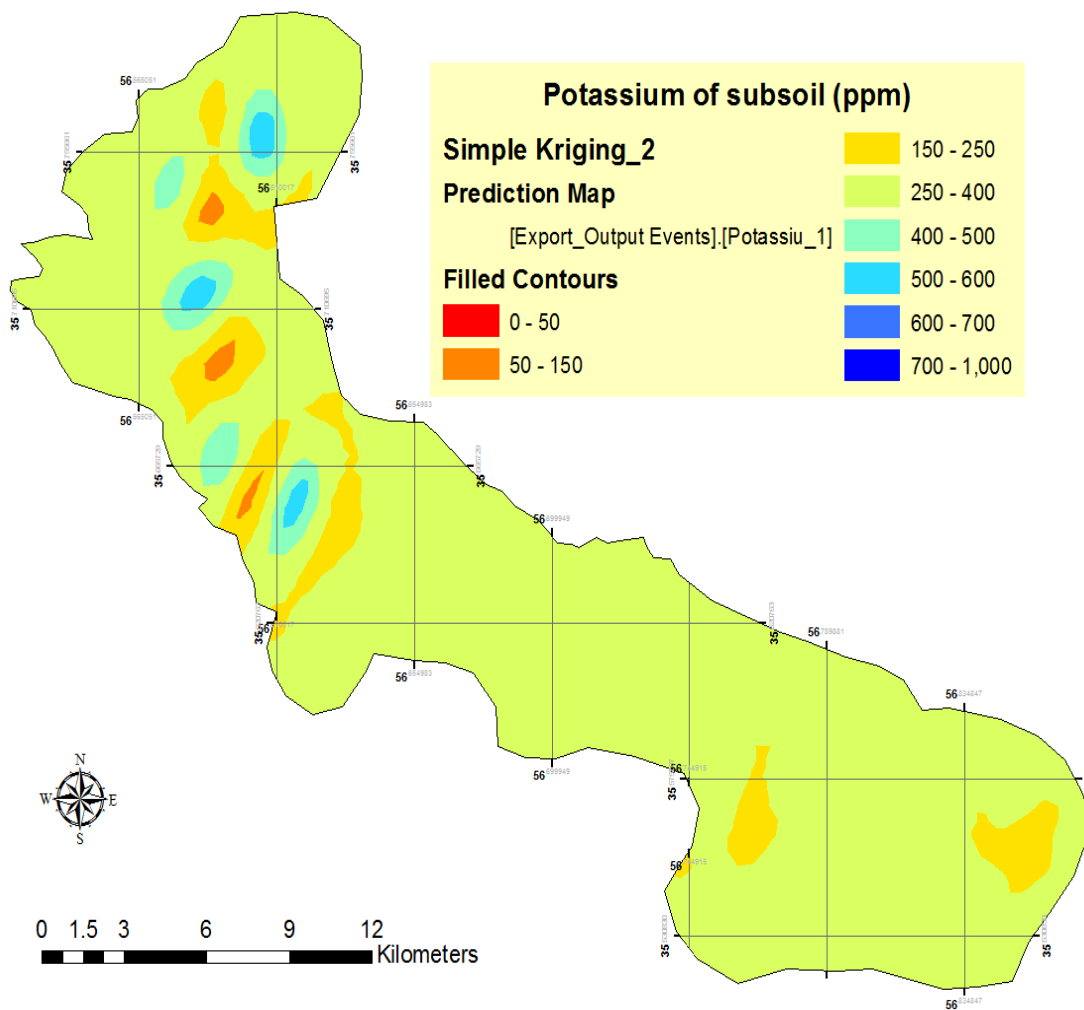
جدول ۴-۱۲: مقایسه‌ی مدل‌های میان‌یابی برای مقادیر پتاسیم خاک در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری

R ²	تابع رگرسیون	GSD	RMSE	حالت	مدل
0.9	0.091 * x + 249.205	0.645	189	-	معکوس فاصله
0.87	0.151 * x + 239.330	0.660	193.6	Ordinary	کریجینگ
0.78	0.216 * x + 234.416	8.657	253.6	Universal	
0.92	0.191 * x + 214.840	0.626	183.5	Simple	
0.91	0.153 * x + 223.301	0.635	183.6	Disjunctive	
0.88	0.109 * x + 249.680	0.665	194.9	Completely Regularized Spline	توابع پایه شعاعی
0.88	0.104 * x + 251.964	0.662	194.1	Spline with Tension	
0.76	0.141 * x + 225.054	0.778	228.1	Multi quadratic	
0.87	0.079 * x + 255.349	0.661	193.6	Inverse Multi quadratic	
0.66	0.255 * x + 198.956	0.992	290.6	Thin Plate Spline	چند جمله‌ای موضعی
0.87	0.109 * x + 245.494	0.664	194.6	-	

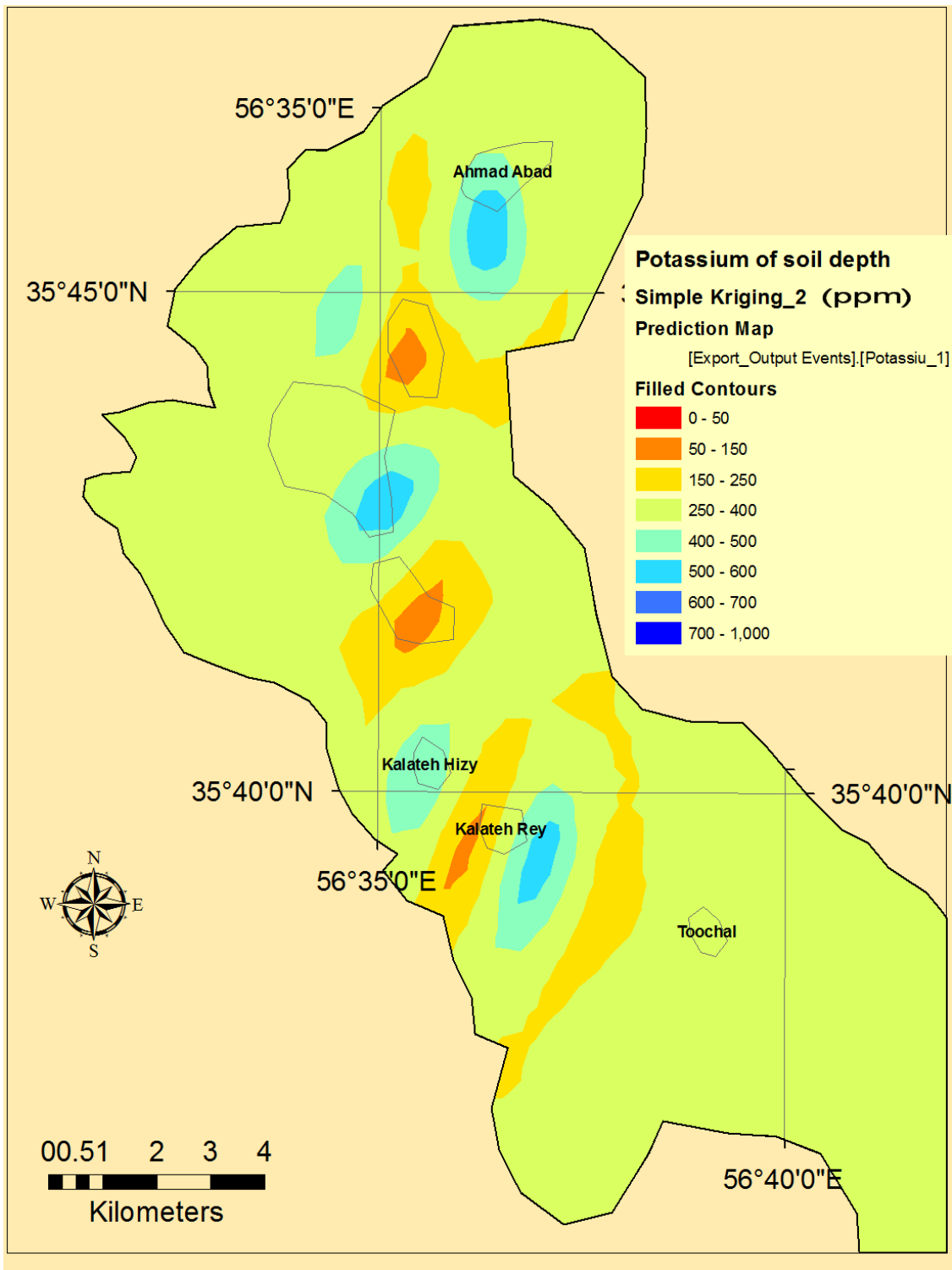
با توجه به جدول ۴-۱۲، بهترین مدل‌ها برای درون‌یابی مقادیر پتاسیم در عمق ۶۰-۳۰ سانتی-متری

به ترتیب مدل کریجینگ ساده (مقایسه‌ی پارامترهای RMSE و GSD که از حالت‌های دیگر

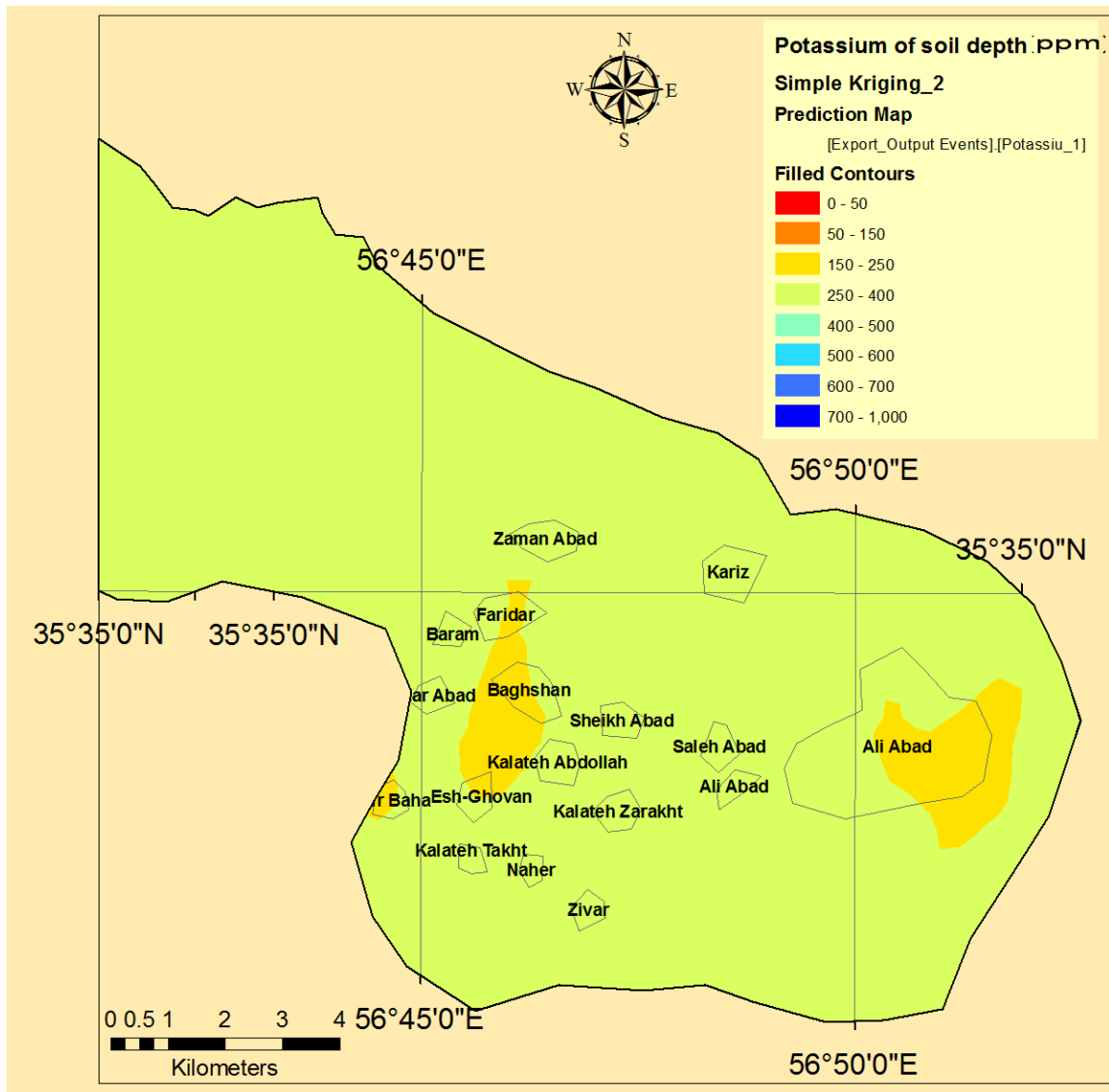
کوچکتر می‌باشند) و کریجینگ جداکننده می‌باشد.



شکل ۴-۵۶: نقشه پتاسیم خاک برای عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری خاک به روش کریجینگ ساده



شکل ۴-۵۷: نقشه پتاسیم خاک ع برای عمق ۶۰-۳۰ سانتی متری به روش کریجینگ ساده - شمال منطقه خارتوران



شکل ۴-۵۸: نقشه پتاسیم خاک برای عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری به روش کریجینگ ساده - جنوب منطقه خارتوران

۴-۲-۳-۱- مقایسه میانگین مقادیر پتاسیم در اعماق مختلف

میانگین مقادیر پتاسیم در عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی متری به ترتیب ۳۸۶ و ۲۹۲ پی پی ام است. کمترین و بیشترین مقدار پتاسیم مشاهده شده در خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی متری به ترتیب ۵۷ و ۱۱۸۵ پی پی ام و در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری به ترتیب ۳۷ و ۹۹۰ پی پی ام می باشد. در حدود ۶۰ درصد از خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی متری منطقه دارای پتاسیم زیاد و ۴۰ درصد دارای پتاسیم خیلی زیاد می باشند. کشت گیاهانی که برداشت پتاسیم بالایی از خاک دارند، مانند سیب زمینی، شبدر و منداب و اصولاً گیاهان قندی

و ریشه‌ای می‌تواند از عملکرد بالایی برخوردار باشد. با توجه به شکل‌های ۴-۲۴ و ۴-۲۵ به نظر می‌رسد که فقط در بعضی مناطق کشاورزی (شکل ۴-۲۴ و ۴-۲۵)، پتاسیم در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری کمتر نسبت به مناطق اطراف می‌باشد که ممکن است در کشت گیاهانی که برداشت بالای پتاسیم از خاک دارند مشکلاتی ایجاد نماید. در حدود ۹ درصد منطقه دارای پتاسیم کم و ۱۳ درصد دارای پتاسیم متوسط و ۷۰ درصد دارای پتاسیم زیاد و ۸ درصد دارای پتاسیم خیلی زیاد می‌باشد. کوددهی پتاسیم در حد مطلوب باعث رفع کمبود پتاسیم می‌شود، فقط باید توجه گردد که کودهای شیمیایی حاوی پتاسیم ممکن است باعث ایجاد شوری در خاک گردند (سالاردینی، ۱۳۷۷).

۴-۳- بررسی همبستگی بین داده‌های اندازه‌گیری شده

مقادیر همبستگی داده‌های اندازه‌گیری شده در جدول ۴-۱۳ ارائه شده است. با توجه به جدول، مقادیر پارامترهای آهک، پتاسیم و pH در عمق ۳۰-۶۰ و ۰-۳۰ سانتی‌متری دارای همبستگی بالایی با یکدیگر می‌باشند، که در سطح ۵ درصد و ۱ درصد معنی‌دار است.

جدول ۴-۱۳- مقادیر همبستگی بین پارامترهای اندازه‌گیری شده در دو عمق ۳۰-۶۰ و ۰-۳۰ سانتی‌متری

شوری	آهک	pH	پتاسیم	پارامترهای اندازه‌گیری شده
0.82	0.97	0.97	0.99	مقادیر همبستگی بین دو عمق نمونه‌برداری شده

۴-۴- جمع بندی نتایج

در یک جمع بندی کلی می‌توان گفت که استفاده از روش‌های درون‌یابی در تهیه نقشه حاصلخیزی خاک یکی از ابزارهای مفیدی است که ممکن است وقت گیر و هزینه بردار باشد ولی در کشاورزی دقیق و بهینه استفاده فراوان دارد.

با توجه به نقشه‌های درون‌یابی و نتایج، در شمال و جنوب منطقه شوری بالایی در خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری دیده می‌شود که این شوری بیشتر در مناطق کشاورزی است نسبت به مناطق بکر،

همچنین در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری خاک شوری بسیار پایین تر از عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک است البته در شمال نقشه شوری بالایی در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری مشاهده می گردد. در کل ۳ منطقه کشاورزی دارای شوری بالا در سطح خاک و ۲۲ منطقه دارای شوری پایین تر می باشند که نسبت درصدی مساحت آن ۳۸ به ۶۲ است. آهک خاک در اکثر مناطق کشاورزی در عمق ۰-۳۰ سانتی متری غیر از یک منطقه در جنوب نقشه کمتر نسبت به مناطق بکر است و در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری الگوی خاصی بین مناطق کشاورزی و بکر مشاهده نمی گردد. در کل ۱۴ منطقه کشاورزی دارای آهک بالا و ۱۱ منطقه دارای آهک پایین تر می باشند که نسبت مساحت درصدی آن ۴۶ به ۵۴ می باشد. اسیدیتته خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک در اکثر مناطق یکسان و تفاوتی بین مناطق بکر و کشاورزی مشاهده نمی گردد و در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری خاک در مناطق کشاورزی اسیدیتته بالاتری نسبت به مناطق بکر مشاهده می گردد. پتاسیم خاک در اکثر مناطق بسیار زیاد و تفاوتی بین مناطق بکر و کشاورزی دیده نمی شود فقط در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری در برخی مناطق کشاورزی مقادیر پتاسیم کم می باشد که مساحت آن در حدود ۹ درصد می باشد.

۴-۵- توصیه ها و پیشنهادات

توصیه می شود تا حد ممکن نمونه برداری ها بیشتر و در فواصل منظم برداشت گردد تا نقشه ها دقیق تر و اطلاعات کلی بهتری در اختیار باشد. در صورت امکان در فصول مختلف نمونه برداری انجام گردد. تا حد ممکن تمام روش های درون یابی اجرا گردد تا بهترین روش (یا روش ها) برای هر پارامتر خاک شناسایی گردد (به دلیل مزایا و محدودیت هایی که هر روش دارد) و در صورت مقدور بودن از روش های نوین و پیشرفته (که در قسمت pH به آن اشاره شد) نیز استفاده گردد. پیشنهاد می گردد تا در هر منطقه پارامترهای دیگر از خاک مانند عناصر کم مصرف و یا عناصر آلوده کننده خاک نیز مورد ارزیابی و در کنار آن مطالعات هیدرولوژی انجام گیرد و در سالیان متمادی نمونه برداری ها و مطالعات در دستور کار قرار گیرد.

منابع

- اسفندیار پور بروجنی، ع. ۱۳۹۰. استفاده از تکنیک زمین آمار به منظور مدیریت کودی بخشی از باغ های پسته ی شهرستان انار در استان کرمان، اولین کنگره ملی علوم و فناوریهای نوین کشاورزی.
- ایرانی پور، ر.، ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۲. تاثیر گوگرد، ماده ی آلی، تیوباسیلوس و باکتری های حل کننده فسفات بر قابلیت جذب فسفر از خاک. نشریه فنی شماره ۳۰۸. نشر آموزش کشاورزی، معاونت تحقیقات و آموزش. وزارت جهاد کشاورزی.
- بازرگانی، ل. ۱۳۹۰. بررسی تغییرات مکانی و زمانی نیترات در آب زیرزمینی با استفاده از GIS مطالعه موردی: دشت اندیمشک خوزستان. پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک کشور.
- جلالی، ق. ۱۳۹۰. تهیه نقشه شوری خاکهای منطقه شرق استان مازندران با استفاده از تکنیک زمین آمار، پنجمین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک کشور.
- جلالی، ق. ۱۳۹۱. تهیه نقشه شوری، اسیدیته و فسفر خاک در اراضی کشاورزی منطقه جیرفت با استفاده از نرم افزار GIS، اولین همایش ملی بیابان.
- جلالی، ق. ۱۳۹۱. مقایسه روش های زمین آمار در ارزیابی کیفیت خاک، اولین همایش ملی بیابان.
- جهانشاهی، ع. ۱۳۹۱. تعیین بهترین روش زمین آمار جهت تخمین توزیع بارندگی با استفاده از GIS در استان کرمان، دومین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست.
- حاجی بیگلر، ح. ۱۳۸۹. تهیه نقشه مدیریت اعمال میزان متغیر کود و تغیر پذیری مکانی فشردگی خاک برای کاربرد در کشاورزی دقیق، اولین همایش ملی مکانیزاسیون و فناوری های نوین در کشاورزی.
- حسینی پاک، علی اصغر، ۱۳۷۷، زمین آمار. انتشارات دانشگاه تهران.
- حنفی، ع. ۱۳۸۸. کاربردهای GIS در کشاورزی (مطالعه موردی: پهنه بندی خشکسالی های استان بوشهر). همایش سراسری سامانه اطلاعات مکانی.
- دلسوز خاکی، ب. ۱۳۹۱. بررسی توزیع مکانی پتاسیم قابل جذب در اراضی تحت کشت گندم با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی. اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار.

سادات مدنی، ا. ۱۳۸۹. تعیین توزیع مکانی فلزات سنگین آهن، کبالت و وانادیوم در خاک سطحی استان همدان، همایش ژئوماتیک ۸۹.

سالاردینی، ع. ا. ۱۳۸۴. حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ چهارم.

سروری، م. ح. ۱۳۸۸. به کارگیری GIS در پهنه بندی کیفی منابع آب زیرزمینی برای مصارف شرب، صنعت و کشاورزی، دهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر.

سکوتی اسکویی، ر. ۱۳۸۹. کاربرد زمین آمار و سیستم اطلاعات جغرافیایی در مدیریت توزیع منطقه ای کود، مطالعه موردی دشت ارومیه. اولین کنگره چالشهای کود در ایران.

سکوتی اسکوئی، ر. ۱۳۸۶. مقایسه کارایی برخی روش های زمین آماری برای پیش بینی پراکنش مکانی شوری خاک سطحی، مطالعه موردی دشت ارومیه. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر.

شهبازی، ک. ۱۳۸۴. توزیع مکانی برخی خصوصیات حاصلخیزی خاک های واقع در دشت های استان گلستان، نهمین کنگره علوم خاک ایران.

طهمورث، م. ۱۳۹۱. بررسی روشهای درون یابی مکانی و ابزار GIS جهت آنالیز مکانی کیفیت و آلودگی آبهای زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت اشتهارد، استان البرز). اولین همایش ملی بیابان.

علیزاده، ا. ۱۳۷۴، کیفیت آب در آبیاری (ترجمه)، چاپ چهارم، انتشارات آستان قدس رضوی، ۹۳ صفحه.

قادرمزی، ف. ۱۳۸۹. پهنه بندی کیفی منابع تامین آب شهرستان قروه با استفاده از روش های زمین آمار و GIS، چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست.

قهرودی تالی، م. ۱۳۸۱. ارزیابی دورن یابی به روش کریجینگ، مجله پژوهش های جغرافیا، شماره ۴۳،

کوچک زاده، ی. م. ملکوتی و خاوازی. ۱۳۸۰. بررسی نقش گوگرد، تیوباسیلوس، حل کننده های فسفات و مواد آلی در تامین فسفر مورد نیاز ذرت از خاک. مجله خاک و آب، جلد ۱۲، شماره ۱۴، ویژه نامه مصرف بهینه کود، ص ۲۵۰-۲۴۳. موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

محسنی شوشتری، م. ۱۳۹۱. بررسی کارایی روش شبکه عصبی مصنوعی در برآورد غلظت عناصر فسفر و پتاسیم در خاک های استان خوزستان. اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار.

محمدی، ج. ۱۳۷۷. تهیهی نقشه‌ی فرساینده‌ی باران در ایران با استفاده از شاخص فورنیه و روش آماری کریجینگ. مجله‌ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، سال پنجم، شماره‌ی ۳ و ۴، صفحات ۳۵-۴۴.

محمدی، ج. ۱۳۷۷. مطالعه تغییرات مکانی شوری خاک در منطقه رامهرمز و با استفاده از نظریه ژئواستاتستیک، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد دوم، شماره چهارم.

معاشری، ع، ۱۳۹۱. پایش پارامتر کیفی SAR به روش تلفیقی زمین آمار و شبکه‌های عصبی مصنوعی مطالعه موردی آبهای زیرزمینی دشت جیرفت، اولین همایش بین‌المللی بحران‌های زیست محیطی ایران و راهکارهای بهبود آن.

ملکوتی، م. ج. و م. همائی، ۱۳۷۳، حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۴۹۳ صفحه.

میر محمدی میبدی، س. ع.، امینی، ا.، ۱۳۸۲. ارزیابی دو گونه گیاهی آلوروپوس در کاهش شوری خاک و احیای اراضی شور، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد دوم، شماره هفتم.

میرباقری، ا.، ۱۳۹۰. استفاده از تکنیک زمین آمار در تهیه نقشه آلودگی خاک‌های شهر مجن به فسفر، پنجمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست.

هانی، ع، ۱۳۸۷، تعیین پراکنش عناصر سنگین کادمیم، مس، سرب، منگنز، روی و آهن در زمینهای زراعی شهر ساوه به کمک زمین آمار و GIS. چهارمین همایش زمین شناسی و محیط زیست.

یزدانی نژاد، ف، ۱۳۹۱. بررسی زیست محیطی حدکفایت یا کمبود عناصر غذایی آهن و روی در اراضی کشاورزی جنوب تهران با استفاده از GIS و تکنیک زمین آمار، اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار.

Al-Khaier, F., 2003. Soil salinity detection using satellite remote sensing. M.Sc. Thesis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, The Netherlands, 60 pp.

Ben Jemaa, F., and Marino, M.A. 1990. Optimal network design for groundwater quality and quantity parameters. P 11-20, Volume of Poster Papers. International Conference on Calibration and Reliability in Groundwater Modelling, Hague, Netherlands.

Briggs, I.C. 1974. Mashine contouring minimum curvature. Geophysics, 39: 34-39.

Carlson, R.E., and Foley, T.A. 1991. The Parameter R2 in Multiquadric Interpolation, Computers Math. Appl. 21: 29-42.

Clay, D., J., N.R Chang and G. Carlson. 2003. Integrating soil properties and crop productivity In the Development of Nutrient Management Zones. Annual Meeting Abstracts, .P 256-260

Dhillon, S.K., Sidhu, P.S., and Bansal, R.C. 1989. Release of potassium from same benchmark soils of India. Indian. J. Soil Sci. 40:783-797.

Einax, J.W., and Soldt, U., 1999. Geostatistics and multivariate statistical methods for assessments of polluted soil-merits and limitations. Chemometrica and intelligent laboratory Systems, 49:79-91.

Fanning, D.S., Keramidase, V.Z., and EI- Desoky, M.A. 1989. Mica. P. 551-634. In J.B. Dixon and S.B. Weed (eds) Mineral in Soil Environment.

Flipo, N., Jeannee, N., Poulin, M., Even, S., and Ledoux, E. 2007. Assessment of nitrate pollution in the Grand Morin aquifers (France): Combined use of geostatistics and physically based modeling. Environmental Pollution, 146: 241-256.

Goldberg, S., and H. S. Forster. 1991. Boron sorption on calcareous soils and reference calcites. Soil Science 152(4): 304-310.

Golmohammadi, G. 2006. Estimation of spatial distribution of runoff coefficient in Hamedan province using geostatistical methods. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture. Irrigation and Drainage department. Bu-Ali Sina University, 116p. (In Persian).

Golmohammadi, G., Marofi, S., and Mohammadi, K. 2009. Regionalisation of runoff coefficient in Hamedan Province using Geostatistical Methods and GIS, Journal of Sciences and Agriculture Technolages and Natural Resources, 46: 1- 15.

Goovaerts, P., 1997. Geostatistics for Natural Resources Evaluation. Oxford Univ. Press, NewYork, 492pp.

Hamidiye-ahari, N. 2001. Comprehensive management model and qualitative control of surface water. M.Sc. Thesis. Faculty of Civil. University of Sciences and Technology, 86p.

Hassanipak, A.A. 2006. Geostatistics. Tehran University, 330p.

Hoseini, S.M., Ghahreman, B., and Asgari, H. 2003. Sulphate in Mashhad groundwater using kriging method. Estimation of electrical conductivity. P 151- 160, In: Mostofinejad, D., Asghari, K., and Chamani, M.R. (eds.), Proceeding of the 6th International Conference on Civil Engineering (ICCE), Arkan, Isfahan.

Hosseinpur, A. 2005. Use of kinetic models in non-exchangeable potassium release in selected soils of Hamadan Province. Agricultuer \$ Natural Resources Sci. and Tech. Iranian J. 8:3. 85-93.

- Hundal, I.S., and Pasricha, N.S. 1993.** Non-exchangeable potassium release kinetics in illitic soil profiles. *Soil Sci.* 156: 34-41.
- Isaaks, E.H., and Servastavam, R.M., 1989.** An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press. 561pp
- Isaaks, E.H., and R.M. Srivastava. 1989 .** An introduction to applied (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Econ. Entomology*. Oxford Univ. Press, New York
- Issaks, E.H., and Srivastava, R.M. 1989.** An introduction to applied geostatistics. Oxford University Press. Oxford, 489p.
- Jalali, M. 2005.** Release kinetics of non-exchangeable potassium in calcareous soils. *Commun. Soil Sci. and Plant Anal.* 36: 1903-1917.
- Jalali, M. 2006.** Kinetics of non-exchangeable potassium release and availability in some calcareous soils of western Iran. *Geoderma*, 135: 63-71.
- Jalali, M. 2007.** Spatial variability in potassium release among calcareous soils of western Iran. *Geoderma* 140: 42-51.
- Jalali, M., and Kolahchi, Z. 2004.** Kinetics of non-exchangeable potassium release in selected soils of Hamadan Province. 8th Iran Soil Conference. Gilan University.
- Johnston. K. 2001.** Using ArcGIS Geostatistical Analyst. ESRI, 380 New York Street, Redlands, CA 92373-8100, USA.
- Kamaruzaman. J and S. Tamaluddin. 2001.** Soil and leaf nutrient spatial variability of coastal oil palm plantation. The Third International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry, 2001. P151-158
- Khilili-aghdam, N. 2005.** Investigation of effect of irrigation water with low quality on agricultural characteristics, yield and yield components of two genotypes of bread wheat. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture Sciences. Gorgan University of Agriculture Sciences and Natural Resource, 88p.
- Kitanidis, P.K. 1993.** Geostatistics. In: Maidment, D.R. (ed), *Handbook of Hydrology*, McGraw-Hill Press, New York, 20: 39. 1-20.
- Kitanidis, P.K. 1993.** Geostatistics. In: Maidment, D.R. (ed), *Handbook of Hydrology*, McGraw-Hill Press, New York, 20: 39. 1-20.
- Kravchenko, A.N., 2003.** Influence of spatial structure on accuracy of interpolation methods. *Soil Science Society of America Journal* 67 (5), 1564–1571

- Liu, X., Wu, J., and Xu, J. 2006.** Characterizing the risk assessment of heavy metals and sampling uncertainty analysis in paddy field by geostatistics and GIS. *Environmental Pollution*, 141: 257-264.
- Lopez-Pineiro, A., and Garcia Navarro, A. 1997.** Potassium release kinetics and availability in unfertilized Vertisols of southwestern Spain. *J. Soil Sci.* 162:912-918.
- Mahdavi, Sh. 2002.** Kinetics of non-exchangeable potassium release and its correlation with plant uptake in dominant soils series in Hamedan Province. M.Sc. Thesis in Soil Science. Soil Science Department. University of Tehran. 140p.
- Martin, H.W., and Sparks, D.L. 1983.** Kinetics of non-exchangeable potassium release from two coastal plain soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 47: 883-887.
- Mengel, K., and Uhlenbecker, K. 1993.** Determination of available interlayer potassium and its uptake by Ryegrass. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57:761-766.
- Mengel, K., Rahmtullah., and Dou, H. 1998.** Release of potassium from the silt and sand fraction of loess-derived soils. *Soil Sci.* 163: 805-813.
- Messaghi, F. 2003.** Development of geostatistic-artificial neural network algorithm in order to obtain the rainfall spatial distribution. M.Sc. thesis. Faculty of Agriculture. Tarbiat-Modares University, 132p.
- Mustscher, H. 1995.** Measurement and assessment of soil potassium. *Int. potash Inst. Res. Topic.* 4.
- Myers, D.B., N.R Kitchen, and K.A. Sudduth. 2003.** Assessing spatial and temporal nutrient dynamics With a Proposed Nutrient Buffering Index. *Proceedings North Central . Extension Industry Soil Fertility Conference, 2003.* P. 190-199
- Page, A.L.V., and Moller Keeney, R.H. 1992.** Method of soil analysis. Part 1 and 2, American Society of Agronomy. Madison WI., USA. 1159p.
- Parker, D.R., Sparks, D.L., Hendricks, G.Y., and Sadusky, M.C. 1989.** Potassium in Atlantic coastal plain soil. I: Soil characterization and distribution of potassium. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 392-396.
- Pohlman, A.A., and Mccoll, J. 1986.** Kinetics of metal dissolution from forest soils by soluble organic Acids. *J. Environ. Qual.* 15:1.
- Rahmatullah., and Mengel, K. 2000.** Potassium release from Mineral structures by H⁺ ion-resin. *Geoderma.* 96: 291- 305.

- Rezvani, S. 1996.** Application of ANSWERS model for estimating of phosphorus transfer in basin exited floodwater by measured phosphorus amounts in basin and estimated amounts using geostatistical methods. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture. Shiraz University, 286p.
- Robert, Grisso, Alley, M. Mcnell, M. Higgin, S. 2003.** Precision farming tools: yield monitor. .Virginia state university publication. number: pp, 442-502
- Robinson, T.P., Metternicht, G., 2006.** Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. *Computers and Electronics in Agriculture* 50 (2), 97–108.
- Scharf, P.C., J.A. Lorry, N.R. Kitchen, K.A. Sudduth and J.G. Davis. 2002.** Spatial variability of optimum N Rate for Corn. *Agronomy Abstracts*, 2002. American Society of .Agronomy, Madison, WI
- Shamsaldini, A. 1999.** Rainfall regional variation using kriging at the Northern provinces. M.Sc. Seminar. Faculty of Agriculture. Shiraz University, 69p.
- Shi. W., Lio. J. 2009.** Surface modelling of soil pH. *Geoderma* 150, 113–119.
- Sibson, R. 1981.** A brief description of natural neighbor interpolation. *Interpreting Multivariate Data*. John Wiley and Sons Press, New York, Pp: 21-36.
- Sibson, R. 1981.** A brief description of natural neighbor interpolation. *Interpreting Multivariate Data*. John Wiley and Sons Press, New York, Pp: 21-36.
- Smith, W.H.F., and Wesel, P. 1990.** Gridding with continuous curvature splines in tension. *Geophysics*, 55: 293-305.
- Song, S.K., and Huang, P.M. 1988.** Dynamics of potassium release from potassium-bearing minerals as influenced by oxalic and citric acids. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52: 383-390.
- Sparks, D.L. 1987.** Potassium dynamics in soils. *Adv. Soil Sci.* 6:1-63.
- Sparks, D.L. 1989.** Kinetics of soil chemical processes. Academic Press, San Diego.
- Sparks, D.L., and Carski, T.H. 1985.** Kinetics of potassium exchange in heterogeneous system. *Applied Clay Science.* 1: 89-101.
- Sparks, D.L., and Jardin, P.M. 1984.** Comparison of kinetics equations to describe potassium calcium exchange in pure and in mixed systems. *Soil Sci.* 138: 115-122.
- Srinivasa Rao, C., Datta, S.P., Subba Rao, A., Sing, S.P., and Takkar, P.N. 1997.** Kinetics of non-exchangeable potassium release by organic acids from mineralogically different soils. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 45: 728-734.

- Srinivasarao, C., Rupa, T.R., Subba Rao, A., Ramesh, G., and Bansal, S.K. 2006.** Release kinetics of nonexchangeable potassium by different extractants from soils of varying mineralogy and depth. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 37: 473-491.
- Steffens, D., and Sparks, D.L. 1997.** Kinetics of nonexchangeable ammonium release from soils. *Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI*, Pp: 201-276.
- Tofiqi, H. 1997.** Potassium kinetics release from rice field soils of Iran North. Comparison and assessment first order, zero order and parabolic diffusion kinetics model. *J. Iran Agric. Sci.* 26:4. 27-41.
- Washburn, C.S., P. Motavalli, N.R. Kitchen and D.K.Otter. 2002.** Soil phosphorous spatial distribution In Pastures receiving poultry litter applications. *Agronomy Abstracts*, .2002. American Society of Agronomy. Madison, W. I
- Webster, R., and Oliver, M.A. 2001.** *Geostatistics for Environmental Scientists*, John. Wiley and Sons Press, New York, 255p.
- Webster, R., Oliver, M.A., 1992.** Sample adequately to estimate variograms of soil properties. *Journal of Soil Science* 43 (1), 177–192.
- Wild. A. : D. L. Rowel, and M. A. Ogonfowora. 1971.** The activity ratio as a measure of the intensity factor in potassium supply to plants. *Potash Rev. Sub. 16, Suit 56* : 1-9.

Abstract

In some sciences such as soil science, ecology, geology, etc., in which the measured value of a quantity in a given range is processed estimated values of the variables in a particular time and place is common by using existing data from the variable, or using the information other variables. Due to the nature of the regional measurements, heterogeneity and their spatial and temporal correlations, uncertainty, problems in collecting data, the size of the variable of a given place and time and limited various methods such as kriging and Cokriging, etc. navigation and are developed as a necessity. In this study, in order to achieve more accurate and comprehensive information on agricultural development, Khartouran region in Semnan province having a large agricultural sector, farming villages and numerous deep and semi-deep wells can be selected using the sampling and conducting some experiments, soil fertility map is drawn. In this regard, based on the geographical location of agricultural land, 200 samples were selected from 0-30 and 30-60 cm depth of soil. salinity, pH, lime and potassium were evaluated in the samples and the data in ARC GIS 9.3 software were analyzed and the interpolation model of kriging, radial basis functions ,inverse distance weighting , local polynomial were interpolated to assess the best fitting model. for soil salinity in topsoil and depth, the radial basis functions (Completely regularized spline) and kriging (ordinary), for lime in topsoil and depth, radial basis functions (Spline with tension) and radial basis functions (Inverse Multi Quadratic), for the acidity of the topsoil and depth, kriging model (Disjunctive) and radial basis functions (Spline with tension) and for potassium in topsoil and depth radial basis functions (Inverse Multi Quadratic) and kriging (simple) selected as the best model for interpolating mentioned parameters respectively. Due to the results high soil salinity in the northern and southern region observed in agricultural zones, in 30-60 cm depth of soil, salinity is lower than topsoil but in northern part of map high soil salinity were observed. Lime in 0-30 cm of Soil in all agricultural areas except one area in south is lower than non-agricultural areas. In 30-60 cm depth of soil between agricultural and non-agricultural areas no particular patterns were observed. Soil pH in 0-30 cm depth of soil in all areas are similar and there is no particular patterns between agricultural and non-agricultural areas and in 30-60 cm of soil, pH in agricultural areas in higher than non-agricultural zones. Potassium in 0-30 cm depth of soil in all areas is very high and there is no particular patterns between agricultural and non-agricultural areas but in some areas in 30-60 cm of soil depth potassium in low.



Shahrood University of technology

Faculty of soil science

M.SC. Thesis

Evaluation of spatial variability of soil potassium by geostatistic method in
Kharturan region of Semnan province

Saleh Saboori

Supervisor:

Dr. A. Abasspour

Advisor:

Dr. A. Rohani

M. Sc. A. A. Naderi

Sep 2013