

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده : کشاورزی

گروه : آب و خاک

پهنه بندی عناصر غذایی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و زمین آمار در دشت ارومیه

عارف صمدی

اساتید راهنما :

دکتر علی عباسپور

دکتر عباس روحانی

استاد مشاور:

دکتر رضا سکوتی اسکوتی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

ماه و سال انتشار :

بهمن ماه ۱۳۹۲

تقدیم به پدر عزیز و مادر مهربانم

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگی

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین

روزگاران، بهترین پشتیبان است

به پاس قلب های بزرگشان که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به

شجاعت می گراید

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند.

و تقدیم به آنانی که

باعشق همراه بودند

با صبر تکیه گاهم گشتند

و با محبت یاریم کردند

تقدیر و تشکر

کسی که سپاس مخلوق را در برابر کار نیکش نگوید از عهد سپاس خالق بر نیاید

پیامبر اکرم (ص)

کردگار، سپاست می گویم که این فهم را در من رویاندی که نادانم و راه را برای رهیدنم و رهاندنم هموار ساختی. در شکرگزاری این نعمت با دستگیری خوبیانی چند، تلاش کردیم، تا چه حد در خور باشد و چقدر مقبول افتد. به فرمانبرداریت، بر خود می دانم که یاری یارانم را راجح‌نم و شکرگزار راهبرانم باشم: در ابتدا از پدر و مادر مهربان و خانواده دلسوز خود که نمونه آشکار لطف الهی هستند کمال تشکر را دارم و از خداوند مهربان، سلامت، بهروزی و خیر دنیا و آخرت را برایشان مسئلت دارم.

بدون شك، هیچ تحقیق و مطالعه‌ای بدون بهره‌گیری از تجارب و اندیشه‌های استادان و پیشکسوتان امر، به سرانجام نرسید و نخواهد رسید. بند نیز خود را مرهون زحمات و علم سرشار اساتید بزرگوارم آقایان دکتر علی عباسپور، دکتر عباس روحانی و دکتر رضا سکوتی اسکویی، که راهنمایی و مشاوره‌ی این تحقیق را بر عهد داشتند، می دانم و از این که توانستم در حد توان خویش، خوشه چین خرمن دانسته‌های ایشان باشم خداوند مهربان را سپاسگزارم و از درگاه حضرتش تمنای سلامتی و موفقیت روز افزون ایشان را دارم.

وظیفه خود می دانم از اساتید گرانقدر جناب آقای دکتر شاهین شاهسونی و جناب آقای دکتر صمد امامقلی - زاده که زحمت داوری پایان نامه را تقبل نموده و زمینه بهبود آن را فراهم نمودند، تشکر و قدردانی نمایم. از مساعدت و لطف نماینده محترم تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر خلیل اژدری کمال سپاسگزاری را دارم.

در پایان از همکلاسیهای عزیز و همه دوستان عزیز که هر یک به نوعی در انجام این پایان نامه مرایاری کردند و مورد لطف و محبت خویش قرار دادند، بویژه دوستان مهربانم آقایان مهندس حجتی، مرتضی رحمانی و سامان ابراهیمی صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم و سلامتی و موفقیت همه آنان را از باری تعالی خواستارم.

تعهد نامه

اینجانب **عارف صمدی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **مهندسی کشاورزی - علوم خاک** دانشکده **کشاورزی** دانشگاه صنعتی

شاهرود نویسنده پایان نامه **پهنه بندی عناصر غذایی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و زمین آمار در دشت ارومیه** تحت

راهنمایی **دکتر علی عباسپور و دکتر عباس روحانی** متعهد می شوم.

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

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.

استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

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

چکیده

اساس توسعه کشاورزی دقیق علم بر خصوصیات خاک در هر نقطه و اعمال مدیریت ویژه می‌باشد. بنابراین، آگاهی از ساختار وابستگی مکانی ویژگی های مختلف خاک و حد بحرانی عناصر غذایی در مزارع برای دستیابی به تولید بیشتر و مدیریت بهتر حائز اهمیت می باشد. در این تحقیق ۸۲ نمونه خاک سطحی از منطقه دشت ارومیه جمع آوری و متغیرهای واکنش خاک، کربن آلی، کربنات کلسیم معادل، هدایت الکتریکی، فسفر، پتاسیم، آهن، روی و منگنز قابل دسترس اندازه گیری گردید. ارزیابی آماری بر کلیه نتایج حاصل صورت گرفت و جهت بررسی همبستگی بین متغیرها، روش همبستگی پیرسون به کار گرفته شد. از طریق بررسی های آماری با بسته نرم افزاری SPSS نرمال بودن توزیع داده ها تست شد. با استفاده از روش کریجینگ با استفاده از نرم افزار GS⁺ درون‌یابی انجام و میزان دقت نقشه پراکنش این متغیرها محاسبه گردید. برای کاربردی‌تر شدن، نقشه های تولیدی بر اساس روش پیشنهادی میزان عناصر و خصوصیات اراضی برای گیاه گندم که از سوی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی محاسبه شده است. با توجه به نقشه مشخص شد که اراضی از نظر میزان عنصر فسفر قابل دسترس در حد کفایت یا بیشتر از حد کفایت است. این احتمال در مورد پتاسیم قابل دسترس نیز صدق میکند اما عناصر آهن، روی و منگنز در بیشتر نواحی دچار کمبود می‌باشند. بنابراین، برای افزایش عملکرد کمی و کیفی گندم در خاک های زراعی منطقه، نیاز مبرم به مصرف کودهای محتوی آهن، روی و منگنز می باشد. همچنین به منظور پیش‌بینی کلاس‌بندی الگوی تغییرات مکانی عناصر فسفر، پتاسیم، آهن، روی و منگنز در این پژوهش از شبکه عصبی LVQ4a2 استفاده شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند بر اساس خطای کم تشخیص در فاز آموزش و آزمایش در تهیه نقشه پهنه‌بندی غظت عناصر و ویژگی‌های خاک بکار برده شود.

واژگان کلیدی: پهنه بندی عناصر، زمین آمار، کریجینگ، شبکه عصبی LVQ4a2، حد بحرانی گندم

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱. صمدی ع، عباسپور ع، روحانی ع و سکوتی اسکوئی ر، (۱۳۹۲) "ارتقای بهره وری خاک با بررسی تغییرات مکانی برخی عناصر میکرو در دشت ارومیه " سیزدهمین کنگره علوم خاک، دانشگاه شهید چمران، اهواز

فهرست مطالب

فصل اول:	۱
۱-۱-مقدمه	۳
فصل دوم	۹
۱-۲- تغییرات خاک	۱۱
۲-۲- روش های تشریح تغییرات خاک	۱۳
۱-۲-۲- طبقه بندی و ارزیابی خاک ها	۱۳
۲-۲-۲- تجزیه و تحلیل تغییرات به روش آمار کلاسیک	۱۳
۳-۲-۲- زمین آمار	۱۴
۳-۲- مطالعات پیشین	۲۳
۱-۳-۲- شبکه عصبی مصنوعی (ANN)	۳۰
فصل سوم:	۴۱
۳- مواد و روشها	۴۳
۱-۳- موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه	۴۳
۲-۳- هوا و اقلیم	۴۴
۱-۲-۳- باد	۴۴
۲-۲-۳- اقلیم	۴۵
۳-۳- منابع آب	۴۵
۱-۳-۳- آبهای سطحی	۴۵
۲-۳-۳- آبهای زیر زمینی	۴۶
۴-۳- کشاورزی منطقه	۴۶
۵-۳- زمین شناسی	۴۷

۴۹	..... ۳-۵-۱- سازند کواترنر
۵۰	..... ۳-۶- خاکشناسی
۵۰	..... ۳-۶-۱- فیزیوگرافی، شکل ظاهری زمین و خاکهای متشکله
۵۱	..... ۳-۶-۲- مورفولوژی خاکها
۵۲	..... ۳-۷- برداشت و آماده سازی نمونههای خاک
۵۳	..... ۳-۸- تجزیه شیمیایی خاک
۵۳	..... ۳-۸-۱- فسفر قابل استفاده
۵۳	..... ۳-۸-۲- پتاسیم قابل استفاده
۵۳	..... ۳-۸-۳- کربن آلی
۵۳	..... ۳-۸-۴- کربنات کلسیم معادل خاک
۵۳	..... ۳-۸-۵- هدایت الکتریکی
۵۴	..... ۳-۸-۶- اسیدیته خاک
۵۴	..... ۳-۸-۷- عناصر ریز مغذی آهن، روی و منگنز
۵۴	..... ۳-۹- تجزیه و تحلیل های آماری
۵۴	..... ۳-۹-۱- آمار توصیفی
۵۵	..... ۳-۹-۲- تجزیه و تحلیل های زمین آماری
۵۹	..... ۳-۱۰- معرفی نرم افزار GS+
۶۰	..... ۳-۱۱- شبکه عصبی
۶۱	..... ۳-۱۱-۱- الگوریتم آموزش LVQ4a2
۶۳	..... فصل چهارم
۶۵	..... ۴-۱- بررسی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک
۶۵	..... ۴-۱-۱- کربنات کلسیم
۶۸	..... ۴-۱-۲- کربن آلی

۷۰	۳-۱-۴- هدایت الکتریکی
۷۲	۴-۱-۴- واکنش خاک
۷۳	۵-۱-۴- فسفر قابل استفاده
۷۵	۶-۱-۴- پتاسیم قابل استفاده
۷۷	۷-۱-۴- آهن قابل استخراج با DTPA
۷۸	۸-۱-۴- روی قابل استخراج با DTPA
۸۰	۹-۱-۴- منگنز قابل استخراج با DTPA
۸۱	۲-۴- بررسی همبستگی بین متغیرها
۸۴	۳-۴- بررسی زمین آماری مجموعه داده های تحقیق
۸۴	۱-۳-۴- آزمون نرمال بودن توزیع داده ها
۸۵	۲-۳-۴- تجزیه و تحلیل ساختار مکانی
۹۱	۳-۳-۴- نقشه های پهنه بندی عوامل و عناصر مورد بررسی
۱۰۰	۴-۴- شبکه عصبی
۱۰۰	۱-۴-۴- تهیه نقشه پهنه بندی
۱۱۳	فصل پنجم
۱۱۵	۱-۵- نتیجه گیری
۱۱۷	۲-۵- پیشنهادها
۱۱۹	منابع و مآخذ

فهرست جداول

صفحه	عنوان
	فصل چهارم
۶۵	جدول ۴-۱ تجزیه آماری نتایج حاصل از تعیین ویژگیهای ۸۲ نمونه خاک
۶۶	جدول ۴-۲ : درجه بندی مقدار کربنات کلسیم(%)
۶۹	جدول ۴-۳: درجه بندی مقدار کربن آلی خاک (%)
۷۰	جدول ۴-۴ درجه بندی مقدار هدایت الکتریکی خاک(دسی زیمنس بر متر)
۷۲	جدول ۴-۵ درجه بندی میزان pH
۷۴	جدول ۴-۶ حدود کفایت، کمبود متوسط و شدید فسفر قابل استفاده(mg/kg)
۷۶	جدول ۴-۷ حدود کفایت، کمبود متوسط و شدید پتاسیم قابل استفاده (mg/kg)
۷۷	جدول ۴-۸ حدود کفایت، کمبود متوسط و شدید آهن قابل استخراج با DTPA (mg/kg) ...
۷۹	جدول ۴-۹ حدود کفایت، کمبود متوسط و شدید روی قابل استخراج با DTPA(mg/kg).....
۸۱	جدول ۴-۱۰ حدود کفایت، کمبود متوسط و شدید منگنز قابل استخراج با DTPA(mg/kg)
	جدول ۴-۱۱ ماتریکس همبستگی خصوصیات خاک در منطقه مورد مطالعه به روش
۸۳	پیرسون
۸۵	جدول ۴-۱۲: آزمون نرمال بودن توزیع داده ها به روش کولموگروف - اسمیرونوف
۸۸	جدول ۴-۱۳ پارامترهای تغییرنمای متغیرهای مورد مطالعه
۱۰۲	جدول ۴-۱۴ خطای شبکه عصبی LVQ4a2 در دو فاز آموزش و آزمایش برای آهک.....
	جدول ۴-۱۵ خطای شبکه عصبی LVQ4a2 در دو فاز آموزش و آزمایش برای میزان کربن
۱۰۴	آلی

- جدول ۴-۱۶ خطای شبکه عصبی LVQ4a2 در دو فاز آموزش و آزمایش برای میزان هدایت الکتریکی (dS/m)..... ۱۰۵
- جدول ۴-۱۷ خطای شبکه عصبی LVQ4a2 در دو فاز آموزش و آزمایش برای میزان واکنش خاک..... ۱۰۶
- جدول ۴-۱۸ خطای شبکه عصبی LVQ4a2 در دو فاز آموزش و آزمایش برای میزان فسفر قابل دسترس (mg/kg)..... ۱۰۷
- جدول ۴-۱۹ خطای شبکه عصبی LVQ4a2 در دو فاز آموزش و آزمایش برای میزان پتاسیم قابل دسترس (mg/kg)..... ۱۰۸
- جدول ۴-۲۰ خطای شبکه عصبی LVQ4a2 در دو فاز آموزش و آزمایش برای میزان آهن قابل استخراج با DTPA (mg/kg)..... ۱۰۹
- جدول ۴-۲۱ خطای شبکه عصبی LVQ4a2 در دو فاز آموزش و آزمایش برای میزان روی قابل استخراج با DTPA (mg/kg)..... ۱۱۰
- جدول ۴-۲۲ خطای شبکه عصبی LVQ4a2 در دو فاز آموزش و آزمایش برای میزان منگنز قابل استخراج با DTPA (mg/kg)..... ۱۱۱

صفحه	عنوان
	فصل دوم
۱۷	شکل ۱-۲ پارامتر های واریوگرام
	فصل سوم
۴۳	شکل ۱-۳ موقعیت منطقه مورد مطالعه.....
۵۲	شکل ۲-۳ موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه برداری شده.....
	فصل چهارم
۶۶	شکل ۱-۴ فراوانی درصد کربنات کلسیم
۶۹	شکل ۲-۴ فراوانی درصد کربن آلی
۷۱	شکل ۳-۴ فراوانی میزان هدایت الکتریکی
۷۳	شکل ۴-۴ فراوانی میزان pH
۷۴	شکل ۵-۴ نمودار فراوانی فسفر قابل استفاده به روش اولسن
۷۵	شکل ۶-۴ فراوانی پتاسیم قابل استفاده
۷۸	شکل ۷-۴ فراوانی آهن قابل استخراج با DTPA
۷۹	شکل ۸-۴ فراوانی روی قابل استخراج با DTPA
۸۱	شکل ۹-۴ فراوانی منگنز قابل استخراج با DTPA
۸۸	شکل ۱۰-۴ نیم تغییر نمای تمام جهت واکنش خاک.....
۸۹	شکل ۱۱-۴ نیم تغییر نمای تمام جهت هدایت الکتریکی
۸۹	شکل ۱۲-۴ نیم تغییر نمای تمام جهت کربنات کلسیم معادل

- شکل ۴-۱۳ نیم تغییر نمای تمام جهت میزان کربن آلی ۸۹
- شکل ۴-۱۴: نیم تغییر نمای تمام جهت فسفر قابل استفاده..... ۹۰
- شکل ۴-۱۵ نیم تغییر نمای تمام جهت پتاسیم قابل استفاده..... ۹۰
- شکل ۴-۱۶ نیم تغییر نمای تمام جهت آهن قابل استخراج با DTPA ۹۰
- شکل ۴-۱۷ نیم تغییر نمای تمام جهت روی قابل استخراج DTPA ۹۱
- شکل ۴-۱۸ نیم تغییر نمای تمام جهت منگنز قابل استخراج با DTPA ۹۱
- شکل ۴-۱۹ نقشه پهنه‌بندی کربنات کلسیم معادل به روش کریجینگ ۹۳
- شکل ۴-۲۰ نقشه پهنه‌بندی کربن آلی به روش کریجینگ..... ۹۳
- شکل ۴-۲۱ نقشه پهنه‌بندی هدایت الکتریکی به روش کریجینگ..... ۹۴
- شکل ۴-۲۲ نقشه پهنه‌بندی واکنش خاک به روش کریجینگ..... ۹۴
- شکل ۴-۲۳ نقشه پهنه‌بندی فسفر قابل استفاده به روش کریجینگ..... ۹۵
- شکل ۴-۲۴ نقشه پهنه‌بندی پتاسیم قابل استفاده به روش کریجینگ..... ۹۵
- شکل ۴-۲۵ نقشه پهنه‌بندی آهن استخراج شده با DTPA به روش کریجینگ ۹۶
- شکل ۴-۲۶ نقشه پهنه‌بندی روی استخراج شده با DTPA به روش کریجینگ ۹۶
- شکل ۴-۲۷ نقشه پهنه‌بندی منگنز استخراج شده با DTPA به روش کریجینگ ۹۷
- شکل ۴-۲۸ ساختار شبکه عصبی LVQ4a2 برای پیش‌بینی مکانی عناصر و ویژگی‌های خاک مورد مطالعه..... ۱۰۱
- شکل ۴-۲۹ نقشه توزیع مکانی و تفکیک شده درصد آهک بر اساس مقادیر آستانه فرضی مدل شبکه عصبی LVQ4a2..... ۱۰۳
- شکل ۴-۳۰ نقشه توزیع مکانی و تفکیک شده میزان کربن آلی بر اساس مقادیر آستانه فرضی

- ۱۰۴ مدل شبکه عصبی LVQ4a2
- شکل ۴-۳۱ نقشه توزیع مکانی و تفکیک شده میزان هدایت الکتریکی (dS/m) بر اساس مقادیر
- ۱۰۵ آستانه فرضی مدل شبکه عصبی LVQ4a2
- شکل ۴-۳۲ نقشه توزیع مکانی و تفکیک شده واکنش خاک بر اساس مقادیر آستانه فرضی
- ۱۰۶ مدل شبکه عصبی LVQ4a2
- شکل ۴-۳۳ نقشه توزیع مکانی و تفکیک شده میزان فسفر قابل استفاده بر اساس مقادیر
- ۱۰۷ آستانه فرضی مدل شبکه عصبی LVQ4a2
- شکل ۴-۳۴ نقشه توزیع مکانی و تفکیک شده میزان پتاسیم قابل استفاده بر اساس مقادیر
- ۱۰۸ آستانه فرضی مدل شبکه عصبی LVQ4a2
- شکل ۴-۳۵ نقشه توزیع مکانی و تفکیک شده آهن قابل استخراج به وسیله DTPA بر اساس
- ۱۰۹ مقادیر آستانه فرضی مدل شبکه عصبی LVQ4a2
- شکل ۴-۳۶ نقشه توزیع مکانی و تفکیک شده روی قابل استخراج به وسیله DTPA بر اساس
- ۱۱۱ مقادیر آستانه فرضی مدل شبکه عصبی LVQ4a2
- شکل ۴-۳۷ نقشه توزیع مکانی و تفکیک شده منگنز قابل استخراج به وسیله DTPA بر اساس
- ۱۱۲ مقادیر آستانه فرضی مدل شبکه عصبی LVQ4a2

فهرست پیوست

صفحه	عنوان
۱۴۳	پیوست ۱
۱۴۷	پیوست ۲

فصل اول:

مقدمه

یکی از اصول اولیه تولید در کشاورزی پایدار، ارتقای کیفی خاک از بعد حاصلخیزی و برگرداندن مجدد عناصر غذایی جذب شده توسط گیاهان به خاک می باشد که متأسفانه در برنامه کودی کشور نادیده گرفته شده است (بای بوردی، ۱۳۸۵؛ ملکوتی و همکاران ۱۳۸۷)، استفاده بهینه از کودهای شیمیایی به عنوان مهمترین منبع تامین عناصر غذایی گیاه در ایران، در افزایش تولیدات گیاهی، حفظ نظام اکولوژیکی محیط و تضمین سلامت مصرف کننده‌ی تولیدات کشاورزی از اهمیت زیادی برخوردار است. در ایران کاربرد کودهای شیمیایی در چهل سال اخیر ۱۰۰ برابر شده که آثار سوء آن به تدریج با آلودگی منابع آب و خاک پدیدار می‌شود، این در حالی است که متأسفانه تجزیه‌های خاک و گیاه نقشی در برآوردهای کودی و مصرف کود نداشته است (ملکوتی، ۱۳۸۷). مصرف صحیح کود مهمترین و اساسی‌ترین راه حفظ و اصلاح شرایط حاصلخیزی خاک و افزایش میزان عملکرد محصولات کشاورزی است و برای اعمال مدیریت کودی صحیح لازم است تا اطلاع کاملی از میزان عناصر غذایی خاک که برای عملکرد بهتر می‌تواند در اختیار گیاه قرار دهد، بدست آورد. اما بیش از ۸۶ درصد از کودهای مصرفی کشور را در حال حاضر کودهای نیتروژنی و فسفاتی تشکیل می دهند. این در حالی است که از مصرف کودهای مؤثر در اصلاح خاکها و افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی نظیر گوگرد، ریزمغذی‌ها و کودهای زیستی خبری نیست (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). عناصر غذایی ریزمغذی نقش بسیار مهمی در افزایش عملکرد، بهبود کیفیت محصولات کشاورزی و ارتقای سطح سلامت جامعه دارند، و در شرایط خاصی این عناصر می‌توانند عملکرد را تا چند برابر افزایش دهند. اما در شرایط معمولی، به غیر از ارتقاء کیفی محصولات کشاورزی و در نهایت حل مشکل گرسنگی سلولی جامعه، سبب افزایش عملکرد محصولات کشاورزی تا حد ۱۵ الی ۳۰ درصد می گردند (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

در خاک‌های ایران به دلایلی متعدد از جمله آهکی بودن خاک‌های زراعی، کمی مواد آلی، درجه حرارت بالا، بارندگی اندک، pH بالا، بی کربناته بودن آب آبیاری، مصرف بیش از نیاز کودهای فسفاتی، تداوم استفاده نامتعادل از کودها و عدم مصرف کودهای ریزمغذی، کمبود عناصر غذایی ریزمغذی به ویژه روی (Zn)، آهن (Fe) و بور (B) در مناطق غیر شور مشاهده می شود. به همین دلیل شناسایی وضعیت آنها در خاک‌های مناطق مختلف بسیار ضروری است. بطوریکه با اتخاذ تصمیم‌های صحیح از خسارت ناشی از کمبود این عناصر جلوگیری شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

برای مدیریت بهتر اراضی کشاورزی باید وضعیت عناصر غذایی در خاک مورد بررسی قرار گیرد. یکی از روش‌هایی که به این منظور به کار می رود، آزمون خاک می باشد. این روش یکی از ساده‌ترین و رایج‌ترین راه‌های ارزیابی حاصلخیزی خاک است که می‌توان با به کارگیری شیوه‌های رایج آزمایشگاهی، غلظت عناصر مورد نظر را در خاک اندازه گرفت. اما انجام این امر به دلیل کمبود امکانات، زمان و هزینه‌های بالا عملاً در سطوح محدودی صورت می گیرد. بنابراین مصرف کودهای شیمیایی در بسیاری موارد با دقت کمی صورت می گیرد که این امر باعث کاهش عملکرد (کمی و کیفی) محصولات، هدر رفت سرمایه، آلودگی محیط زیست و به هم خوردن تعادل عناصر غذایی می گردد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

امروزه مدیریت‌های کودی بر اساس مقادیر میانگین عناصر تغذیه‌ای و سپس اعمال یکنواخت آنها به خاک مزرعه، به دلیل عدم در نظر گرفتن تغییر پذیری مکانی و موضعی ویژگی‌های خاک و عدم یکنواختی مکانی نیاز خاک، به دریافت نهاده‌ها و ورودی‌های مختلف، مدیریتی بهینه محسوب نمی گردد. زیرا این نوع مدیریت عواقب زیست محیطی و اقتصادی نامطلوبی را به دنبال دارد. اعمال نهاده‌ها به سیستم خاک در قالب مدیریتی دقیق و مبتنی بر رفتار پویا و تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های مختلف خاک، نیازمند رعایت اصل ضرورت‌ها و نیازهای موقعیت جغرافیای برای نهاده‌های مورد نظر است. این نوع مدیریت را اصطلاحاً مدیریت ویژه مکانی می‌نامند. این مدیریت پایه و اساس کشاورزی

دقیق است (محمدی، ۱۳۸۵). همچنین فهم تغییرات مکانی مزرعه و ارتباط آن با عملکرد محصول، مبنایی برای بهبود استفاده از نهاده‌ها، افزایش عملکرد محصول، مزایای اقتصادی و زیست محیطی را فراهم می‌کند، که این موضوع هسته اصلی تئوری کشاورزی دقیق است (Virgilio and Venturi, 2007). از سوی دیگر، مدیریت مزرعه بر اساس مجموعه‌ای از نقاط گسسته نمونه‌برداری، امکان‌پذیر نمی‌باشد و بایستی این داده‌ها در قالبی پیوسته از اطلاعات تبدیل گردند. بدین منظور، به کارگیری ابزارهای تجزیه و تحلیل و پردازش ریاضی و آماری، که توانایی به کارگیری هم زمان اطلاعات کمی و عددی متغیر مورد نظر و اطلاعات مربوط به موقعیت نسبی جغرافیایی داده‌ها را دارند، ضروری است. مجموعه‌ی روش‌های آماری مربوط را آمار مکانی می‌نامند، آمار مکانی فراهم آورنده چارچوبی نظری و کاربردی به منظور تجزیه و تحلیل مکانی داده‌ها است. این شاخه کاربردی از علم آمار، وظیفه توصیف، تخمین و پیش‌بینی، تفسیر و کنترل فرایندها و متغیرهای مکانی را به عهده دارد (محمدی، ۱۳۸۵). بطور خلاصه آمار مکانی به عنوان شاخه‌ای از علم آمار قادر به توصیف و مدل سازی ساختار مکانی متغیر مورد نظر توسط واریوگرام، میان‌بایی و تخمین الگوی پراکنش مکانی متغیرها و تهیه نقشه‌های هم میزان از متغیرها است (محمدی، ۱۳۷۷). تغییرات مکانی خاک، بعنوان یکی از متغیرهای محیطی، عبارت از تغییر در یک ویژگی خاک بعنوان تابعی از موقعیت جغرافیایی است. تغییرپذیری خاک بوسیله مجموعه فاکتورهای مختلف ایجاد می‌شوند. اثرات متقابل بین مواد مادری، توپوگرافی، پوشش گیاهی، شخم، کوددهی و تاریخچه کشت و کار و غیره می‌تواند تغییرپذیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را در مزارع تحت تاثیر قرار دهد (Franzen and Norvella, 2006). از دیرباز تغییرات مکانی خاک‌ها مورد توجه خاک‌شناس‌ها بوده و امروزه نیز چگونگی دستیابی به اطلاعات کمی و دقیق از این تغییرات به منظور ارزیابی کیفیت زیست محیطی خاک، خطر آلودگی خاک و سیر قهقرایی خواص خاک بعنوان جزئی از محیط زیست و ارائه تفسیرهای توسعه‌ای غیر کشاورزی از خاک‌ها چالش‌های نوینی را فراروی متخصصان خاک قرار داده است. به نظر می‌رسد با توجه به نقش اساسی خاک و کیفیت آن در ریسک‌های زیست محیطی و

سلامت جامعه بشری، بکارگیری چنین روش‌ها و تکنیک‌های آماری به منظور برآورد هر چه دقیق‌تر ویژگی‌های خاک بیش از پیش ضروری باشد (محمدی، ۱۳۷۷). بطور کلی به کمک آمار مکانی می‌توان با صرف زمان و هزینه‌های کمتر در سطوح وسیع، پراکنش مکانی عناصر ریزمغذی را بدست آورد. همچنین می‌توان با تهیه نقشه‌هایی با مقیاس مناسب که ضرورتی انکارناپذیر برای کشاورزی دقیق است، به پهنه‌بندی مناسبی از غلظت این عناصر که جنبه کاربردی و توصیه مصرف بهینه کود دارد، دست یافت. در اراضی کشاورزی ضروری است، به منظور هدفمندتر شدن نقشه‌های بدست آمده و مرزبندی آنها بر اساس نیاز گیاه و شناسایی مناطق دارای کمبود برای گیاه مورد نظر، حد بحرانی عناصر غذایی بدست آید. همچنان دستیابی به تصویر کلی از شرایط این عنصر در خاک‌ها این امکان را فراهم می‌آورد که نواحی، خاک‌ها و شرایطی که در آنها وضعیت این عناصر دچار مشکل است (کمبود یا سمیت) مکان یابی شده که این امر می‌تواند به انتخاب هدفمند پژوهش‌های آینده و آزمایش‌های مزرعه‌ای بیانجامد.

از آنجا که بشر همواره در تلاش برای یافتن راه‌حلی بوده تا پردازش اطلاعات، مسائل و پدیده‌هایی را که به راحتی قابل حل نیستند و همچنین یافتن روابط پیچیده میان پارامترهای پدیده‌های مورد نظر را در علوم مختلف تسهیل بخشد، با الگوبرداری از سیستم‌های بیولوژیک به سیستم‌های هوشمندی دست یافته است که قادر به استخراج دانش الگوریتم یا نگاشت از دل محاسبات عددی می‌باشد. سامانه‌های دینامیکی یاد شده که شبکه‌های عصبی مصنوعی نامیده می‌شوند با پردازش بر روی داده‌های تجربی، دانش یا قانون نهفته در ورای داده‌ها را ارائه می‌کنند. در حقیقت، یک شبکه عصبی مصنوعی مجموعه‌ای از تعداد زیادی واحدهای محاسباتی ساده مرتبط یا نرون‌ها می‌باشد که شبیه به نرون‌های طبیعی مغز انسان هستند. مکانیسم فراگیری و آموزش مغز اساساً بر تجربه استوار است. مدل‌های الکترونیکی شبکه‌های عصبی طبیعی نیز بر اساس همین الگو بنا شده‌اند و روش

برخورد چنین مدل‌هایی با مسائل، با روش‌های محاسباتی که به‌طور معمول توسط سیستم‌های کامپیوتری در پیش گرفته شده‌اند، تفاوت دارد.

شبکه‌های عصبی، با قابلیت قابل توجه در استنتاج معانی از داده‌های پیچیده یا مبهم، برای استخراج الگوها و شناسایی روشهایی که آگاهی از آنها برای انسان و دیگر تکنیک‌های کامپیوتری بسیار پیچیده و دشوار است به کار گرفته می‌شوند. یک شبکه عصبی تربیت یافته می‌تواند به عنوان یک متخصص در مقوله اطلاعاتی که برای تجزیه تحلیل به آن داده شده به حساب آید. در حقیقت مدل‌های شبکه عصبی یک فرآیند توزیع موازی با ماهیت طبیعی بوده و مهمترین ویژگی آن توانایی مدل‌سازی روابط غیرخطی و پیچیده بدون نیاز به فرضیات قبلی از ماهیت ارتباط بین داده‌ها می‌باشد.

شبکه‌های عصبی در مسیری گام برمی‌دارند که ابزارها توانایی فراگیری و برنامه‌ریزی خود را داشته باشند. ساختار شبکه‌های عصبی به گونه‌ای است که قابلیت حل مسئله را بدون کمک فرد متخصص و برنامه‌ریزی خارجی داشته باشند. شبکه‌های عصبی قادر به یافتن الگوهایی در اطلاعات هستند که هیچ‌کس، هیچ‌گاه از وجود آنها اطلاع نداشته است. بنابراین هدف از پژوهش حاضر:

بررسی پراکنش عناصر فسفر، پتاسیم، آهن، روی و منگنز در دشت ارومیه

تعیین حد بحرانی و یا حد سمیت عناصر مورد مطالعه بر اساس میزان عناصر

شناخت تاثیر برخی از ویژگی‌های خاک بر فراهمی عناصر مورد مطالعه

فصل دوم

مروری بر

مطالعات

گذشته

۱-۲- تغییرات خاک

یکی از ویژگی های کلیدی خاک تغییرپذیری زمانی و مکانی آن است (محمدی، ۱۳۸۵). در فرآیند تشکیل خاک عوامل و فرآیندهای مختلفی دخیل هستند که در طول زمان و مکان تغییر می کنند. بعلاوه تغییرات آن پیچیده است زیرا از برهمکنش فرآیندهای زیادی که در مقیاس های متفاوت مکانی عمل می کنند، حاصل می آید (Vieira and Gonzalez, 2003). بطور کلی تغییرات مکانی خصوصیات خاک به این مفهوم است که دو نمونه ی نزدیک بهم بسیار شبیه تر به یکدیگر هستند تا دو نمونه ای که با فاصله ی زیادی از یکدیگر قرار گرفته اند (محمدی، ۱۳۷۷). همچنین خصوصیات خاک هم دارای پیوستگی مکانی بوده و هم همبستگی متقابل بین آنها وجود دارد که نتیجه ذاتی بودن فرآیندهای تشکیل خاک است. خصوصیات خاک دارای تغییرات زمانی و مکانی از مقیاس های کوچک تا مقیاس های بزرگ می باشند که تحت تاثیر خصوصیات ذاتی (فاکتورهای تشکیل خاک مانند مواد مادری خاک) و خصوصیات غیر ذاتی (مانند عملیات مدیریتی خاک، کود دهی، تناوب زراعی و فرسایش) قرار دارند (Yemefack et al., 2005).

تغییرپذیری خاک بوسیله مجموعه فاکتورهای مختلف ایجاد می شود. اثرات متقابل بین مواد مادری، توپوگرافی، پوشش گیاهی، شخم، کود دهی و تاریخچه کشت و کار و غیره می تواند تغییرپذیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را در مزارع تحت تاثیر قرار دهد. بنابراین، چنانچه مزارعی دارای سری های مختلف خاک و اشکال توپوگرافی گوناگونی باشند، تغییرپذیری در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در مزرعه نسبت به وضعیت های یکنواخت تر بیشتر مشخص خواهد بود (Cox et al., 2003).

بررسی تغییرات خاک در میان مزرعه از طریق ارزیابی خاک، آزمایش خاک و گیاه و بررسی عملکرد محصول صورت می گیرد، اما اغلب کشاورزان ترجیح می دهند که یک نوع مدیریت خاک و محصول را در سراسر مزرعه انجام دهند. چنین مدیریتی سبب افزایش هزینه های مدیریتی مزرعه، کاهش بازده

اقتصادی، آلودگی آب های سطحی و زیرزمینی و همچنین هدر رفت انرژی می گردد. دستیابی به سود بهینه و حفاظت محیط زیست به این نکته بستگی دارد که چگونه مدیریت های کشاورزی براساس شرایط خاک اعمال شوند (Castriganano et al., 2000). برای اجرای موفق کشاورزی دقیق بایستی روش های کارآمد و دقیق برای ارزیابی تغییرات مکانی خاک و ارتباط مولفه های کمی و کیفی تولید، توسعه یابد. هدف از کشاورزی دقیق در رابطه با تولید محصول برقراری ارتباط بین عملیات زراعی و کاربردی با خصوصیات خاک و نیازهای گیاه و با در نظر گرفتن تغییرات مکانی آنها می باشد. همچنان که خاک گیاه را تغذیه می کند، وضعیت خاک فاکتور اصلی موثر در تولید پتانسیل و تولید واقعی می باشد (McBratney and Pringel, 1997). طی سال های گذشته نتایج آزمون خاک به عنوان عامل تعیین کننده مقدار کود بشمار می رود، اما مشکل اینجاست که این روش تنها در مفهوم آماری و در سطح یک مزرعه که در آن ریسک کاربرد مقدار مناسب کود وجود دارد، معتبر است. امروزه، تفاوت های زیادی در سطوح عناصر غذایی در نمونه های برداشت شده از بخش های مختلف یک مزرعه یافت می شود. در واقع ترکیب بسیاری از فاکتورها در تغییرپذیری مشاهده شده دخیل است که شامل فرآیندهای تشکیل خاک، تاریخچه کشت و کار، کاربری قبلی مزرعه، جذب عناصر غذایی توسط گیاه و کاربرد نهاده های مثل کود، آهک، کود دامی و حشره کش ها می باشد. کوددهی با نرخ متغیر، تغییرات مکانی را بطور معنی داری با حاصلخیزی خاک مرتبط می کند. با اجرای تکنولوژی مصرف متغیر، امکان مصرف کافی نهاده ها، سوددهی بیشتر و کنترل محیط زیست فراهم می شود (Yamagishi et al., 2003).

با پیشرفت علم کامپیوتر، توان بشر در پردازش داده ها و تکامل سیستم های اطلاعاتی از جمله سیستم اطلاعات جغرافیای (Geographic Information System) امکان تهیه آسان و سریع نقشه های کمی در مورد خواص خاک وجود دارد. از روش های زمین آمار (Geostatistics) می توان جهت کمک در تهیه این گونه نقشه ها استفاده کرد. همچنین ابزار ژئواستاتیک بتدریج تبدیل به اجزاء مهم

تکنیک های GIS شده و این ابزار را می توان برای توصیف تغییرات مکانی، میان یابی، شبیه سازی و طراحی نمونه برداری بهینه بکار برد (مومنی، ۱۳۷۴).

۲-۲-۲- روش های تشریح تغییرات خاک

۲-۲-۲-۱- طبقه بندی و ارزیابی خاک ها

ارزیابی و طبقه بندی خاک، رایج ترین روش برای تقسیم تغییرات در مقیاس مزرعه و حوزه آبخیز است. ارزیابی خاک منجر به تولید نقشه هایی از کلاس خاک می گردد، جایی که مقدار متوسط خواص خاک در داخل نقشه تخمین زده می شود (محمدی، ۱۳۸۵).

۲-۲-۲-۲- تجزیه و تحلیل تغییرات به روش آمار کلاسیک

آمار کلاسیک یا آمار سنتی مقدار کمیت مورد نظر را در نمونه ها در نظر می گیرد و موقعیت نمونه ها را مورد توجه قرار نمی دهد. بنابراین در این شاخه از آمار این واقعیت که احتمال تشابه مقدار یک کمیت در دو نمونه نزدیک به هم بیشتر است تا در دو نمونه دور از هم، در نظر گرفته نمی شود. در آمار کلاسیک، اجزاء یا نمونه هایی که از کل جامعه به منظور شناخت آن برداشت می شوند، فاقد اطلاعات موقعیتی در فضا بوده و در نتیجه مقدار اندازه گیری شده یک کمیت معین در یک نمونه خاص هیچگونه اطلاعاتی در مورد مقدار همان کمیت در نمونه دیگری به فاصله معین در بر نخواهد داشت. به عبارت دیگر نتایج بدست آمده از اندازه گیری نمونه های مستقل از موقعیت فضایی آنها مورد تحلیل قرار می گیرد (حسینی پاک، ۱۳۸۶).

آمار کلاسیک فرض می کند که تغییرات در میان واحدهای نمونه برداری تصادفی است، از طرفی ویژگی های خاک در حقیقت متغیرهای پیوسته ای هستند که مقادیر آن ها در هر نقطه می تواند براساس جهت و فاصله جداکننده از نمونه های همسایه متفاوت باشد، بنابراین آمار کلاسیک برای

درون یابی متغیرهای دارای وابستگی مکانی ناکافی است زیرا فرض می‌کند تغییرات تصادفی است و هیچ محاسبه‌ای برای وابستگی مکانی و موقعیت نسبی نمونه‌ها انجام نمی‌دهد (محمدی، ۱۳۸۵).

۲-۳- زمین آمار

زمین آمار در خاکشناسی از اواخر دهه ۷۰ میلادی توسط کمپیل (۱۹۷۸) آغاز گردید. بعد از آن، مطالعه‌های تکمیلی گسترده‌ای توسط وبستر (۱۹۸۵)، برگس (۱۹۸۰) و مک برتنی (۱۹۸۲) انجام شد. در ایران، زمین آمار برای اولین بار توسط حاج رسولیها و همکاران (۱۹۸۰) به منظور تجزیه و تحلیل تغییرات شوری در خاک شناسی استفاده گردید. در سال‌های اخیر، کاربرد این روش توسط محققین کشور در علوم خاک رو به افزایش بوده و از جمله بایستی به مطالعات عالمی و همکاران (۱۹۸۹)، امینی (۱۳۷۸)، محمدی (۱۳۷۷)، رفیع الحسینی و محمدی (۱۳۸۰) و مومنی (۱۳۷۴) اشاره نمود (محمدی، ۱۳۸۵).

بطور خلاصه این شاخه از علم آمار قادر به توصیف و مدل سازی ساختار مکانی متغیر مورد نظر توسط واریوگرام و میان یابی و تخمین الگوی پراکنش مکانی متغیرها و تهیه نقشه‌های هم میزان از متغیرها است (محمدی، ۱۳۷۷).

الف) تئوری متغیرهای ناحیه‌ای: یک متغیر ناحیه‌ای، عبارت است از هر خصوصیت محیطی است که مقادیر آن در فضای یک، دو و یا سه بعدی توزیع یافته‌اند. از نظر ریاضی، یک متغیر ناحیه‌ای می‌تواند تابع تصادفی مانند $Z(x)$ باشد که برای هر نقطه مانند x ، دارای مقدار عددی مشخصی است.

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

$m(x)$: مولفه تغییرات ساختاری و $\varepsilon(x)$: مولفه تغییرات تصادفی

غالباً تغییرات این تابع در فضای نمونه برداری، از نقطه‌ای به نقطه دیگر پیوسته است. لیکن، توصیف کامل آن توسط مدل‌های جبری و ساده، به دلیل پیچیدگی و نامنظم بودن تغییرات، بسیار

دشوار است. تغییرات مکانی یک متغیر ناحیه ای در برگزیده دو مولفه ساختاری و تصادفی است. اولین مولفه بیانگر روند است و در برگزیده مقدار ثابتی از مقادیر متغیر مورد نظر است. مولفه دوم نشانگر تغییرات تصادفی مقادیر متغیر ناحیه ای از نقطه ای به نقطه ی دیگر است. تغییرات تصادفی. یک متغیر ناحیه ای دارای همبستگی با مختصات مکانی نقاط نمونه برداری است. علاوه بر دو مولفه اصلی مقادیر متغیر ناحیه ای، در برگزیده نوسانات می باشد (محمدی، ۱۳۸۵).

ب) واریوگرام: تابع واریوگرام کلیدی در متغیرهای ناحیه ای است. واریوگرام تجربی عبارت از متوسط مجذور اختلاف بین دو مشاهده $(z(x), z(x+h))$ در دو موقعیت مکانی واقع در فضای نمونه برداری است که توسط نمایه h از هم جدا شده اند.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} (Z(x_i) - Z(x_i + h))^2 \quad (2-2)$$

$N(h)$ ، عبارت از جفت نمونه های جدا شده توسط h است.

واریوگرام در حقیقت، سنجش گر میانگین عدم شباهت داده ها در دو موقعیت مکانی x و $x+h$ به عنوان تابعی از فاصله بین آنها (h) است (Castrigananon et al., 2000).

۱) پارامترهای واریوگرام: هر واریوگرام با پارامترهای آن یعنی اثر قطعه ای، دامنه تاثیر یا شعاع تاثیر و سقف مشخص می شود. پس از محاسبه واریوگرام های تجربی و قبل از عملیات تخمین، لازم است که مناسب ترین مدل تئوری را به آنها برازش داد (محمدی، ۱۳۸۵).

الف) اثر قطعه ای (Nugget)

از نظر تئوری، مقدار واریوگرام به ازای $h=0$ باید به حداقل مقدار خود یعنی به صفر تنزل پیدا کند. ولی در عمل واریوگرام های واقعی که محصول تجربه می باشند، معمولاً از چنین شرایطی تبعیت نمی کنند. به مقدار واریوگرام به ازای $h=0$ اثر قطعه ای گفته می شود. دو عامل را می توان موثرترین عوامل در پیدایش اثر قطعه ای دانست که عبارتند از:

۱- وجود مولفه های تصادفی در توزیع متغیر که در واقع به تصادفی بودن فرآیند بر می گردد.

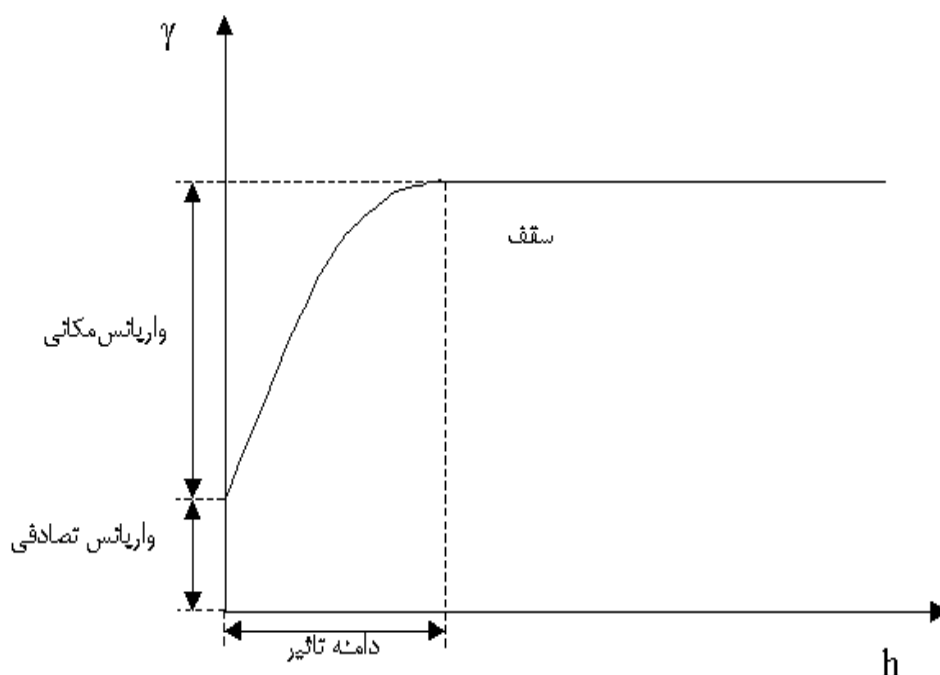
۲- خطای نمونه برداری، آماده سازی، اندازه گیری و آنالیز.

ب) دامنه یا شعاع تاثیر (Range)

همانطور که قبلا اشاره شد، برای یک متغیر ناحیه ای، ساختار فضایی توزیع طوری است که تشابه متغیر ناحیه ای برای نقاط نزدیک به هم نسبت به نقاط دور از هم بیشتر است. لذا با افزایش فاصله زمانی و مکانی بین نمونه ها، به حدی می رسیم که از آن به بعد مقدار متغیر ناحیه ای در نقاط اطراف یکدیگر تاثیر چندانی روی یکدیگر ندارند و با افزایش فاصله مقدار واریوگرام تغییر چندانی نمی کند، به این فاصله دامنه تاثیر می گویند. بدیهی است که دامنه تاثیر بزرگتر دلالت بر ساختار فضایی گسترده تر دارد. این گسترش موجب افزایش محدوده مجاز می گردد که می توان از داده های موجود در آن برای تخمین متغیر ناحیه ای در نقطه یا بلوک مجهول استفاده کرد. دامنه تاثیر واریوگرام در طراحی فاصله شبکه نمونه برداری و همچنین در تحلیل ناهمسانگردی های ساختاری کاربرد زیادی دارد (محمدی، ۱۳۸۵).

ج) آستانه (Sill)

همچنان که h افزایش می یابد مقدار واریوگرام از مقدار کم شروع شده و پس از فراز و نشیب های ممکن به سمت حد ثابتی میل می کند. بنابراین برخی از واریوگرام ها به مقدار ثابتی می رسند که بعد از آن هرچه فاصله بیشتر شود، مقدار واریوگرام تغییر معنی داری نمی کند به این مقدار نسبتا ثابت که تغییرات آن فقط تصادفی است، آستانه یا سقف گفته می شود و مقدار آن معمولا برابر واریانس مقدار کلی تمام نمونه های است که در محاسبه واریوگرام بکار رفته است. شکل (۲-۱) یک واریوگرام و پارامترهای مربوط به آن را نمایش می دهد (محمدی، ۱۳۸۵).



شکل (۱-۲) پارامترهای واریوگرام

۲) مدل های تئوریک واریوگرام: اگرچه واریوگرام ها، اطلاعات خلاصه شده قابل توجهی از ساختار و الگوی تغییرات مکانی متغیر مورد نظر ارائه می کنند، لیکن به کارگیری در فرآیند تخمین زمین آماری، مستلزم برآزش توسط مدل های ریاضی است. مدل های نظری، واریوگرام تجربی که متشکل از مجموعه ای از کمیت های محاسبه شده در گام های گسسته است را به تابعی (منحنی) پیوسته تبدیل می کنند. اطلاعات مربوط به گام های دیگر، از طریق درون یابی و برون یابی (رفتار منحنی در ابتدا و انتهای واریوگرام) بدست می آیند (Yong et al., 2005).

مدل های نظری که در این بخش توضیح داده می شوند، به عنوان مدل های پایه شناخته می شوند. آنها توانایی توصیف تغییرپذیری تصادفی محدود و یا نامحدود را دارند. مدل های نظری معتبر را می توان به دو دسته کلی زیر تقسیم کرد:

الف) مدل های فاقد حد آستانه (مانند مدل خطی)

ب) مدل های دارای حد آستانه (مانند مدل های کروی، نمایی و گوسی)

مدل های دارای حد آستانه

الف) مدل کروی (Spherical Model)

این مدل از مبدا مختصات شروع شده و در نزدیکی مبدا رفتار خطی دارد. با افزایش فاصله منحنی به سرعت به سمت مقادیر $\gamma(h)$ صعود می کند. آنگاه به تدریج از شیب آن کم می شود و در فاصله معینی که دامنه تاثیر نامیده می شود، به حد سقف خود می رسد و در همین مقدار باقی می ماند. این فاصله که بیشتر با حرف a نشان داده می شود، فاصله ای است که در محدوده آن مقدار متغیر ناحیه ای آزادانه تغییر نمی کند. بلکه با توجه به مقدار آن در سایر نقاط این محدوده آن مقداری بر می گزیند که ساختار فضایی نقض نمی شود، ولی در فواصل بیشتر از a این ارتباط و وابستگی کمتر شده و مقدار آن در یک نقطه از فضا تا حدود زیادی مستقل از مقادیر آن در سایر نقاط است. اغلب ساختار الگوی مکانی ویژگی های خاک معمولاً از این مدل کروی پیروی می کنند (محمدی، ۱۳۸۵).

ب) مدل نمایی (Exponential Model)

این مدل نیز مانند مدل کروی از مبدا مختصات شروع شده و در نزدیکی مبدا، رفتار خطی دارد ولی آهنگ صعود آرام تر از مدل کروی است و در عمل هیچ گاه به سقف معینی نمی رسد. به همین دلیل دامنه تاثیر آن نامعلوم است و از جمله دلایل پیدایش این حالت به وجود روند یا بزرگی دامنه تاثیر نسبت به ابعاد محدود تحت پوشش نمونه برداری اشاره نمود (محمدی، ۱۳۸۵).

ج) مدل گوسی (Gaussian Model)

این مدل از مبدا مختصات گذشته و در نزدیکی مبدأ رفتاری سهمی گونه دارد. شیب این مدل در نزدیکی مبدأ صفر است که به تدریج افزایش می یابد تا به یک نقطه ی عطف برسد (حسنی پاک، ۱۳۸۶).

ج) همسانگردی (Isotropy) و ناهمسانگردی (Anisotropy)

ساختار تغییرپذیری مکانی یک مشخصه خاک می تواند مستقل از جهات جغرافیایی باشد و یا اینکه شدت و چگونگی تغییرپذیری مقادیر یک متغیر در جهات مختلف جغرافیایی، متفاوت باشد. چنانچه تغییرپذیری مکانی، فاقد وابستگی به جهت جغرافیایی باشد، آن را تغییرپذیری همسان گرد و در غیر این صورت ناهمسانگرد می نامند. در شرایط همسان گرد، واریوگرام تجربی بایستی با در نظر گرفتن تمامی داده ها صرف نظر از قرارگیری آنها در جهت جغرافیای خاص، محاسبه گردد و واریوگرام حاصل را واریوگرام همه جهته می گویند (محمدی، ۱۳۸۵).

در علوم محیطی و از جمله خاکشناسی، اطلاعات و آگاهی های اولیه در مورد وجود و یا عدم وجود ناهمسان گردی و همچنین جهات جغرافیایی آن، در اکثر اوقات وجود دارد. بطور مثال سیمای اراضی و عوارض و پدیده های طبیعی (مانند بستر رودخانه)، باعث ایجاد ناهمسان گردی در ساختار پیوستگی مکانی متغیرهای مورد نظر می گردند. در شرایطی که اطلاعات اولیه در این زمینه وجود نداشته باشند، بررسی دقیق نقشه های مربوط به پراکنش مقادیر داده ها (مانند نقشه ی خطوط هم ارز) در نشان دادن شواهد دال بر وجود ناهمسان گردی، ضروری است. بطور کلی دونوع ناهمسان گردی وجود دارد:

۱) ناهمسان گردی هندسی (Geometric Anisotropy)

در این نوع ناهمسان گردی، حد آستانه ی واریوگرام های محاسبه شده در جهات مختلف تقریباً یکسان است، لیکن دامنه ی آنها متفاوت می باشد. که شناخت این نوع ناهمسان گردی از دو جنبه اهمیت دارد.

الف) طراحی شبکه نمونه برداری

ب) تعیین شعاع جستجو در جهات مختلف در هنگام تخمین

۲) ناهمسان گردی ناحیه ای (Zonal Anisotropy)

در این نوع ناهمسان گردی، حد آستانه واریوگرام های جهت دار، متفاوت است، لیکن دامنه ی تقریباً مشابه ای دارند. این نوع ناهمسان گردی در شرایطی که نمونه برداری سه بعدی از خاک یا مقاطع زمین شناسی صورت گیرد، به کرات مشاهده می شود. وجود لایه های متفاوت در عمق نمونه برداری، باعث افزایش اختلاف و تغییرپذیری بین لایه ها در مقایسه با تغییرات درون لایه ها می شوند. در این شرایط ساختار تغییرپذیری، شامل دو مولفه ی افقی و عمودی می باشد که مولفه ی افقی توسط واریوگرام همسان گرد سطحی و مولفه ی عمودی (تغییرات در عمق)، توسط واریوگرام همسان گرد دیگری نشان داده می شود (محمدی، ۱۳۸۵).

د) روش های تخمین زمین آماری

۱) کریجینگ (Kriging)

یک تخمین گر ترکیب خطی وزن دار است، و به عنوان تابعی خطی از مجموعه مشاهده ها واقع در همسایگی محل مورد تخمین شناخته می شود. هدف اصلی کریجینگ، یافتن اوزان آماری مشاهده ها و نمونه ها است، به گونه ای که علاوه بر ناریب بودن تخمین، واریانس تخمین نیز حداقل گردد. به همین دلیل، کریجینگ را گاهی اوقات تخمینگر آبی^۱ به معنای بهترین (در مفهوم حداقل پراکندگی و واریانس) تخمین گر خطی ناریب می گویند. اغلب تخمینگرها ماهیتی خطی دارند و از نقطه نظر مبانی نظری، ناریب می باشند. بنابراین، مهمترین ویژگی کریجینگ، که آن را از دیگر تخمینگرها متمایز می کند، ویژگی حداقل سازی واریانس تخمین (واریانس خطا) است.

الف) انواع کریجینگ

کریجینگ براساس پایه، شکل و اندازه نمونه ها که مبانی محاسبات زمین آماری هستند، به دو روش انجام می شود.

1-Best Linear Unbiased Estimator; BLUE

۱) کریجینگ نقطه ای (Point Kriging)

اگر مقادیر اندازه گیری شده و مقادیر واقعی تخمین به دو روش کریجینگ به نقطه نسبت داده شوند، کریجینگ را نقطه ای گویند. در حالت کلی برداشت به صورت نقطه ای امکان پذیر نمی باشد و نمونه ها کوچک نیز دارای حجم هستند. در صورتیکه ابعاد نمونه در مقابل دامنه تاثیر واریوگرام کوچک باشد می توان آن را با تقریب، نقطه ای فرض کرد.

۲) کریجینگ بلوکی (Block Kriging)

در مواردی که ابعاد نمونه در مقابل دامنه تاثیر بزرگ باشد مقدار کمیت را در چندین نقطه داخل بلوک تخمین زده و سپس در میانگین آن مقدار مربوط به بلوک را به دست می آورد (محمدی، ۱۳۸۵).

۲) روش عکس فاصله وزنی (Inverse Distance Weighting)

همه روش های درون یابی براساس این تئوری شکل گرفته اند که نقاطی که به هم نزدیک ترند، همبستگی بیشتری دارند و به هم شبیه ترند نسبت به آنهایی که از هم دورند. در روش وزن دهی عکس فاصله، فرض بر این است که نسبت همبستگی ها و شباهت ها بین همسایه ها متناسب است با فاصله بین آن ها که می تواند به صورت تابع عکس فاصله هر نقطه از نقاط همسایگی اش تعریف شود. در این روش باید شعاع همسایگی و پارامتر نمایشی مربوط به تابع عکس فاصله تعیین گردد (حسنی پاک، ۱۳۸۶).

۳) اسپلاین یا توابع شعاع محور (Radial Basic Function)

این روش می تواند روی داده های نوین داری که به طور نامنظم در یک منطقه پخش شده اند اعمال شده و یک درون یابی چند متغیره هموار روی داده ها انجام دهد. این روش تاکنون توسط محققین به منظور درون یابی پارامترهای مختلف مورد استفاده قرار گرفته است و تجربیات نشان می

دهد که می تواند نتایج خوبی در کاربردهای مختلف ایجاد کند. به عبارت دیگر، این روش تابعی را می یابد که مشابه یک ورقه فلزی نازک است که به طور همواری خم شده است و مقید به گذشتن از تمامی داده ها می باشد (محمدی، ۱۳۸۵).

ه) طراحی شبکه نمونه برداری

نمونه برداری یکی از مراحل اولیه و بسیار مهم در مطالعات خاک شناسی می باشد. هر گونه بحثی درباره نتایج آماری حاصل از مطالعات خاک بایستی همراه با توضیحی درباره شیوه نمونه برداری باشد. روشی که در جمع آوری نمونه بکار می رود پایه و اساس رد یا قبول نتیجه آماری می باشد. مجموعه نمونه های برداشته شده از یک منطقه باید بخوبی نمایان گر منطقه باشد. موقعیت، تعداد و اندازه نمونه ویژگی هایی است که در هنگام نمونه برداری بایستی در نظر گرفته شوند. خاکشناسان اغلب هنگام نمونه برداری در مورد دو ویژگی موقعیت و تعداد نمونه دچار مشکل می شوند. جهت محاسبه تعداد نمونه لازم از دو روش آماری استفاده می شود یک روش مبتنی بر آمار کلاسیک بوده و تعداد نمونه لازم برای محاسبه میانگین با توجه به حدود اطمینان مورد نظر محاسبه می شود. این روش آماری قادر به در نظر گرفتن موقعیت نیست. بنابراین مشکل مکان مناسب نمونه برداری بدون جواب می ماند (بقایی، ۱۳۸۲).

روش دیگری که برای طراحی شبکه نمونه برداری بکار می رود زمین آمار است. این روش در چند دهه اخیر مورد توجه خاکشناسان قرار گرفته است. این روش علاوه بر اینکه تعداد نمونه های لازم را جهت نمونه برداری مشخص می نماید، مکان مناسب نمونه برداری و اندازه نمونه را نیز تعیین می کند. انتخاب روش آماری در نمونه برداری بستگی به نوع تقاضا، هدف نمونه برداری، علاقه به محاسبه واریانس تخمین و میزان همبستگی بین نمونه ها دارد (بقایی، ۱۳۸۲).

۲-۳- مطالعات پیشین

جاون و همکاران (۱۹۹۴) پس از آنالیز مکانی پارامترهای حاصلخیزی خاک برای مدیریت ویژه مکانی محصول گزارش کردند که دامنه همبستگی های مکانی که از آنالیز سمی واریوگرام بدست آمده بود، بین پارامترهای حاصلخیزی تغییر می کرد. کوتاه ترین دامنه تاثیر (کمتر از ۵ متر) برای نیترات و بیشترین دامنه تاثیر (بیشتر از ۱۸۰ متر) برای ارگانیک کربن بود و دامنه تاثیر مربوط به مقدار آب خاک، فسفر و پتاسیم متوسط بود. همچنین مشخص شد که ارگانیک کربن و مقدار آب خاک تغییرات مکانی در مقیاس متوسط داشتند. الگوی مکانی نیترات در طول زمان تغییر کرد. توزیع داده های ارگانیک کربن و مقدار آب خاک از توزیع نرمال تبعیت داشته در حالیکه داده های نیترات، فسفر و پتاسیم چولگی داشتند. نتایج نشان داد که کاهش فواصل نمونه برداری از ۵۰ متر به یک متر، واریانس متغیرها را کاهش داد.

در پژوهشی تغییرپذیری خصوصیات انتخابی خاک و رابطه آنها با تولید سویا در چند مزرعه بررسی شد. ضریب تغییرات (CV)، ضریب همبستگی پیرسون (R)، آنالیز تجزیه به مولفه های اصلی (PCA) و رگرسیون گام به گام (Stepwise) برای آنالیز داده ها مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که تغییرپذیری خاک (به غیر از pH) در مزرعه شمالی از بقیه مزارع بیشتر بود. K در این مزرعه تغییرپذیری مکانی و زمانی در مقیاس کوچک نشان داد. در دو مزرعه از سه مزرعه مورد مطالعه، مقادیر متوسط تا زیاد فسفر و پتاسیم ولی با تولید کم محصول دیده شد. در حالیکه مزرعه سوم مقدار فسفر و پتاسیم کمتر و تولید بیشتری داشت که مبین آن است که فاکتورهای دیگری به غیر از فسفر و پتاسیم تولید را تحت تاثیر قرار می دهند. در هر سه مزرعه pH کمترین تغییرپذیری را داشت، حال آنکه تغییرات خصوصیات حاصلخیزی خاک سال به سال دیگر و از مزرعه ای به مزرعه دیگر تغییر می کند. نواحی با مقدار بالاتر رس در هر سه مزرعه تولید بالاتری داشتند که نشان می دهد رس می تواند بعنوان مبنای برای مدیریت ویژه مکانی خاک استفاده شود (Cox et al., 2003).

پژوهشگران با اندازه گیری فسفر و پتاسیم در خاک ۳۰ مزرعه و ارزیابی روش های وزن دهی عکس فاصله، کریجینگ معمولی و لاگ نرمال کریجینگ، به این نتیجه رسیدند که لاگ نرمال کریجینگ در مقایسه با کریجینگ معمولی، برای داده هایی که توزیع لاگ نرمال دارند. سبب بهبود تخمین می گردد. آنها بیان کردند که در کشاورزی دقیق، اصل بر مبنای تغییرات مزرعه است که خود نیازمند تخمین، کمی سازی و پهنه بندی تغییرات مکانی خواص خاک است. بهبود تخمین به انتخاب روش درون یابی مطلوب جهت بدست آوردن خواص خاک در مناطق نمونه برداری نشده و کاربرد مناسب روش ها با در نظر گرفتن ماهیت و خواص داده ها بستگی دارد. رایج ترین روش های درون یابی استفاده شده در کشاورزی، روش وزن دهی عکس فاصله و کریجینگ است (Kravchenko and Bullock, 1997).

محققان آبشویی نترات را در نبراسکای مرکزی بررسی نمودند. هدف آنان ارزیابی دقت روش های کریجینگ و وزن دهی عکس فاصله به منظور تهیه نقشه خاک و مواد آلی برای استفاده متغیر کودها بود. نتایج تحقیق آنها نشان داد که انتخاب روش درون یابی مناسب برای تعیین قابلیت تغییرات مکانی پارامترهای خاک، بر دقت نقشه های حاصله می افزاید. آنها بیان کردند در صورتی که داده ها دارای ضریب تغییرات بالایی باشند، استفاده از پارامتر نمایی در روش وزن دهی عکس فاصله نتایج بهتری ایجاد می کند. اما اگر ضریب تغییرات کمتر از ۲۵ درصد باشد، استفاده از توان بالاتر مناسب تر است. از طرفی دقت تخمین های روش کریجینگ به مقادیر بالای ضریب تغییرات حساس نبوده و روش مناسبی محسوب می شود (Gotway et al., 1996).

رفیعی الحسینی و محمدی (۱۳۸۰) با تجزیه و تحلیل پراکنش مکانی حاصلخیزی خاک و عملکرد محصول برای مدیریت دقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد به این نتیجه رسیدند که توزیع تمامی متغیرها پیوسته و وابسته به موقعیت جغرافیایی مشاهدات می باشد. همچنین، توزیع مکانی عملکرد گندم دارای الگوی مشابه پراکنش مکانی فسفر قابل دسترس در خاک است و از میان متغیرهای مورد مطالعه، قابلیت دسترسی فسفر از مهمترین جنبه های مدیریت دقیق

می باشد در عین حال پراکنش ازت کل و چگونگی معدنی شدن آن در مزرعه نیازمند مطالعات بیشتر است

شرایط احیایی در خاک های شالیزاری که غرقاب می شوند، ممکن است سبب ایجاد کمبود روی شود. قابلیت دسترسی این عنصر و میزان جذب آن توسط گیاهان به عوامل مختلف خاکی، محیطی و گیاهی وابسته است. عواملی چون میزان رطوبت و دما، اسیدیته، ماده آلی، برهم کنش عناصر غذایی، مواد مادری و پتانسیل اکسیداسیون و احیای خاک در این امر دخیل اند (ملکوئی و همکاران، ۱۳۸۷).

اسدی کنگرشاهی و ملکوئی (۱۳۸۲) حد بحرانی روی را با استفاده از روش تصویری کیت - نلسون در مزارع سویا استان مازندران ۱/۲۵ بدست آوردند. نتایج نشان داد که تاثیر روی در افزایش عملکرد کمی و کیفی سویا در منطقه معنی دار بود. همچنین آنها اظهار داشتند که حد بحرانی روی در منطقه به عوامل متعددی از جمله درصد رس، درصد مواد آلی، نوع رس، درصد کربنات کلسیم و عملکرد مورد انتظار بستگی دارد.

پژوهشگران DTPA را به عنوان بهترین عصاره گیر برای تعیین روی قابل دسترس در دو گیاه سویا و ذرت در خاک های مختلف در برزیل، تشخیص دادند (Abreu et al., 2002).

روی قابل عصاره گیری با DTPA به شدت توسط کربن آلی کنترل می گردد. همچنین این فرم با میزان کل روی خاک همبستگی ندارد. این نتیجه مؤید این مطلب است که کمبود روی در خاک به میزان کل روی در خاک بستگی ندارد و عوامل مختلفی بر روی قابل دسترس در خاک اثر گذارند (Sharma et al., 2002).

پژوهشگران در بررسی برخی از ویژگی های خاک در اراضی شالیزاری منطقه ای از چین به این نتیجه رسیدند که کاربری اراضی به صورت معنی داری بر میزان روی قابل دسترس، روی کل و نسبت روی قابل دسترس به روی کل اثر دارد. همچنین نتایج آنها نشان داد که همبستگی معنی دار بین

میزان کل روی با نیتروژن کل و میزان روی قابل دسترس با pH، CEC، مواد آلی و نیتروژن آلی وجود دارد (Zhang et al., 2008).

در پژوهش دیگری در یک منطقه کشاورزی مدرن در جنوب چین، ۲۲۴ نمونه خاک سطحی از مزارع برنج جمع آوری و غلظت کل عناصر روی و مس و برخی عناصر دیگر اندازه گیری شد. از روش های هندسی و زمین آماری برای کمی سازی ویژگی های مکانی و تعیین منابع احتمالی کمبود یا بیشبود این عناصر استفاده نمودند. نتایج نشان داد که روی و مس وابستگی مکانی بالایی دارند (Wu et al., 2009).

پژوهشگران به منظور بررسی الگوی مکانی عناصر روی و مس در مزارع برنج، ۴۶۰ نمونه خاک تهیه و غلظت این عناصر با روش DTPA اندازه گیری گردید. آنالیزهای زمین آماری نشان دادند که روی و مس بهترین برازش را با مدل کروی به ترتیب با دامنه ۴۰/۵ و ۲۱۰/۴ کیلومتر داشتند، همچنین در یک فاصله طولانی، این دو عنصر دارای وابستگی مکانی متوسطی بودند که به عوامل چون نوع خاک ها و فعالیت های بشری مربوط می شود (Liu et al., 2008).

پژوهشگران با استفاده از GIS، وضعیت روی را در خاک بررسی نمودند. آنها با استفاده از نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ منطقه غرب بنگال به عنوان نقشه پایه، اقدام به تقسیم بندی نقشه و تعیین نقاط نمونه برداری نمودند. سپس میزان روی قابل دسترس در نمونه ها را اندازه گیری نمودند. آنها بیان داشتند که نتایج پهنه بندی خاک کمبود گسترده روی را در منطقه نشان می دهد (Sharma et al., 2006).

پژوهشگران غیر یکنواختی مکانی روی قابل عصاره گیری با DTPA را در خاک های تحت کشت، حومه شنیانگ در استان لیاونینگ چین مورد بررسی قرار دادند. نقشه ها با استفاده از روش های زمین آماری همراه با GIS تهیه گردیدند. داده ها پس از انجام تبدیل لگاریتمی، نرمال شدند. نیم تغییرنمای بدست آمده نشان داد که وابستگی مکانی روی متوسط بوده و دارای دامنه ۱/۶۹ کیلومتر است. ناهمگونی مکانی این عنصر که با نقشه های درون یابی کریجینگ تهیه شدند، شدیداً تحت تاثیر

فاکتورهای تصادفی مانند آلودگی شهر، نوع کاربری اراضی و توزیع پراکندگی محصولات قرار بودند. همچنین میزان روی قابل دسترس را در خاک های شالیزاری ۱/۱۸ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش کردند. آنها بیان کردند که به منظور مدیریت منطقه ای خاک، باید وضعیت عناصر غذایی ریزمغذی در زمین مورد کشت تعیین گردد، بدین منظور می توان از طریق نمونه برداری خاک و اندازه گیری این عناصر، نقشه هایی تهیه نمود که در آنها مناطقی که از لحاظ کشاورزی مناسب هستند و یا مناطقی که در آنها کمبود و یا آلودگی های محیطی دیده می شود، ژئوشیمیایی تعیین کننده میزان روی در خاک ها هستند، اما قابلیت دسترسی آن به عواملی چون مواد آلی، اسیدیته، سطوح جاذب خاک و سایر شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در خاک بستگی دارد (Yong et al., 2005).

پژوهشگران در بررسی خاک های مناطق نیمه خشک ایالت پنجاب هند به این نتیجه رسیدند که روی قابل عصاره گیری با DTPA، با افزایش میزان رس، کاهش می یابد. به علاوه با افزایش عمق خاک، میزان این شکل از روی کاهش می یابد. مقادیر زیاد این فرم در افق سطحی تجمع می یابد، زیرا میزان مواد آلی در افق سطحی زیاد است. آنها یک رابطه مثبت و معنی داری بین کربن آلی (OC) و روی بدست آوردند، به علاوه نشان دادند که بین هدایت الکتریکی (EC) خاک و روی رابطه مثبت و معنی داری وجود دارد، که می تواند به دلیل اثر نمک های قابل حل در افزایش قابلیت عصاره گیری روی با عصاره گیری DTPA باشد، آنها اظهار داشتند که افزایش pH و میزان کربنات کلسیم خاک می تواند سبب کاهش مقدار روی قابل دسترس گردد (Chahal et al., 2005).

پژوهشگران وابستگی مکانی عناصر غذایی ریزمغذی در مزارع برنج استان ژیانگ واقع در جنوب غربی چین را با استفاده از زمین آمار و GIS بررسی کردند. آنها ۱۳۴ نمونه خاک تهیه کرده و میزان عناصر ریزمغذی (آهن، منگنز، مس، روی) را با روش DTPA اندازه گیری و تغییرپذیری مکانی آنها را بررسی نمودند. نتایج نشان دادند که در منطقه مورد مطالعه روی و منگنز بهترین برآزش را با مدل نمایی به ترتیب با دامنه ۴/۴ و ۲/۹۷ کیلومتر داشتند و آهن بهترین برآزش را با مدل خطی با دامنه

۲۳/۴۸ کیلومتر داشت و مس با مدل اثر قطعه ای خالص، هیچ گونه همبستگی مکانی نشان نداد. به علاوه روی و منگنز بیشترین وابستگی مکانی را به خاطر اثر فاکتورهای ذاتی مانند مواد مادری، پستی و بلندی و نوع خاک داشتند و آهن وابستگی مکانی متوسطی در یک فاصله طولانی تر داشت. توزیع مکانی هر چهار عنصر به صورت معنی داری با فاکتورهای تشکیل خاک همبستگی داشت. همچنین فعالیت های بشر مانند استفاده از کودها و آفت کش ها، انتشار گازهای فاضلاب ها و آلودگی صنعتی اثر معنی داری روی توزیع مکانی این عناصر دارد. آنها بیان کردند که بهترین روش در مدیریت عناصر ریزمغذی در خاک، تقسیم شالیزارهای منطقه به گروه هایی با میزان مشابه غلظت این عناصر است تا در هر بخش بر اساس نیاز موجود، توصیه کودی صورت گیرد. همچنین آنها اظهار داشتند مس قابل دسترس با مواد آلی خاک و میزان روی خاک همبستگی مثبت و معنی داری دارد (Liu et al., 2004). با افزایش میزان آهن در خاک، میزان جذب آن توسط گیاه افزایش می یابد اما مقدار جذب منگنز و روی و مس کاهش می یابد. در صورتیکه استفاده از منگنز سبب افزایش میزان جذب منگنز می گردد اما اثر معنی داری بر جذب سایر عناصر ندارد. همچنین افزایش سطح بی کربنات آب آبیاری سبب کاهش میزان آهن می گردد (Ghasemi- Fasaee and Ronghi, 2008).

صالحی و همکاران (۲۰۰۳) برای مقایسه تغییرپذیری خاک در دو نقشه تفصیلی (۱/۲۰۰۰۰) و اجمالی (۱/۵۰۰۰۰) در استان چهار محال و بختیاری، پس از تشریح و نمونه گیری از ۸۵ پروفیل خاک ویژگی های افق های سطحی شامل درصد سنگ ریزه، شن، سیلت، کربنات کلسیم معادل، ماده آلی و ضخامت افق، را اندازه گیری کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که، اگرچه واحدهای نقشه تفصیلی خیلی یکنواخت و همگن بودند اما خلوص واحدهای نقشه در سطوح فامیل و سری های خاک کمتر از آنچه که از راهنمای طبقه بندی آمریکای خاک (Soil Survey Manual) انتظار می رود، بود و در این روش خلوص واحدها در سطح سری های خاک به ترتیب ۳۳/۳- ۱۸/۷۵ درصد و ۱/۳- ۰ درصد در نقشه خاک اجمالی و تفصیلی بود. همچنین واریانس های درون واحدی تمام خصوصیات

سطحی خاک بجزء ماده آلی در نقشه خاک تفصیلی کوچکتر از نقشه خاک اجمالی بود و آنها استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، سنجش از دور (Remote Sensing) و زمین آمار، را برای بهبود روش های نقشه برداری و نمونه برداری پیشنهاد کردند.

در پژوهش دیگری تغییرات زمانی و مکانی کیفیت خاک براساس آنالیز زمین آماری در منطقه تپه-ی نیمه گرمسیری چین بررسی شد. بدین منظور نمونه های خاک از عمق ۱۵ - ۰ سانتیمتری در ۱۰۵ نقطه از مزرعه ۱۱۲ هکتاری در سال های ۱۹۸۵ تا ۱۹۹۷ جمع آوری شدند. خصوصیات خاک تغییرپذیری زیادی را با بزرگترین ضریب تغییر برای فسفر قابل دسترس و کمترین ضریب تغییر برای pH نشان دادند. در طول این ۱۲ سال تحقیق تنها یک کاهش قابل توجه برای موادآلی خاک آشکار شد در صورتی که خصوصیات دیگر هیچ تغییری را نشان ندادند. همچنین تغییری در اراضی بایر شامل افزایش پتاسیم و فسفر و کاهش این دو فاکتور در سیستم جنگل بازسازی شده، مشاهده شد. همچنین حاصلخیزی اراضی شالیکاری افزایش یافت. آنالیز زمین آماری در این مدت ۱۲ سال نشان داد که تمام خصوصیات خاک (pH, OM, K, P) دارای ساختار مکانی بوده اند. که یک پیوستگی مکانی قوی برای pH و پیوستگی مکانی متوسطی برای بقیه فاکتورها مشاهده شد. تغییر الگوی کاربری اراضی دامنه تاثیر خصوصیات شیمیایی را کاهش داد. دامنه تاثیر pH و K به اندازه قطر تپه هاست. میان یابی توسط کریجینگ، یک ساختار مکانی مشابه ای را در میان خصوصیات خاک نشان داد. محققان همچنین پیشنهاد کردند که پروسه ارزیابی کیفیت خاک با روش های زمین آمار بعنوان یک ابزار بالقوه برای پایش تغییرات در مقیاس مزارع است (Bosun et al., 2003)

در پژوهشی تاثیر خصوصیات خاک و توپوگرافی بر روی تولید ذرت در سیستم ذرت-سویا مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که آنالیز تجزیه به مولفه های اصلی (PCA) در شناسایی متغیرهای مهم خاک مفید بود. شیب و شن خیلی ریز دو فاکتور مهم محدود کننده تولید در طول دوره مطالعه

بودند. دیگر خصوصیات خاک مثل اشباع بازی، pH، مقدار رس و ارتفاع ذرت نیز در توجیه تغییرپذیری تولید دخیل بودند (Jiang and Telen, 2004).

۲-۳-۱- شبکه عصبی مصنوعی (ANN)

شبکه‌های عصبی مصنوعی (ANNs) یک ساختار شبکه‌ای از تعدادی عناصر مرتبط به هم به نام نرون هستند که هر نرون دارای ورودی‌ها و خروجی‌هایی بوده و یک عمل نسبتاً ساده و محلی را انجام می‌دهند. این شبکه‌ها پردازنده‌ای هستند که دانشی را که از طریق تجربه کسب نموده‌اند، برای استفاده‌های دیگر ذخیره می‌نمایند و ابزاری توانمند برای مدل کردن سیستم غیرخطی می‌باشند.

بعضی از پیش‌زمینه‌های شبکه‌های عصبی به اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم برمی‌گردد. در این دوره کارهای اساسی در فیزیک، روانشناسی و نرووفیزیولوژی صورت پذیرفت. این مدل‌ها به مدل‌های مشخص ریاضی عملکرد نرون‌ها اشاره‌ای نداشتند. در سال ۱۹۶۹ مدل MLP شبکه‌های عصبی مصنوعی توسط مک کالوخ و پیت مطرح شد که یک مدل خطی ساده بود، سپس پروسپترون الگوریتم‌های یادگیری را ارائه نمود (منهاج، ۱۳۸۱). سال ۱۹۶۹ آغاز افول موقت شبکه‌های عصبی شد، زیرا عدم توانایی شبکه‌های عصبی در حل مسائل غیرخطی آشکار شد. شبکه‌های عصبی مصنوعی آن زمان فقط قادر به حل مسائلی بودند که می‌شد پاسخ‌های آن مسئله را توسط یک خط در محور مختصات از هم جدا کرد. در سال ۱۹۸۲ هاپفیلد با معرفی شبکه‌های چندلایه و الگوریتم‌های یادگیری دارای Feed back راه حلی برای حل موارد غیرخطی ارائه کرد. در این زمان بود که شبکه‌های بازگشتی، خود سازمانده، (RBF (Radial Basis Function) Autoregressive و ... مطرح شد. از اواسط دهه نود، نسل سوم شبکه‌های عصبی مصنوعی مطرح شدند که عبارت بودند از:

✓ تعیین محدودیت‌های تئوری و عملی شبکه

✓ عمومیت و حدود آن

✓ شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم‌های ژنتیکی و منطق فازی

و در نهایت استفاده عملی و پیاده سازی تجاری و سخت افزاری شبکه عصبی مصنوعی ممکن شده است.

الف) مدلسازی شبکه عصبی مصنوعی در ایران

کریمیان (۱۳۷۵) با استفاده از ۱۵۰ نمونه از خاک استان فارس، معادلات رگرسیونی چند متغیره ایجاد و سهم رس و مواد آلی در ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را محاسبه نمود. خداوردی لو و همکاران، (۱۳۸۳) در تحقیقی با اندازه گیری منحنی رطوبتی خاک، فراوانی نسبی ذرات خاک، وزن مخصوص ظاهری و درصد کربنات کلسیم معادل به تخمین هوشمند منحنی رطوبتی خاک با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرداختند و به انطباق معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد بین منحنی رطوبتی پیش بینی شده و اندازه گیری شده دست یافتند. همچنین نتایج کارایی بالاتر شبکه عصبی مصنوعی نسبت به توابع انتقالی رگرسیونی را نشان داد. گروهی از محققین امکان برآورد سریع هدایت آبی اشباع خاک توسط شبکه عصبی مصنوعی را بررسی و نتیجه گرفتند که در این مورد شبکه های عصبی مصنوعی در مقایسه با روابط رگرسیونی عملکرد نسبتا بهتری دارند (نوابیان و همکاران، ۱۳۸۳). در تحقیق دیگری توسط امینی و همکاران (۲۰۰۵) به تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی در مناطق خشک ایران با شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. آنها از پارامترهای ورودی رس، شن، سیلت و ماده آلی خاک برای این امر استفاده کردند. نتایج آنها کارایی بالای شبکه MLP که از روش پس انتشارخطا برای آموزش کمک می گرفت را نسبت به شبکه GRNN که نوعی از توابع پایه شعاعی می باشد، را نشان داد. در بررسی دیگری از شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون چند متغیره تطبیقی برای پیش بینی آب قابل جذب گیاه استفاده گردید. داده های ورودی شامل درصد شن، سیلت و رس، درصد اشباع خاک از آب، متوسط وزنی قطر خاکدانه ها، وزن مخصوص حقیقی، ظرفیت تبادل کاتیونی، درصد ماده آلی، اسیدیته و درصد کربنات کلسیم معادل بودند. نتایج حاکی از کارکرد مناسب هر دو مدل بود (گیوی و

پراشر، ۱۳۸۴). اثناعشری محمدی و همکاران (۱۳۸۵) از شبکه های عصبی MLP و RBF و مدل رگرسیونی برای پیش بینی جریان های ساحلی استفاده کردند. نتایج پاسخ مشابه مدل های شبکه عصبی را نشان داد، در حالی که مدل رگرسیونی دقت پایین تری داشت. نجفی نیسانی (۱۳۸۵) در تحقیقی با عنوان برآورد بار رسوب رودخانه زاینده رود با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی به مقایسه مدل های پرسپترون چند لایه (MLP) و توابع پایه شعاعی (GRNN) و رگرسیون خطی پرداختند که در آن به کارایی بالای مدل پرسپترون چند لایه نسبت به سایر مدلها دست پیدا کردند. قبادیان (۱۳۸۶) در تحقیقی به مقایسه کارکرد شبکه عصبی مصنوعی با روشهای تجربی در برآورد شاخص فشردگی خاکهای ریزدانه پرداخت. نتایج او کارایی بالاتر شبکه عصبی مصنوعی نسبت به روشهای تجربی را نشان داد. امامی و همکاران، (۱۳۸۶) در بررسی خود با عنوان ارزیابی کارایی شبکه های عصبی مصنوعی در برآورد منحنی رطوبتی خاک در بعضی خاکهای شور و آهکی ایران با بررسی مقادیر ضریب همبستگی، ضریب تبیین، ضریب تبیین اصلاح شده و مقادیر خطا، به کارایی شبکه عصبی مصنوعی پرداختند و به همبستگی مثبت و معنی دار بین رطوبتهای تخمینی و اندازه گیری شده در سطح آماري ۱ درصد دست پیدا کردند. دایر و همکاران، (۱۳۸۶) از مدل Qnet2000 برای تعیین مقدار نفوذ آب در خاک استفاده کردند. پارامترهای ورودی شامل وزن مخصوص ظاهری خاک، رطوبت خاک، تخلخل خاک، بافت خاک و زمان بود. سرمدیان و همکاران (۲۰۰۸) از مدل های شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی برای پیش بینی تعدادی از خصوصیات خاک استفاده کردند. نتایج آنها نشان دهنده کارایی بالای مدل شبکه عصبی مصنوعی نسبت به رگرسیون خطی در پیش بینی ظرفیت تبادل کاتیونی و رطوبت خاک در نقطه پژمردگی و ظرفیت زراعی بود. در این تحقیق برای شبیه سازی میزان تصاعد اکسید نیترو از مراتع، از مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند و به کارایی مناسب این مدل دست پیدا کردند. کنعانی (۱۳۸۶) در تحقیقی با عنوان تخمین مقادیر شوری حوزه آبریز رودخانه ها به روش شبکه عصبی مصنوعی، به کارایی بالای مدل شبکه عصبی مصنوعی به خصوص شبکه های با ورودی تاخیر یافته دست یافتند. صفاری و همکاران (۲۰۰۹) برای ارزیابی تغییرپذیری خصوصیات

شیمیایی تعدادی از خاکها، از مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند و به کارایی بالای آن با وجود یک لایه پنهان دست یافتند. موسوی زاده مجرد و سپاسخواه (۱۳۸۷)، از مدل شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی منحنی مشخصه آب خاک استفاده کردند. نتایج آنها حاکی از کارایی بالاتر الگوریتم تنظیم بایسن نسبت به الگوریتم لونبرگ- مارکوئت بود. کشکولی و همکاران (۱۳۸۷) به سنجش قابلیت شبکه های عصبی مصنوعی برای مدلسازی سامانه غیر خطی منحنی مشخصه خاک پرداختند. نتایج آنها قابلیت بالای این شبکه را تایید کرد. ابراهیمی و نایب لویی (۱۳۸۸) در تحقیقی با عنوان تخمین نفوذپذیری نهایی خاکها با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی، با استفاده از فاکتورهای نظیر مجموع کلسیم و منیزیم، سدیم، هدایت الکتریکی، درصد ماده آلی، تخلخل، وزن مخصوص ظاهری، وزن مخصوص حقیقی و اسیدیت، به کارایی بالای مدل شبکه عصبی مصنوعی حتی با وجود تعداد کم داده‌ها دست پیدا کردند، البته در این تحقیق مدل رگرسیون خطی کارکرد بالاتری را نسبت به مدل شبکه عصبی دارا بود. دهقانی و همکاران (۱۳۸۸) برای برآورد میان یابی سطح آب زیرزمینی از شبکه های عصبی مصنوعی استفاده کردند و به کارایی بالاتر شبکه MLP نسبت به RBF اشاره کردند. نامدار خجسته و همکاران (۱۳۸۸) برای اندازه گیری EC محلول خاک به وسیله TDR از شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند و با مقایسه میزان RMSE دو رابطه تجربی و مدل شبکه عصبی مصنوعی به کارایی بالای مدل شبکه عصبی مصنوعی دست پیدا کردند. خلیل مقدم و همکاران (۱۳۸۸) به مقایسه شبکه های عصبی مصنوعی و رگرسیون چند متغیره در برآورد مقاومت برشی سطح خاک پرداختند و نتایج کارایی بالای هر ۳ مدل شبکه عصبی پرسپترون چند لایه را در مقایسه با رگرسیون خطی چند متغیره نشان دادند. صفاری و همکاران (۱۳۸۸) به مقایسه روش های میان‌یابی کریجینگ و شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی تغییرات مکانی بعضی از خصوصیات شیمیایی خاک استفاده کردند. خصوصیات شیمیایی خاک شامل هدایت الکتریکی، کلسیم، منیزیم و پتاسیم بودند. برای مقایسه و بررسی دقت مدلها از پارامترهای میانگین خطای مطلق (MAE)، مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب همبستگی (r) استفاده شد. نتایج حاکی از برتری مدل شبکه

عصبی مصنوعی که از روش پس انتشار خطا برای آموزش کمک می گیرد، بوده است. معماریان فرد و بیگی هرچگانی، (۱۳۸۸) با استفاده از فاکتورهای توزیع اندازه ذرات، کربن آلی، درصد رطوبت اشباع و pH به تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی با روشهای شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی پرداختند و با مقایسه پارامترهای آماری (R^2) و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) به مقایسه روشها پرداختند. نتایج نشان دهنده پیش بینی بهتر مدل شبکه عصبی نسبت به توابع رگرسیونی بود. در تحقیق دیگری برای پیش بینی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک از فراوانی نسبی ذرات و درصد کربن آلی خاک، استفاده گردید. نتایج نشان دهنده عملکرد بهتر مدل شبکه عصبی نسبت به توابع رگرسیونی بود و اهمیت فرآیند آموزش در تعیین پارامترهای مدل را به خوبی نشان داد (تقی زاده مهرجردی و همکاران، ۱۳۸۸). در تحقیقی دیگر توسط صیادی و همکاران (۱۳۸۸) برای برآورد تبخیر و تعرق گیاه از شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند که در آن تحقیق کارایی بالاتر شبکه MLP را نتیجه گرفتند. ارشد و همکاران (۱۳۸۸) برای پیش بینی سرعت نفوذ نهایی آب به خاک از شبکه های MLP و RBF استفاده کردند که در آن شبکه های RBF از قابلیت بالاتری برخوردار بودند. نژادرکابی و همکاران (۱۳۸۸) برای برآورد میزان TDS آب از مدل های MLP و RBF شبکه عصبی مصنوعی، نروفازی، روابط تجربی و روش رگرسیونی استفاده کردند. نتایج آنها نشان دهنده کارایی بالای مدل نروفازی در مرحله آموزش و مدل های MLP و RBF شبکه عصبی مصنوعی و مدل نروفازی در مرحله ارزیابی بوده است. همچنین تمامی مدل های به کار برده شده نسبت به روابط تجربی دقت بالاتری را نشان دادند. مهاجر و همکاران، (۱۳۸۸) با استفاده از فاکتورهای درصد رس، درصد ماده آلی و درصد رطوبت خاک به تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک پرداختند. نتایج به دست آمده از مدل شبکه عصبی، نشان دهنده ضریب تبیین بیشتر و خطای کمتری نسبت به روش رگرسیونی بود، همچنین تفکیک داده ها بر حسب لایه و فامیل باعث افزایش دقت و صحت توابع گردید. سرمدیان و کشاورزی، (۲۰۱۰) از مدل شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی چند متغیره برای پیش بینی تعدادی از خصوصیات خاک، استفاده کردند و با اندازه گیری پارامترهای ورودی نظیر درصد رس، سیلت و شن، درصد اشباع خاک،

وزن مخصوص ظاهری و درصد آهک خاک به تخمین رطوبت نقطه ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی پرداختند. نتایج نشان دهنده کارایی بالای مدل شبکه عصبی با ۵ نرون در لایه پنهان، نسبت به مدل رگرسیونی دارد. در تحقیقی برای تخمین هدایت هیدرولیکی اشباع با مدل شبکه عصبی مصنوعی از خصوصیات فیزیکی خاک استفاده گردید و به کارایی بالای این مدل دست پیدا کردند. صفاریان و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی کارایی و مقایسه روشهای شبکه عصبی و رگرسیون خطی جهت برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاکهای مناطق گرم و خشک پرداختند. آنان از روش پس انتشار خطا برای آموزش شبکه عصبی کمک گرفتند. آنها با اندازه گیری پارامترهای درصد رس، سیلت و شن خاک، کربن آلی و pH عصاره اشباع به تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک پرداختند. نتایج کارایی بالاتر مدل شبکه عصبی را نسبت به رگرسیون خطی نشان داد. معماریان فرد و همکاران (۱۳۸۸) در تحقیقی با مقایسه روابط رگرسیونی و دو مدل شبکه عصبی مصنوعی به تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک پرداختند. یکی از مدل‌های شبکه عصبی بر اساس پارامترهای رس و ماده آلی و دیگری بر اساس پارامترهای رس، ماده آلی و درصد اشباع، آموزش داده شده بود. نتایج کارایی بالای مدل شبکه عصبی با پارامترهای ورودی بیشتر را نسبت به مدل شبکه عصبی با ورودی های کمتر و مدل رگرسیونی نشان داد. برخی به مقایسه مدل‌های رگرسیون خطی و شبکه عصبی مصنوعی در تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک پرداختند. نتایج آنها نشان دهنده کارایی بالای مدل شبکه عصبی مصنوعی نسبت به رگرسیون خطی چندگانه بود (کشاورزی و سرمیدان، ۲۰۱۰). سرمیدان و همکاران (۱۳۸۸) از روشهای نروفازی، شبکه عصبی و رگرسیون چند متغیره در پیش بینی ویژگی های رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی (FC) و نقطه پژمردگی دائم (PWP)، وزن مخصوص ظاهری (BD) و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (CEC) استفاده کردند. آنها با اندازه گیری فراوانی نسبی ذرات، کربن آلی، درصد رطوبت اشباع و آهک به عنوان ویژگی های زودیافت به تخمین پارامترهای ذکر شده پرداختند. نتایج آنها نشان دهنده کارایی بالاتر مدل نروفازی و شبکه عصبی نسبت به روش رگرسیونی بود. مهربانیان و همکاران (۱۳۸۸) به مدلسازی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با شبکه عصبی مصنوعی، رگرسیون چند متغیره و

توابع انتقالی، پرداختند. آنها با مقایسه فاکتورهای آماری خطای استاندارد نسبی (RSE)، مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب همبستگی به مقایسه مدلها پرداختند. نتایج دقت بالاتر مدل شبکه عصبی را نسبت به سایر مدلها نشان داد. در پژوهشی دیگر به مقایسه روشهای نروفازی و شبکه عصبی مصنوعی در تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک پرداخته شد. پارامترهای اندازه گیری شده شامل رس و درصد کربن آلی خاک بودند. نتایج نشان دهنده ضریب تبیین بالاتر و خطای کمتر مدل نروفازی نسبت به شبکه عصبی مصنوعی بود (کشاورزی و همکاران، ۲۰۱۱). گروهی از محققین به مقایسه روشهای رگرسیون مرحله ای و شبکه عصبی مصنوعی در جذب فلزات سنگین از خاک پرداختند، نتایج حاکی از کارایی بالای هر دو روش بود. البته مدل شبکه عصبی مصنوعی مدل مناسب تری در پیش‌بینی ضریب جذب کادمیوم در خاک می باشد (صبور و همکاران، ۱۳۸۹). در تحقیق دیگری با عنوان کاربرد روش های رگرسیونی و شبکه عصبی در تشکیل توابع انتقالی خاک به منظور تخمین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک منطقه زاگرس مرکزی، کارایی بالای مدل شبکه عصبی مصنوعی را در مقایسه با رگرسیون چند متغیره خطی توسط بررسی ضریب همبستگی و چندین فاکتور اندازه گیری خطا، به دست آمد (خلیل مقدم و افیونی، ۱۳۸۹). مهربانیان و همکاران، (۱۳۸۹) از مدل شبکه عصبی برای تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی خاکهای آهکی و گچی استان یزد استفاده کردند و با اندازه گیری پارامترهای اجزا بافت خاک و درصد کربن آلی خاک به پیش بینی ظرفیت تبادل کاتیونی با مدلها شبکه عصبی و رگرسیون خطی پرداختند. نتایج آنها کارایی بالای شبکه عصبی را که دارای روابط غیرخطی میان متغیرهای وابسته و پیش بینی شونده می باشد را در مقایسه با روابط رگرسیونی به خوبی نشان داد. سروری و همکاران (۱۳۹۰) به مقایسه مدلهای RBF شبکه عصبی مصنوعی و مدل نروفازی برای مدلسازی بارش رواناب پرداختند. نتایج آنها بیانگر قابلیت بالاتر مدل نروفازی نسبت به مدل RBF می باشد ولی شبکه RBF سرعت آموزش بسیار سریع تری را نشان داد. در تحقیقی فیاض پور و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از شبکه عصبی به طبقه بندی انواع برنج پرداختند. همچنین کاشی و امامقلی‌زاده (۱۳۹۲) در پژوهشی با شبکه عصبی مصنوعی به تخمین

نفوذپذیری نهایی خاک با استفاده از فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی خاک پرداختند که نتایج حاصل از آن نشان از قابلیت بالای این شبکه در پیش بینی نفوذپذیری خاک بود. بهمن و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و مدل رگرسیون به بررسی ضریب انتشارپذیری خاک پرداختند. نتایج حاصل نشان دهنده قابلیت بالای شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی ضریب انتشارپذیری خاک دارد. همچنین مقایسه روش شبکه عصبی مصنوعی و مدل رگرسیون نشان داد که روش شبکه عصبی مصنوعی از کارایی بالایی نسبت به روش‌های آماری برخوردار است.

ب) مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی در سایر کشورها

برخی محققین از مدل شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین دمای خاک استفاده کردند و به کارایی بالاتر و سریع‌تر مدل شبکه عصبی مصنوعی نسبت به سایر روش‌ها دست پیدا کردند (Yang et al, 1997). برای پیش بینی ظرفیت نگهداری آب در خاک و هدایت هیدرولیکی خاک از مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند که نتایج آنها نشان دهنده افزایش کارایی مدل با افزودن داده‌های ورودی بود (Marcel and Feike., 1998). در تحقیقی دیگر توسط Marcel and Feike (1998) از شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی خصوصیات هیدرولیکی خاک استفاده کردند. نتایج آنها تاییدکننده کارایی بالای مدل شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد. در تحقیقی با مقایسه شبکه‌های عصبی مصنوعی برای پیش بینی جریان‌ات رودخانه‌ای، به این نتیجه رسیدند که شبکه MLP کارایی بالاتری نسبت به شبکه RBF دارد (Dawson and Wilby., 1999). برای پیش بینی میزان ماده آلی خاک از شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردید و نتایج آن با مدل رگرسیون خطی چند متغیره مقایسه گردید. نتایج نشان دهنده کارایی بالای مدل شبکه عصبی مصنوعی نسبت به مدل رگرسیونی بود (Ingleby and Crowe., 2001). (Fidêncio et al (2002) به تخمین ماده آلی خاک با شبکه RBF و MLP مدل شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. فرض اساسی در بیشتر مدل‌های تخمین CEC بیانگر وجود رابطه خطی بین پارامتر مورد نظر و مواد آلی و میزان رس خاک می‌باشد (Breeuwsma et

(McBratney et al., 1986). نتایج آنها کارایی بالاتر شبکه RBF را نسبت به شبکه MLP نشان داد. برخی محققین به تخمین میزان فرسایش و رواناب پرداختند و به دقت بالای شبکه عصبی مصنوعی دست پیدا کردند (Licznar and Nearing, 2003). در پژوهشی از مدل شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین ظرفیت نگهداری آب در خاک استفاده کردند و به نتایج مناسبی از این مدل دست پیدا کردند (jain et al., 2004). در تحقیقی از شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین نفوذپذیری خاک استفاده کردند و به کارایی بالای مدل شبکه عصبی در مقایسه با روابط تجربی اندازه گیری نفوذپذیری، دست پیدا کردند (Jain and Kumar, 2004). گروهی در مقاله خود نشان دادند که الگوریتم MLP با حداقل نرون میانی بهترین پیش بینی را برای ارزیابی سطح آب زیرزمینی دارند (Lallahema et al., 2005). از مدل شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی میزان پخشیدگی نترات در آبهای زیرزمینی نیز استفاده شده است و به قابلیت بالای آن اشاره شده است (Almasri and Kaluarachchi, 2005). همچنین آنها به این نکته اشاره کردند که برای مقایسه ارجحیت هر یک از روش مدل های آماری و یا شبکه عصبی مصنوعی اتکا به پارامتر حداقل میانگین مربعات خطا کافی نبوده و مطالعات گسترده تر آماری پیشنهاد شده است. با مقایسه شبکه عصبی مصنوعی و روابط رگرسیونی برای پیش بینی هدایت هیدرولیکی اشباع و ظرفیت نگهداری آب در خاک، به کارایی بالاتر روابط رگرسیونی نسبت به شبکه عصبی دست پیدا کردند که بر لزوم استفاده از سایر الگوریتم شبکه عصبی تاکید کرد (Merdun et al. 2006). برخی دیگر از محققین برای تخمین توان نیتریفیکاسیون خاکها از شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند و تنها با وجود دو ورودی نسبت C/N و ظرفیت نگهداری آب در خاک به نتایج مطلوبی دست پیدا کردند (Eriko et al., 2008). در یک بررسی برای ارزیابی میزان فرسایش و غلظت عناصر غذایی در رواناب، از شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند و به نتایج مناسبی به خصوص در مورد غلظت آمونیاک در رواناب دست یافتند (Minyoung et al, 2008). عده ای از دانشمندان به ارزیابی خصوصیات هیدرولوژیکی با شبکه عصبی مصنوعی پرداختند که در آن به کارایی بالاتر شبکه MLP نسبت به RBF دست پیدا کردند (Mutlu et al, 2008). برخی

دیگر به پیش بینی نحوه توزیع ذرات خاک با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی پرداختند و نتایج آنها نشان داد که مدل شبکه عصبی ایجاد شده قادر به تعمیم توزیع پراکنش ذرات خاک در مناطقی با دامنه داده های ورودی مشابه با داده های مورد بررسی است (Zhengyong et al. 2009). Rub et al (2009) از شبکه های MLP و RBF برای برآورد شاخص های ناهمگنی خاک استفاده کردند که طبق بررسی های آنها، شبکه MLP از کارایی بالاتری برخوردار بود. محققان برای برآورد پوشش جنگلی خاک از شبکه های عصبی مصنوعی استفاده کرد که طی آن به کارایی بالاتر شبکه RBF نسبت به شبکه MLP دست یافت (Hyontai., 2009). گروهی از محققان از شبکه عصبی مصنوعی برای تخمین میزان جذب فلزات سنگین در خاک استفاده کردند. نتایج آنها قابلیت بالای شبکه عصبی را تنها با داشتن خصوصیات پایه خاک تایید کرد (Anagu et al., 2009). برخی محققان از شبکه عصبی مصنوعی و مدل سریهای زمانی برای تخمین میزان شوری و آب خاک استفاده کردند که نتایج آنها نشان دهنده کارایی بالاتر شبکه عصبی نسبت به سریهای زمانی در تخمین شوری خاک بود، در حالی که مدل سریهای زمانی میزان آب خاک را با دقت بالاتری، تخمین می زدند (Ping Zoua et al., 2010). برای شبیه سازی پایداری خاکدانه ها از مدل شبکه عصبی مصنوعی و توابع رگرسیونی استفاده کردند نتایج آنها کارایی بالای مدل شبکه عصبی مصنوعی نسبت به توابع رگرسیونی را نشان داد (Alijanpour shalmani et al., 2010). در یک بررسی با استفاده از پارامترهایی شامل رس، شن، سیلت، وزن مخصوص ظاهری، هدایت هیدرولیکی اشباع و حجم آب در خاک به پیش بینی میزان نفوذپذیری خاک توسط مدل شبکه عصبی مصنوعی و مدل رگرسیون خطی پرداخت. نتایج او نشان دهنده کارایی بالاتر مدل شبکه عصبی نسبت به رگرسیون خطی می باشد (Ibrahim Ekhmaj., 2010). بر اساس نتایج به دست آمده تابع سکانت هیپربولیک بالاترین ضریب همبستگی و کمترین میزان خطا را نسبت به سایر توابع دارا بود. در یک بررسی به مقایسه روشهای نروفازی، شبکه عصبی (MLP, RBF) و رگرسیون خطی چندگانه در تخمین پتانسیل آماس کانیهای رسی با بررسی چندین فاکتور آماری پرداخته شد. بر اساس نتایج به دست آمده مدل RBF شبکه عصبی مصنوعی بالاترین

قابلیت پیش بینی را دارا بود. پس از آن مدل MLP نسبت به مدل‌های نروفازی و رگرسیون خطی دارای کارایی بالاتری بود (Yilmaz and Kaynar., 2011). با استفاده از بانک اطلاعاتی خاکهای دانمارک و با استفاده از متغیرهای مقدار ماده آلی، رس، سیلت ریز و pH خاک، توابعی برای برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک ارائه دادند.

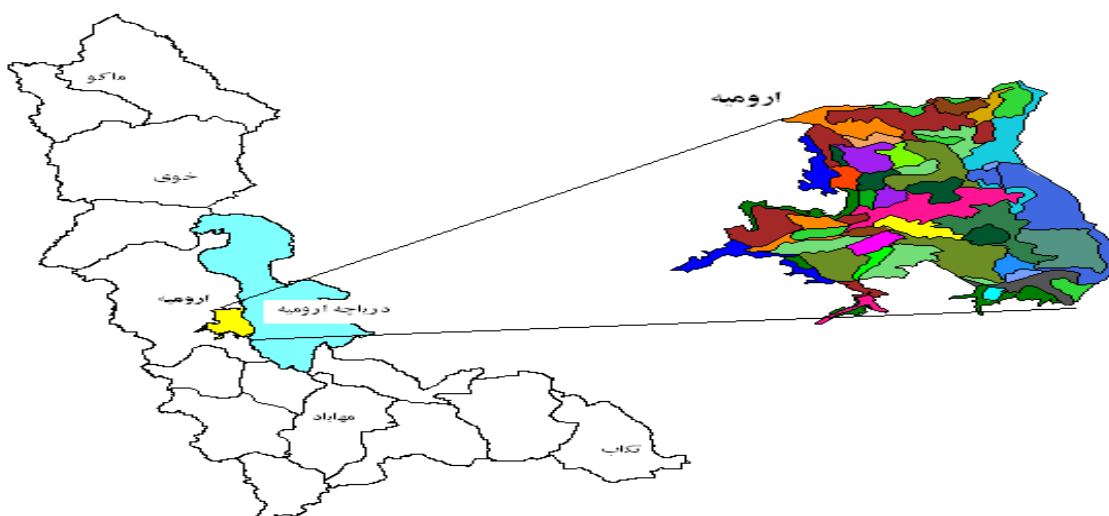
فصل سوم:

مواد و روش ها

۳- مواد و روش‌ها

۳-۱- موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز دریاچه ارومیه، ۵۱ هزار و ۸۷۶ کیلومتر مربع است که ۲/۲۵ درصد مساحت کل کشور ایران را دربر می‌گیرد. این حوضه با داشتن دشتهایی مانند دشت تبریز، ارومیه، مراغه، مهاباد، میاندوآب، نقده، سلماس، پیرانشهر، آذرشهر و اشنویه، یکی از کانون‌های ارزشمند فعالیت کشاورزی و دامداری در ایران به‌شمار می‌رود. آب دریاچه ارومیه بسیار شور و میزان نمک محلول در آن دو برابر اقیانوس‌ها است. آب دریاچه ارومیه از دسته آب‌های کلروره سدیک است. دریاچه ارومیه دارای ۱۰۲ جزیره است که همه آن‌ها از سوی سازمان یونسکو به عنوان اندوخته طبیعی جهان به ثبت رسیده است (سکوتی و همکاران، ۱۳۹۰). این تحقیق در بخش جنوبی دشت ارومیه به مساحت ۳۶۶۹۰ هکتار و در استان آذربایجان غربی به انجام رسیده است. دشت ارومیه در غرب دریاچه ارومیه و در جنوب شرقی شهر ارومیه واقع گردیده است. در واقع به لحاظ جغرافیایی محل اجرای طرح در حداقل ۵۰۰۷۸۶ طول شرقی و ۴۱۳۲۳۰۵ عرض شمالی و تا حداکثر ۵۲۸۳۹۶ طول شرقی و ۴۱۵۹۴۶۶ عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۳-۱)



شکل ۳-۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

۳-۲- هوا و اقلیم

شناخت اقلیم و رژیم آب و هوایی یک منطقه و عوامل موثر بر آن نظیر درجه حرارت، بارندگی و تبخیر در برنامه ریزیهای منطقه‌ای به منظور تولیدات کشاورزی و دامی و مدیریت اراضی ضروری است. مشخصات اقلیمی منطقه مورد بررسی ذیلاً ارائه شده است.

جریان‌های هوایی موثر بر منطقه شامل دو بخش عمده جریانهای فصول گرم است که از طرف شمال در زمستان به صورت توده هوای سرد به جنوب کشیده شده و منطقه را تحت تاثیر فرار می دهد. بخش دوم جریانهای فصول سرد می باشد که بارندگیهای فصول گرم استان خصوصاً در ارتفاعات معلول عملکرد این سیستم است.

بطور کلی ریزشهای جوی منطقه معلول سیستم های بارانزای غربی است که سهم بیشتری از جریان‌های شمالغرب و ترکیه در غرب را دریافت می‌دارد. این جریان‌ها حدود هشت ماه از سال در منطقه فعال شده و بارندگی‌های استان را موجب می گردد. حداکثر نفوذ سیستم‌ها و فراوانی سیکل‌ها در ماههای بهار می باشد که رژیم بارندگی با حداکثر بهاره منطقه را توجیه می کند.

حداقل بارشهادر حواشی دریاچه است که به طرف ارتفاعات افزایش می‌یابد (Bani Naemeh, 2003).

۳-۲-۱- باد

بادهای منطقه شامل ۳ نوع باد می باشند:

الف) بادهای شرقی که به باد مه موسوم است، در تمام فصول سال از سمت شرق و شمال شرق منطقه را تحت تاثیر قرار می‌دهد که از جریان‌های سرد و مرطوب که از دریای خزر و عرض میانه وارد منطقه می‌گردد. این باد با ماهیت سرد و مرطوب خود در فصول مختلف موجب ریزش برف باران با

افزایش رطوبت هوا می‌شود. از اثرات مهم این باد در تابستان تشکیل نقطه شبنم در نزدیکی سطح زمین می‌باشد.

ب) بادهای غربی در فصول گرم از سمت غرب منطقه را تحت تاثیر قرار داده و آق یل معروف می‌باشد. این باد با ماهیت مرطوب بوده ولی بعد از ایجاد بارندگی در مسیر خود به جریانات خشک و گرم تبدیل می‌گردد. این بادهای از منشاء مدیترانه بوده و بارشهای منطقه را موجب می‌گردند.

ج) قره یل یا باد سیاه و گرم و خشک بوده و از سمت جنوب و جنوب غرب منطقه را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

متوسط دمای سالیانه ۱۰/۸ درجه سانتی‌گراد و میانگین تبخیر سالانه ۱۳۸۰/۴ میلیمتر می‌باشد (Bani Naemeh,2003).

۳-۲-۲- اقلیم

بر اساس طبقه‌بندی دومارتن، اقلیم منطقه نیمه خشک و بر اساس روش آمبرژه نیمه خشک سرد می‌باشد (Bani Naemeh,2003).

۳-۳- منابع آب

۳-۳-۱- آبهای سطحی

دشت ارومیه یکی از مهمترین دشتهای استان آذربایجان غربی و شهرستان ارومیه است که در آن رودخانه‌های نازلو چای، روضه چای، شهر چای و باراندوزچای جریان دارند که در بخش جنوبی دشت یعنی محدوده مورد مطالعه دو رودخانه شهر چای و باراندوز چای جریان دارند.

۳-۳-۲- آبهای زیر زمینی

از ۷۰۰ میلیون متر مکعب حجم بارش در ارتفاعات، حدود ۴۲ میلیون متر مکعب دبی ورودی به دشت را تشکیل می دهد. میزان نفوذ باران در سطح دشت معادل ۶۰/۱۳ میلیون متر مکعب برآورد شده است. نفوذ عمقی معادل ۱۸۰/۴۵ میلیون متر مکعب موجب تغذیه سفره آب زیرزمینی می شود. ۷۷۵/۸۹ میلیون متر مکعب جهت آبیاری مزارع سالانه مصرف می شود که با اعمال ضریب نفوذ آبیاری به میزان ۱۵ درصد، سالیانه بالغ بر ۱۱۶/۳۸ میلیون متر مکعب صرف نفوذ به منابع زیر زمینی می شود. میزان تخلیه جریان منابع آب زیرزمینی به دریاچه ارومیه بر اساس نقشه های ایزوپیزومتر حاصل از پمپاژ چاه های اکتشافی سالانه ۶۶ میلیون متر مکعب است. حدود ۱۰ میلیون متر مکعب از آب زیر زمینی صرف تبخیر می شود. در انتهای دشت مقداری در حدود ۶۲ میلیون متر مکعب زهکشی شده و به دریاچه ارومیه می ریزد. نتیجه اینکه ۱/۳۹ میلیون متر مکعب در سال بیانگر حجم عظیم هدر رفت پتانسیل آب زیرزمینی است. بررسی های انجام شده نشان می دهد که میزان افت آب زیرزمینی سالیانه حدود ۴ سانتی متر می باشد (Bani Naemeh, 2003).

۳-۴- کشاورزی منطقه

استان آذربایجان غربی از مناطق عمده و مستعد کشاورزی کشور محسوب می شود که با دارا بودن وسعتی برابر ۲/۲۵ درصد کل مساحت کشور، بیش از ۶ درصد وسعت اراضی زراعی کشور را به خود اختصاص داده است. وسعت اراضی کشاورزی استان بر اساس آمار سال ۱۳۷۵، حدود ۱۰۲۶۷۹۰ هکتار است که ۷۱۶۸۹۸ هکتار آن زیر کشت، ۲۷۶۷۷۹ هکتار زراعت آبی و ۳۵۹۴۷۴ هکتار دیم، ۷۵۷۸۲ هکتار محصولات باغی آبی، ۴۸۸۶۳ هکتار زیر کشت محصولات باغی دیم، ۴۹۳۲ هکتار تحت کشت نهال و ۷۷۲۵۷ هکتار زیر کشت درختان بارور می باشد.

دشت ارومیه از رسوبات غنی رودهای باراندوزچای، شهرچای، روضهچای و نازلوچای که همه ساله به طور منظم اراضی آبخور آن را مشروب می سازند، پوشیده است. با توجه به شرایط جغرافیایی، مهمترین اشتغال در شهرستان ارومیه کشاورزی است و اکثر صنایع آن نیز وابسته به کشاورزی است. شهرستان ارومیه شامل ۵ بخش است که شامل بخشهای سیلوانه، صومای برادوست، انزل، مرکزی و نازلو می باشد. منطقه مورد مطالعه قسمت جنوبی دشت ارومیه است که جزو بخش مرکزی محسوب شده و از ۵ دهستان باراندوز، باراندوز شمالی، باراندوز جنوبی، بکشلوچای و ترکمان تشکیل یافته است. وسعت اراضی زراعی و باغات دشت ارومیه به تفکیک محصولات آبی و دیم و باغی به این صورت است که: مجموع مساحت محصولات زراعی آبی ۴۴۸۸۹ هکتار و محصولات باغی دارای مجموع مساحت ۱۹۵۰۶ هکتار است. محصولات زراعی و باغی دیم در دشت ارومیه نیز مساحتی بالغ بر ۱۳۴۴۰ هکتار را اشغال کرده است.

در بین محصولات، گندم و یونجه به ترتیب با ۳۲ درصد و ۲۲ درصد مساحت، محصولات زراعی آبی، انگور و سیب به ترتیب با ۲۴ و ۵۹ درصد کشت باغات آبی، و گندم و نخود به ترتیب ۵۱ و ۳۶ درصد محصولات دیم، خود را به عنوان محصولات عمده‌ای که در دشت ارومیه به کشت آنها اقدام می‌گردد، معرفی می نمایند (Bani Naemeh, 2003).

۳-۵- زمین شناسی

بر اساس مطالعات زمین شناسی چهار گوش ارومیه، گستره آذربایجان غربی در محدوده منطقه شمالغرب ایران در اواخر پرکامبرین به یک پلاتفرم پایدار تبدیل گردید که دریایی کم عمق سطح این پلاتفرم را پوشانده بود. در اودیسیین پایانی با آغاز جنبشهای کالدئین دریای اودیسیین عقب نشینی کرده و خشکی کالدونین بر منطقه حاکم شده است. به همین دلیل رسوبات اردویسیین بالایی، سیلورین و دونین در منطقه تشکیل نشده‌اند. بعد از آن، خشکی با پیشروی دریای پرمین روی این

پلاتفرم دوره پرمین آغاز و این دریای پیشرونده بر نهشته های کهن گسترده شد. حرکت تریمالی موجب رانده شدن پوسته اقیانوس بر لبه باختری آذربایجان گردیدند که حضور آمیزه های رنگین آن را تایید می نماید. با فرونشست مجدد منطقه دریایی ائوسن و الیگومیوسن (سازند قم) رسوبات خود را در ابر بستری از سنگهای چین خورده کهن قرار دادند و بالاخره در حرکات آلیپی پایانی منطقه شکل کنونی خود را بدست آورد (Bani Naemeh,2003).

ارتفاعات غرب دشت ارومیه جزء زون سیرجان- سنندج و دشت ارومیه جزء زون ایران مرکزی محسوب می گردد. وجود دریاچه فوق اشباع از نمک ارومیه از ویژگیهای منطقه است. همچنین گسل ارومیه که از شمال به گسل تبریز بر می خورد، از این منطقه عبور می کند که فروافتادگی دریاچه ارومیه ممکن است به دلیل عملکرد آن باشد. این گسل محل برخورد زون ایران مرکزی با زون سنندج- سیرجان در نظر گرفته می شود که بنام گسل زرینه رود مشهور است (Bani Naemeh,2003).

واحدهای سنگی موجود در منطقه شامل بخش جنوبی دشت ارومیه و ارتفاعات حوزه آبخیز رودخانه باراندوزچای با تنوعی از سنگهای رسوبی شامل پادگانه های آبرفتی جدید، مخروط افکنه های آبرفتی با سن کوارترنری و سنگهای آهکی دولومیت دار، آهک های پرمین، سازندهای کهر، سلطانیه، باروت، میلا، درود، روته، الیکا و شمشک به همراه رسوبات جدید ترشیاری و کواترنری می باشد که سازند اولی از گسترش بیشتری برخوردار است (Bani Naemeh,2003).

سنگ های آذرین نظیر گرانیت با سن مابین ژوراسیک و ائوسن نیز در بخشهایی از منطقه رخنمون دارند که به شدت تکتونیزه و خرد شده اند. عملکرد این گرانیتها با نفوذ در اغلب سنگهای آهکی موجب دگرگونیهای مجاورتی نیز شده اند. دیوریت و گابرو نیز از جمله سایر سنگهای آذرین می باشند که در قسمتهای با مساحت اندک در منطقه پراکنش دارند.

سنگهای دگرگون شده که اغلب شامل شیست، مرمر، ریولیت، گنیس و دولومیت می باشند که در اثر فازهای متعدد تکتونیکی بر روی آنها به شدت خرد شده و تکتونیزه هستند. وجود این سنگها بر اثر

نفوذ توده‌های آذرین گرانیتی، گابرویی و دیوریتی ذکر شده است. مجموعه آمیزه رنگین مرسوم به کمپلکس افیولیتی نیز در منطقه رخنمون دارند که در واقع مجموعه‌ای از سنگهای بازیک لایه لایه می‌باشند (Bani Naemeh, 2003).

در بین واحدهای سنگی منطقه آنچه از نظر کاربری اراضی و کشاورزی دارای اهمیت می‌باشد، سازندهای کواترنری هستند که ذیلاً تشریح شده‌اند:

۳-۵-۱- سازند کواترنر

علاوه بر دریاچه ارومیه و باتلاقهای اطراف آن سازندهای زمان کواترنر و نهشته‌های آنها به صورت سنگها، زمین لغزه‌های کهن، پادگانه‌های آبرفتی قدیمی و جدید و بالاخره رسوبات کف رودخونه‌ها و باتلاقهای اطراف رخنمون دارند که دارای مشخصات زیر هستند:

- پادگانه‌های قدیمی Qt1

پادگانه‌های قدیمی پوشش نسبتاً کمی از دشت را تشکیل می‌دهد. از نظر لیتولوژی این پادگانه‌ها از کنگلومرای نیمه سخت و ماسه سنگ‌های دانه درشت سخت شده تشکیل گردیده‌اند. این پادگانه‌ها معمولاً به گونه‌ای افقی و یا با دگرشیبی زاویه‌دار رزی سازندهای کهن تر قرار می‌گیرند.

- پادگانه‌های جوان Qt2

این پادگانه‌ها در فرازای پایین‌تری نسبت به پادگانه‌های قدیمی قرار دارند و از نظر لیتولوژی و سخت‌شدگی نیز با پادگان‌های مزبور تفاوت‌هایی را دارند، از مساحت بیشتری برخوردارند و بیشتر از قلوه سنگ، شن، ماسه ریز و درشت سخت نشده تا نیمه سخت هستند که اغلب زمین‌های کشاورزی و مزارع را تشکیل داده‌اند.

- باتلاقها و نهشته‌های آبرفتی جوان Qal و Qs

نهشته‌های آبرفتی جوان، بیشتر رسوبات کف رودخانه‌ها و آبراهه‌ها هستند که از مجموعه‌ای از نهشته‌های ریز و درشت (بلوکهای سنگی، قلوه سنگهای درشت و ریز، شن و ماسه و رس) تشکیل شده‌اند.

بخش وسیعی از کرانه‌های دریاچه ارومیه را نهشته‌های دریاچه‌ای نرم که به صورت باتلاق و پهنه‌های گلی هستند، تشکیل داده‌اند. نهشته‌های مذکور از جنس گل و لای بسیار دانه ریز (بیشتر از جنس گل‌های آراگونیتی) هستند که معمولاً در کرانه‌ها به رنگ سیاه می‌باشند. تجزیه جلبکهای سبز و ترکیب کربن آلی موجود در این جلبکها با نهشته‌های نرم علت سیاهی رنگ این نهشته‌ها هستند (Bani Naemeh, 2003).

۳-۶- خاکشناسی

۳-۶-۱- فیزیوگرافی، شکل ظاهری زمین و خاک‌های متشکله

از نظر پستی و بلندی در منطقه مورد مطالعه، ۳ واحد فیزیوگرافی دشت‌های دامنه‌ای، دشت‌های آبرفتی رودخانه‌ای و اراضی پست و شور دیده می‌شود:

الف) در واحد فیزیوگرافی دشتهای دامنه‌ای، خاکها در اثر انتقال و ته‌نشست مواد دانه ریز انتقالی از ارتفاعات در قسمتهای نسبتاً مسطح تشکیل شده که شیب آنها از ۵-۸ درصد تجاوز ننموده و پستی و بلندی در آنها نسبتاً کم و خاکهای تکامل یافته با بافت سنگین می‌باشد. این واحد شامل ۴ سری خاک به نامهای دیدان، کوکیا، داش آغر و بالانج می‌باشند.

ب) واحد فیزیوگرافی دشتهای رسوبی رودخانه‌ای بر اثر ته‌نشست رسوبات رودخانه‌ها در طی دوره‌های طغیان بر اثر گذشت زمان شده و دارای خاکهای با بافت سبک تا خیلی سنگین و متکامل با توجه

به نوع رسوب و اثر آب و هوا و زمان و زهکشی می‌باشند. این واحد شامل ۸ سری خاک به نامهای باراندوز، آغچه زیوه، هفت پستان، چوبتراش، ساراجوق، درب رود، قورت تپه و عرب‌لو می‌باشد.

ج) سری خاکهای جبل‌کندی و اردشاهی در فیزیوگرافی اراضی پست و شور قرار گرفته‌اند و حالت سدیمی و شوری و قلیائیت صفت بارز این خاکها می‌باشد (Bani Naemeh, 2003).

۳-۶-۲- مورفولوژی خاکها

اغلب خاکها دارای یک افق سطحی اکریک و طبقه‌ای با ساختمان خوب مکعبی در زیر طبقه سطحی می‌باشد که در آنها افق تجمع آهک تشکیل شده است. این خاکها عمدتاً در دشتهای دامنه‌ای و دشتهای رسوبی رودخانه‌ای قرار دارند. بعضی از خاکها نیز دارای طبقه سطحی اکریک و طبقه‌ای با ساختمان منشوری و ستونی در زیر طبقه سطحی می‌باشند که در واحد فیزیوگرافی اراضی پست و شور با مشخصات ماتلینگ و گلی شدن، دیده می‌شوند.

بر اساس مشخصات پروفیلی، جغرافیائی، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، مینرالوژیکی و افقهای مشخصه و رژیم حرارتی و رطوبتی، خاکهای منطقه مورد مطالعه در رده اینسپتی سول‌ها با رژیم حرارتی مزیک و رژیم رطوبتی زیریک که با استفاده از نقشه تجدید نظر شده رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاکهای ایران تعیین شده است، قرار می‌گیرند.

در منطقه مورد مطالعه تمام خاکها عموماً دارای افق مشخصه اکریک بوده و افقهای مشخصه زیری کامبیک و یا کلسیک را دارا می‌باشند. در بعضی از این خاکها شکافهایی به عرض یک سانتیمتر یا بیشتر در عمق ۵۰ سانتیمتر وجود دارد (Bani Naemeh, 2003).

۷-۳- برداشت و آماده سازی نمونه‌های خاک

طرح مذکور در تابستان ۱۳۹۱ انجام شد. نمونه برداری به روش شبکه منظم به تعداد ۸۲ نمونه در فاصله های ۱۳۰۰-۲۵۰۰ متری از خاکهای دشت ارومیه از عمق ۰-۲۵ سانتی متری انجام شد. موقعیت هر نقطه نمونه برداری نیز با دستگاه موقعیت یاب جهانی^۱ (GPS) ثبت شد. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه به مدت ۴۸ ساعت در هوای آزاد، خشک و پس از کوبیدن کلوخه‌های آنها از الک ۲ میلیمتری گذرانده و آماده تجزیه فیزیکی و شیمیایی شدند.



شکل ۳-۲ موقعیت جغرافیایی نقاط نمونه برداری شده

1 -Global Positioning System

۳-۸- تجزیه شیمیایی خاک

۳-۸-۱- فسفر قابل استفاده

برای اندازه گیری فسفر قابل استفاده از روش اولسن استفاده گردید. (علی احیائی و بهبهانی زاده، ۱۳۷۳).

۳-۸-۲- پتاسیم قابل استفاده

استخراج پتاسیم قابل استفاده با استفاده از استات آمونیوم نرمال خنثی صورت گرفت (علی احیائی و بهبهانی زاده، ۱۳۷۳).

۳-۸-۳- کربن آلی

روش مورد استفاده در این اندازه گیری روش والکلی - بلاک بود (علی احیائی و بهبهانی زاده، ۱۳۷۳).

۳-۸-۴- کربنات کلسیم معادل خاک

کربنات کلسیم معادل خاک به روش تیتراسیون برگشتی با NaOH اندازه گیری شد. برای خنثی کردن کربنات کلسیم و درصد کربنات کلسیم موجود در خاک محاسبه گردید (علی احیائی و بهبهانی زاده، ۱۳۷۳).

۳-۸-۵- هدایت الکتریکی

رسانایی الکتریکی در عصاره ۱:۲/۵ خاک به آب به وسیله دستگاه هدایت سنج Jenway مدل ۴۰۱۰ اندازه گیری شد. با توجه به دمای عصاره ها در آزمایشگاه و مشخص کردن هدایت الکتریکی

محلول استاندارد (KCl ۰/۱ نرمال) و دمای آن در محیط، هدایت الکتریکی نمونه ها در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد محاسبه گردید.

۳-۸-۶- اسیدپته خاک

pH خاک در سوسپانسیون ۱:۲/۵ خاک به آب با استفاده از الکتروود شیشه ای متصل به pH متر Jenway مدل ۳۰۲۰ برای هر خاک اندازه گیری شد.

۳-۸-۷- عناصر ریز مغذی آهن، روی و منگنز

عناصر ریز مغذی (Zn، Fe، Mn) قابل جذب در خاک با عصاره گیر DTPA استخراج و با دستگاه جذب اتمی قرائت شدند. این عناصر با DTPA کلات هایی تشکیل می دهند که امکان اندازه گیری آنها را در عصاره فراهم می کند. استفاده از کلرور کلسیم ۰/۰۱ مول برای این است که محیط عصاره گیری با کلرور کلسیم در تعادل باشد، در نتیجه از حلالیت کربنات کلسیم در خاک های آهکی جلوگیری نماید.

۳-۹- تجزیه و تحلیل های آماری

۳-۹-۱- آمار توصیفی

جهت هر گونه مطالعه یا محاسبات آماری لازم است که داده های تحت مطالعه و آزمایش، که معمولاً بصورت توده ای از اعداد خام هستند، به شکل خاصی منظم گردند. داده ها معمولاً به صورتی که مشاهده یا اندازه گیری شده اند ثبت خواهند شد. تنظیم داده های عددی در جداول و ترسیم نمودارها از اولین مراحل تجزیه آماری بوده و این داده ها زمانی که مرتب شوند حاوی اطلاعات مهم و مفیدی می باشند. شاخص های آماری علیرغم اینکه دارای اطلاعات مفیدی هستند، در مورد

متغیرهای پیوسته ای مانند خصوصیات خاک نمی توانند به طور کامل مفید واقع شوند؛ لذا استفاده از پارامتر هایی مانند وضعیت توزیع داده ها دارای اهمیت بیشتری است. وضعیت توزیع داده ها برای کارهای آماری و بیشتر زمین آماری دارای اهمیت خاصی است. وضعیت یک توزیع شامل میانگین، میانه، مد، حداکثر، حداقل، انحراف استاندارد، چولگی و کشیدگی می باشند که این ویژگی ها موقعیت، پراکندگی و شکل توزیع را بیان می دارد. در این بین بررسی نرمال بودن توزیع داده ها دارای اهمیت خاصی است. اصولاً توزیع نرمال مهمترین الگوی آماری است و اکثر نظریه ها، محاسبات و استدلال های آماری بر مبنای آن بنا شده اند. اهمیت دیگر توزیع نرمال در این است که توزیع فراوانی پدیده های طبیعی، که با رعایت اصول صحیح آماری مورد تحقیق قرار می گیرد، غالباً به صورت نرمال است. از طرفی چون هر متغیر به هر شکل که مورد مطالعه قرار گیرد دارای توزیع فراوانی خاص خود است می توان با استفاده از اصول آمار و ریاضی، آن متغیر ها یا توزیع آن را به نرمال تبدیل کرد. توصیف آماری داده ها با استفاده از نرم افزار Excel و SPSS صورت گرفت.

۳-۹-۲- تجزیه و تحلیل های زمین آماری

زمین آمار مجموعه ای از تکنیک ها و مدل های تصادفی است که خواص داده های مکانی را تجزیه و تحلیل می کند. مباحث زمین آمار حول دو محور سامان می یابد:

۱- تبیین ساختار فضایی داده ها

۲- تعیین وزن هر یک از داده های مشاهده شده برای برآوردهای مورد نظر

تفاوت اصلی این روش با آمار کلاسیک این است که در آمار کلاسیک، نمونه های به دست آمده از جامعه، عمدتاً به صورت تصادفی در نظر گرفته می شوند و مقدار اندازه گیری شده یک کمیت معین در یک نمونه خاص، هیچگونه اطلاعاتی درباره مقدار همان کمیت در نمونه دیگر و به فاصله معلوم نخواهد داشت؛ در صورتیکه در زمین آمار می توان مقادیر یک کمیت در جامعه نمونه ها و فاصله نمونه ها و

جهت قرار گرفتن آنها نسبت به هم ارتباط برقرار کرد. همچنین در آمار کلاسیک، فرض می شود که تغییرپذیری یک متغیر تصادفی است، در صورتی که در زمین آمار، بخشی از آن تصادفی و بخش دیگر آن دارای ساختار و تابع فاصله و جهت می باشد. شرط استفاده از روشهای زمین آماری، ایستا بودن متغیر می باشد که از طریق نیم تغییرنا قابل تشخیص است. ضمناً توزیع داده ها نیز باید به توزیع نرمال نزدیک باشد (نصرت پور، ۱۳۸۹؛ مهدیان، ۱۳۸۳).

۳-۹-۲-۱- آنالیز تغییرنا^۱

تجزیه و تحلیل ساختار تغییرات مکانی نیز با استفاده از تغییرنا صورت می گیرد. تغییرنا تغییرات فاصله ای یا ساختار تغییر پذیری یک متغیر خاص را نشان داده و از ابزارهای اساسی زمین آمار جهت بررسی تغییرات مکانی خصوصیات خاک می باشد (Yi-chang et al., 2009؛ Nayanaka et al, 2010). طبیعی ترین روش برای مقایسه دو کمیت، مثلاً دو مقدار $Z(x)$ و $Z(x+h)$ در دو نقطه یکی به مختصات x و دیگری $x+h$ که به فاصله h از هم قرار دارند آن است که اختلاف آنها را بررسی کنیم. بدیهی است که علامت این اختلاف مهم نبوده و برای تجزیه و تحلیل میانگین $Z(x_i+h)-Z(x_i)$ مورد نظر قرار می گیرد. بنابراین بایستی میانگین $|Z(x)-z(x+h)|$ را برای تمام موقعیت های x و $x+h$ محاسبه کرده و در نظر بگیریم. از آنجایی که متوسط این کمیت، صفر و یا نزدیک به صفر است در عمل، مجذور اختلاف را در نظر می گیرند (دیانی و همکاران، ۱۳۸۸). آنالیز تغییرنا اولین مرحله انجام آنالیزهای زمین آماری است. در این تحقیق جهت محاسبه تغییرنا از فرمول ارائه شده توسط گووارتز (۱۹۹۸) و لجندر (۱۹۹۸) استفاده شده است (معادله ۳-۱).

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(X_i) - Z(X_i + h)]^2 \quad (1-3)$$

که در آن $N(h)$ تعداد جفت نمونه های بکار رفته در محاسبه به ازای هر فاصله ای مانند h است و معمولاً هر چه h افزایش یابد تعداد جفت ها کم می شود.

۳-۹-۲-۲-مدلسازی نیم تغییر نما

قبل از کاربرد نیم تغییر نما، لازم است مناسبترین مدل تئوری بر آن برازش داده شود. فرآیند برازش مدل تئوری مناسب بر یک تغییرنمای تجربی از اهمیت زیادی برخوردار است (Karaman et al., 2009). انتخاب نوع مدل بستگی به فرضیات تئوری و عملی دارد. بطور کلی مدل های تئوری قابل برازش بر نیم تغییر نما دو دسته هستند: ۱- گروه فاقد آستانه: که در این گروه با افزایش h ، مقدار نیم تغییرنما افزایش یافته و به حد ثابتی نمی رسد. از انواع مدل های قابل برازش به این گونه نیم تغییرنماها، می توان مدل های خطی^۱، دوپسین^۲ و سهمی^۳ را نام برد. ۲- گروه حاوی آستانه: که در این گروه با افزایش فاصله h ابتدا مقدار نیم تغییرنما افزایش می یابد، سپس به مقداری ثابت می رسد. از انواع مدل های قابل برازش به این گونه نیم تغییرنماها، می توان به مدل های کروی^۴، نمایی^۵، گوسی^۶ و تو در تو^۷ اشاره نمود (مهدیان، ۱۳۸۳).

۳-۹-۲-۴- روش کریجینگ^۸

روش های مختلفی برای برآورد متغیرهایی که تغییرات مکانی دارند، وجود دارد. تفاوت عمده این روش ها مربوط به نحوه محاسبه فاکتور وزنی است که به نقاط مشاهده شده اطراف نقطه مورد تخمین داده می شود (مهدیان، ۱۳۸۳). در اینجا روش کریجینگ که کاربرد زیادی در مطالعات آب و خاک

-
- 1 -Linear Model
 - 2 -Dewijsian Model
 - 3 -Parabolic Model
 - 4 - Spherical Model
 - 5 -Exponential Model
 - 6 -Gaussian Model
 - 7 - Nested Structure
 - 8 - Kriging

دارند، معرفی شده است. بطور کلی کریجینگ نامی تعمیم یافته برای کلیه روش های آماری تخمین و برآورد متغیرهای ناحیه ای است. این تخمینگر به افتخار یکی از پیشگامان آمار، کریجینگ نامگذاری شده است. کریجینگ یک تخمینگر خطی به شکل معادله (۲-۳) است:

$$Z(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (2-3)$$

که در آن Z : مقدار متغیر برآورد شده، $Z(x_i)$ مقدار متغیر مکانی مشاهده شده در نقطه x_i و λ_i

وزن آماری که به نمونه x_i نسبت داده می شود و بیانگر اهمیت نقطه i ام در برآورد است.

مهمترین ویژگی کریجینگ که آن را از دیگر تخمین گرهای متمایز می سازد، ویژگی حداقل سازی واریانس خطا است. کریجینگ را می توان روشی دانست که طی آن به مجموعه نمونه ها به گونه ای وزن آماری داده می شود که ترکیب خطی آنها نه تنها ناریب شود بلکه در بین سایر تخمینگرها حداقل واریانس را داشته باشد. این امر نشان می دهد که از اطلاعات موجود به بهترین نحو استفاده شده است. بنابراین کریجینگ همراه هر تخمین، مقدار خطای آن را نیز می دهد.

کریجینگ دو ویژگی یک تخمینگر خوب را دارا می باشد. کریجینگ مانند همه تخمینگرها دارای خطاست، ولی یکی از خواص مهم کریجینگ آن است که جایی را که خطا بالاست و برای کاهش خطا نیاز است که از داده های بیشتری استفاده شود، مشخص می کند و می توان کاهش واریانس تخمین را به ازاء یک نمونه اضافی قبل از نمونه گیری تعیین کرد. مشخصه دیگر کریجینگ آن است که واریانس تخمین آن تابع مشخصات نیم تغییرنا می باشد و ارتباطی با مقدار واقعی داده ها ندارد، بنابراین فاصله نمونه ها تا نقطه تخمین و نحوه پراکندگی نقاط نمونه برداری بر نیم تغییرنا و در نتیجه بر روی خطای تخمین تأثیر می گذارد (دیانی و همکاران، ۱۳۸۸؛ مهدیان، ۱۳۸۳).

واریانس تخمین نشانگر واریانس خطایی بین مقادیر حقیقی و مقادیر تخمینی می باشد. مقدار این واریانس، با استفاده از مقادیر متوسط تغییر نما، که خود از طریق توابع کمکی موجود و قابل محاسبه

هستند و بدون استفاده از مقادیر مشاهده ای محاسبه می شود. واریانس تخمین علاوه بر کاربرد در محاسبه سطح اعتماد در حل بسیاری از مسایل دیگر نظیر طراحی شبکه بهینه، نمونه برداری، قضاوت درباره تاثیر شیوه های مختلف نمونه برداری و غیره کاربرد دارد (مهدیان، ۱۳۸۳).

کریجینگ موجب پیرایش^۱ تغییرات می شود. یعنی توزیع نمونه ها نسبت به مقادیر واقعی، تغییرات کمتری دارد. زیرا کریجینگ به نمونه های آماری به گونه ای وزن می دهد که واریانس تخمین مبتنی بر آن حداقل باشد (دیانی و همکاران، ۱۳۸۸؛ مهدیان، ۱۳۸۳). این به معنی آن است که عرض منحنی فراوانی برآورد شده حاصل از کریجینگ در حوالی میانگین، بیشتر از عرض منحنی فراوانی نمونه های واقعی است، ولی در کناره های منحنی توزیع فراوانی وضعیت برعکس است. لذا واریانس حقیقی با آنچه که از کریجینگ به دست می آید، متفاوت می باشد (مهدیان، ۱۳۸۳). از دیگر ویژگی های مهم کریجینگ می توان خاصیت جمع پذیری آن را ذکر کرد. این خاصیت موجب می شود که اگر در مجموعه ای از فضاهای کوچکتر کریجینگ صورت گیرد، میانگین مقادیر تخمین این فضاها، برابر با مقدار تخمینی فضای بزرگتری که حاوی تمامی فضاهای کوچکتر است باشد، مشروط بر این که در هر دو حالت از نقاط یکسانی استفاده شود (مهدیان، ۱۳۸۳).

۳-۱۰- معرفی نرم افزار GS+

نرم افزارهای مختلفی برای ارزیابی همبستگی مکانی متغیرها و برآورد توزیع مکانی آنها وجود دارد. نرم افزار GS+ به عنوان یک نرم افزار عمومی تحلیل مکانی که دارای کاربری آسان و نرم افزار سریع بوده و دسترسی به آن نیز به آن امکان پذیر می باشد. GS+ اولین برنامه آنالیز زمین آماری است که در سال ۱۹۸۸ برای کامپیوترهای شخصی ارائه شد. این نرم افزار به سرعت در سراسر جهان به عنوان یک نرم افزار زمین آماری منتخب کاربران تبدیل شد. این نرم افزار اولین نرم افزار زمین آماری است که هم خواسته های انعطاف پذیر یک متخصص و هم نیازهای ساده یک مبتدی را برآورده می سازد. این

1 - Smoothing

ویژگی شامل تمام اجزای آن، از آنالیز تغییرنما تا کریجینگ و ترسیم نقشه می گردد. این نرم افزار در قالب شش مرحله اصلی زیر به کار گرفته می شود:

- ۱- ورود داده ها به محیط GS+ (Import Data)
- ۲- خصوصیات آماری داده های ورودی (Summarize Data)
- ۳- استخراج نیم تغییرنما و آنالیز نیم تغییرنما (Semivariance Analysis)
- ۴- درون یابی و استخراج تحلیل مکانی (Interpolatooon)
- ۵- ارزیابی روشها و پارامترها (Crass Validation)
- ۶- ترسیم نقشه (Mapping)

در این تحقیق از نرم افزار GS+ (version 5.1) برای رسم واریوگرام ها استفاده گردید. مدلی که دارای کمترین مجموع مربعات باقیمانده (RSS) و بیشترین ضریب تبیین R^2 بود، از میان مدل های کروی، نمایی، گوسی و خطی و غیره بر واریوگرام تجربی برارزش دادیم

۳-۱۱- شبکه عصبی

امروزه شبکه های عصبی در بسیاری از زمینه ها از جمله طبقه بندی، تشخیص الگو، پیش بینی و مدل سازی فرآیندها در علوم مختلف بکار گرفته می شوند. مزیت شبکه عصبی یادگیری مستقیم از روی داده ها، بدون نیاز به برآورد مشخصات آماری آنهاست (وکیل باغمیشه، ۲۰۰۲). شبکه عصبی بدون در نظر گرفتن هیچ فرضیه اولیه و همچنین دانش قبلی از روابط بین پارامترهای مورد مطالعه، قادر به پیدا کردن رابطه بین مجموعه ای از ورودی ها و خروجی ها برای پیش بینی هر خروجی متناظر با ورودی دلخواه می باشد (تورسیلا، ۲۰۰۴). ویژگی دیگر شبکه عصبی، تحمل پذیری در مقابل خطا می باشد (آزاده و همکاران، ۲۰۰۶). شبکه های عصبی شامل تعدادی نرون های متصل بهم هستند. مراحل اصلی حل هر مسئله توسط شبکه عصبی شامل آموزش و آزمایش می باشد (گوبتا و همکاران، ۲۰۰۳). استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی در تمایز الگوها در سال های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. شبکه

عصبی طبقه‌بندی کننده در مقایسه با روش‌های آماری دارای مزایای بیشتری است (گول و همکاران، ۲۰۰۳).

شبکه عصبی LVQ4a2 یکی از روشهای طبقه بندی و خوشه بندی است. نحوه‌ی کار آن بر اساس تقسیم فضای ورودی R^n به تعدادی منطقه‌های متمایز از هم با نام ناحیه‌های تصمیم گیری و اختصاص یک بردار کد به هر یک از آنها است. کلاس بندی برحسب نزدیکی بردار ورودی X به بردار-های کد انجام می‌شود. بردار ورودی متعلق به کلاس نزدیک‌ترین بردار کد گذاری خواهد شد. الگوریتم تا وقتی که ناحیه‌های تصمیم گیری و مرکز های آنها ثابت نشود ادامه خواهد یافت. از بین شش گونه الگوریتم آموزش با نام‌های LVQ1، LVQ2.1، LVQ23، OLVQ (24,23) و LVQ4 از الگوریتم آموزش LVQ4a2 به جهت بالا بودن کارایی آن استفاده شد

۳-۱۱-۱- الگوریتم آموزش LVQ4a2

اگر فرض شود X^q بردار ورودی از مجموعه آموزش باشد: $q=1, \dots, Q$, $X^q \in R^n$

و W_m بردار کد باشد $m = 1, \dots, M$, $W_m \in R^n$ نزدیکترین بردار کد به X^q عبارت است از:

$$c = \operatorname{argmin}_m (\|X^q - W_m\|) \quad (۵-۳)$$

تنظیم W_c :

$$W_c(t+1) = W_c(t) + a(n)s(n)[X^q - W_c(t)] \quad (۶-۳)$$

$\alpha(n)$ آهنگ یادگیری در طول زمان آموزش از رابطه زیر به دست آمد.

$$\alpha(n) = \begin{cases} K_2 & \text{if } q \leq q_0 \\ K_2 \exp\left(-\frac{q-q_0}{r}\right) & \text{if } q > q_0 \end{cases}, 0 < \alpha(n) < 1$$

اگر کلاس بندی صحیح باشد $d_c(n) = s(n)$ می باشد و در صورتی که کلاس بندی صحیح نباشد $s(n) = -1$ خواهد شد. $d_c(n)$ عامل متعادل کننده است و از رابطه زیر به دست می آید:

$$d_c(n) = \frac{E_c(n)}{P_c(n)} \quad (7-3)$$

در این رابطه، به ترتیب $E_c(n)$ و $P_c(n)$ تعداد بردارهای است که به درستی و اشتباه توسط بردار کد c کلاس بندی می شوند. تا پایان تکرار اول مقدار $d_c(n)$ مشخص نخواهد شد. بنابراین از روش زیر برای محاسبه آن استفاده شد:

$$d_c(n) = \begin{cases} \varepsilon & \text{if } q = 1 \\ d_c(n-1) & \text{if } q \geq 2, P_c(n-1) \neq 0 \\ \lambda & \text{if } q \geq 2, p_c(n-1) = 0 \end{cases}$$

$0 < \varepsilon < 1$ و $\lambda \geq 1$ می باشد. مقادیر توصیه شده $\varepsilon = 0/2$ و $\lambda = 10$ است (وکیل باغمیشه و

پاوسینک ۲۰۰۳).

ورودی ها شبکه مختصات مکانی می باشند و خروجی شبکه بردار کدی است که نزدیکترین فاصله اقلیدسی را با ورودی دارد. بر چسب بردار کد تعیین کننده کلاس بردار ورودی است. به طور کامل تصادفی، از بین ۸۲ داده موجود از نقاط نمونه برداری شده از سطح منطقه ۸۰ درصد از کل داده ها برای آموزش شبکه و ۲۰ درصد باقی مانده برای آزمایش شبکه بمنظور کلاس بندی انتخاب شد. برنامه نویسی این مدل در محیط نرم افزار MATLAB نسخه ۷ انجام شد (مکاریان و روحانی، ۱۳۹۲).

فصل چہارم

نتائج و بحث

۱-۴- بررسی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک

نتایج حاصل از برخی آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی مربوط به ۸۲ نمونه خاک منطقه جنوبی دشت ارومیه در پیوست ۱-۴ و تجزیه آماری داده های حاصل در جدول ۱-۴ نشان داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده می توان گفت خاکهای بررسی شده دارای دامنه گسترده ای از نظر ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی می باشند.

جدول ۱-۴ تجزیه آماری نتایج حاصل از تعیین ویژگیهای ۸۲ نمونه خاک

O.C (%)	آهک (%)	روی قابل استفاده mg/kg	منگنز قابل استفاده mg/kg	آهن قابل استفاده mg/kg	پتاسیم قابل استفاده mg/kg	فسفر قابل استفاده mg/kg	EC dS/m	pH	پارامتر
۰/۲	۲/۵۰	۰/۱۲	۰/۴۴	۰/۱۴	۱۰۰/۱۲	۲/۳۰	۰/۲	۷	حداقل
۵/۶۳	۳۲/۴۲	۴/۵۸	۱۲/۷۲	۱۸/۲۰	۸۶۸/۶۱	۱۰۵/۱	۳۳/۲	۹/۴	حداکثر
۱/۵۷	۱۹/۱۴	۰/۸۲	۴/۴۵	۴/۷۰	۵۱۷/۷۲	۱۸/۰۸	۲/۸۰	۷/۹۴	میانگین
۱/۵۲	۲۰/۰۵	۰/۴۷	۳/۹	۴/۹۱	۴۹۲/۷۹	۱۳/۳۷	۰/۹۹	۷/۹	میانه
۰/۷	۵/۹۹	۰/۹۲	۲/۶۱	۳/۲۶	۲۱۴/۶۸	۱۷/۰۱	۵/۵۷	۰/۳۹	انحراف معیار
۲/۳۷	-۰/۴۱	۲/۳۱	۱/۰۴	۰/۹۶	۰/۰۲	۳/۰۸	۳/۹۷	۰/۷۳	چولگی
۱۲/۳۷	۰/۱۸	۵/۲۳	۱/۱۳	۲/۵	-۱/۴	۱۱	۱۶/۶۱	۱/۶۵	کشیدگی
۴۴/۸۹	۳۱/۳۱	۱۱۲/۴۵	۵۸/۸۳	۶۹/۳۰	۴۱/۴۶	۱۵/۸۹	۱۹۹/۱۴	۵	ضریب تغییرات (%)

۱-۱-۴- کربنات کلسیم

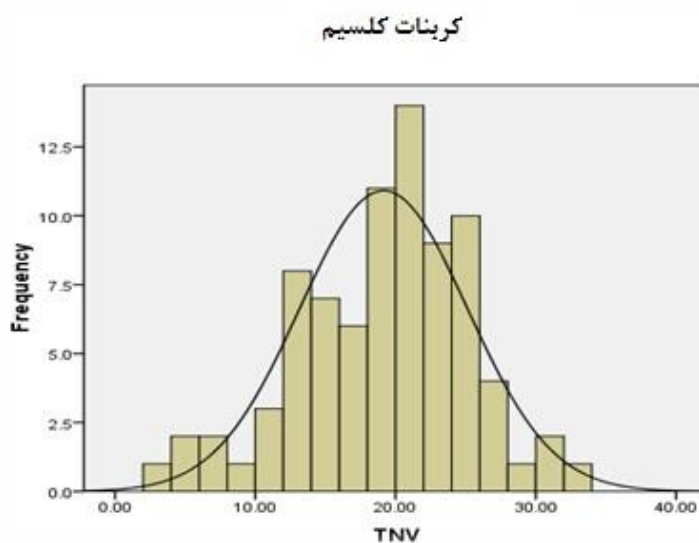
بر اساس تعریف، خاک آهکی خاکی است که دارای بیشتر از ۲ درصد کربنات کلسیم آزاد داشته باشد (ملکوتی و نفیسی، ۱۳۸۴). روش پیشنهادی درجه بندی میزان کربنات کلسیم برای گیاه گندم

که از سوی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی ارائه شده است در جدول ۲-۴ آورده شده است (قائمیان، ۱۳۸۴).

جدول ۲-۴: درجه بندی مقدار کربنات کلسیم (%) (قائمیان، ۱۳۸۴)

درصد کربنات کلسیم	کلاس تناسب اراضی
<۳	خیلی مناسب (S1)
۲۰-۳	مناسب (S2)
۴۰-۲۰	نسبتاً مناسب (S3)

بر اساس جدول ۲-۴ حضور درصد قابل ملاحظه ای از کربنات کلسیم در خاکهای منطقه، (حداقل ۲/۵۰ درصد و حداکثر ۳۲/۴۲ درصد با میانگین ۱۹/۱۴۷۱ درصد در خاک)، گویای امکان حضور فعال کاتیون کلسیم و شدت آهکی بودن خاکهاست. با توجه به نمودار فراوانی داده شکل ۱-۴ و جدول ۲-۴ می توان مشاهده کرد که بیش از ۵۰٪ داده ها در کلاس نسبتاً مناسب (S3) قرار گرفته اند.



شکل (۱-۴) فراوانی درصد کربنات کلسیم

مهمترین اثر سوء آهک زیادی در خاکهای زراعی، ترکیب با بعضی عناصر کودی و تبدیل آنها به ترکیبات تقریباً نامحلول و غیرقابل استفاده توسط گیاه می باشد (ملکوتی و نفیسی، ۱۳۸۴). برای مثال فسفر در خاکهای آهکی، به مقدار زیادی به وسیله واکنشهای جذب و رسوب در سطوح کانیهای کربناتی ابقا می شود و ابقای فسفر در خاکهای آهکی بسیار مشکل ساز است (خورشید و همکاران، ۱۳۸۷). Javid and Rowell (2002) در مطالعه آنکوباسیون فسفر گزارش کردند که بعد از گذشت ۹۰ روز، ۴۵ تا ۸۰ میلی گرم در کیلو گرم از فسفر مصرفی بصورت غیر قابل جذب درآمده و قابل عصاره گیری به روش اولسن نبوده است و بیشترین مقدار فسفر غیر قابل جذب مربوط به خاکهای آهکی بود. Kuczak, et al (2006) نیز به نتایج مشابهی دست یافته بودند. علاوه بر املاح فسفات، جذب تعدادی دیگر از عناصر غذایی توسط گیاه مانند منگنز، آهن و روی در خاکهای آهکی مختل می گردد (ملکوتی و نفیسی، ۱۳۸۴). خصوصیات خاک نه تنها بستگی به سنگ مادر، زمان و پارامترهای تشکیل دهنده خاک که عوامل طبیعی به شمار می روند دارد، بلکه عوامل انسانی و غیر انسانی دیگری نیز بر آن مؤثر بوده است (علیزاده، ۱۳۸۳؛ ایوبی و خرمالی، ۱۳۸۷؛ Yi-chang et al., 2009). میزان تغییر پذیری خصوصیات خاک را با مقدار ضریب تغییرات (CV)^۱ می سنجند به این صورت که اگر این میزان کمتر از ۱۵٪ باشد ویژگی دارای تغییرپذیری کم، اگر بین ۱۵٪ تا ۵۰٪ دارای تغییرپذیری متوسط و اگر بیش از ۵۰٪ باشد آن ویژگی دارای تغییرپذیری زیاد است (علیزاده، ۱۳۸۳). تغییرپذیری خصوصیات خاک در مزرعه می تواند در عملکرد خاک جهت جذب عناصر غذایی و رشد گیاه تأثیرگذار باشد (ایوبی و خرمالی، ۱۳۸۷). ضریب تغییرات کربنات کلسیم ۳۱/۳۱ است که دارای تغییرپذیری متوسط می باشد.

۱- Coefficient of Variation

۴-۱-۲- کربن آلی

به طور کلی نقش ماده آلی در تأمین سلامت و کیفیت خاک را می توان به صورت منبع کربن و انرژی برای ریز جانداران خاک، منبع عناصر غذایی نظیر نیتروژن، گوگرد، فسفر و ...، پایداری و نگهداری ذرات خاک به عنوان خاکدانه یا خاک واحد و کاهش خطر فرسایش خاک، توسعه تخلخل خاک و افزایش ظرفیت نگهداری هوا و آب و تسهیل توسعه و رشد ریشه ای، حفظ و ابقای عناصر غذایی و جلوگیری از هدر رفت آنها با افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) و ظرفیت تبادل آنیونی (AEC)، جلوگیری از فشردگی و تراکم خاک با پایین نگهداشتن جرم مخصوص ظاهری و ممانعت از ایجاد قشرها و پوسته های سخت، ترک و گسل، افزایش قابلیت خاکورزی و تغییر در خصوصیات خاک مثل کاهش چسبندگی، افزایش نفوذپذیری و نرمی خاک، ابقای کربن از اتمسفر و دیگر منابع، کاهش اثرات محیطی منفی مثل اثر حشره کش ها، فلزات سنگین و بسیاری از آلاینده های دیگر، افزایش قدرت بافری خاک و مقابله با تغییرات سریع اسیدیته خاک و افزایش سرعت نفوذ آب در خاک و کاهش تولید رواناب بیان داشت (ملکوتی و نفیسی، ۱۳۸۴؛ میرزا شاهی و سعادت، ۱۳۸۹). با توجه به دشواری اندازه گیری ماده آلی، تخمین میزان ماده آلی خاکها با اندازه گیری کربن آلی صورت می گیرد. در مورد حد بحرانی کربن آلی خاک اجماع نظر وجود ندارد (مؤمنی و همکاران، ۱۳۸۴). سازمان تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، جدول ۳-۴ برای بررسی میزان کربن آلی خاک ارائه کرده است (قائمیان، ۱۳۸۴).

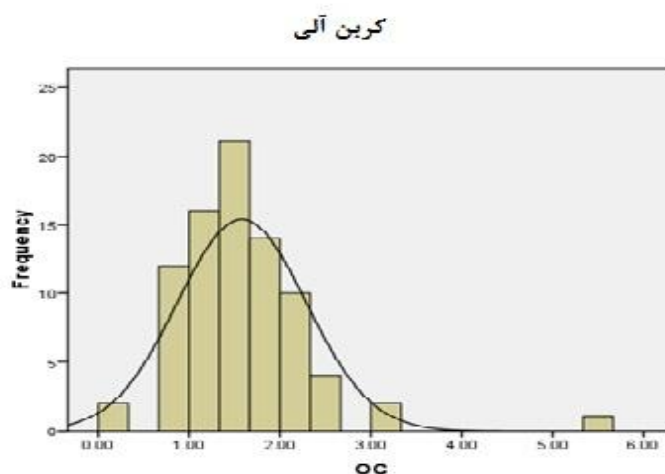
در مطالعه حاضر و در خاکهای نمونه برداری شده، درصد کربن آلی در خاک از حداقل ۰/۲۰ درصد (خاک شماره ۱۰) تا حداکثر ۵/۶۳ درصد (خاک شماره ۲۵) با میانگین ۱/۵۷ درصد تغییر می کند (جدول ۴-۱).

جدول ۳-۴: درجه بندی مقدار کربن آلی خاک (%) (قائمیان، ۱۳۸۴)

درصد کربن آلی خاک	کلاس تناسب اراضی
>۲	خیلی مناسب (S1)
۰/۸ - ۲	مناسب (S2)
<۰/۸	نسبتاً مناسب (S3)

مقدار ضریب تغییرات درصد کربن آلی در خاک ($CV=44/89\%$) حاکی از تغییرپذیری متوسط درصد کربن آلی در منطقه مورد مطالعه است که این امر می تواند ناشی از مصرف کودهای آلی در اراضی زراعی باشد (علیزاده، ۱۳۸۳).

بطور کلی، براساس جدول ۳-۴، ارائه شده توسط مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی و با توجه به فراوانی مقادیر کربن آلی خاکهای منطقه که در شکل ۲-۴ آورده شده است، می توان گفت میزان مواد آلی در خاکهای مورد مطالعه در وضعیت مناسبی قرار دارد.



شکل ۲-۴ فراوانی درصد کربن آلی

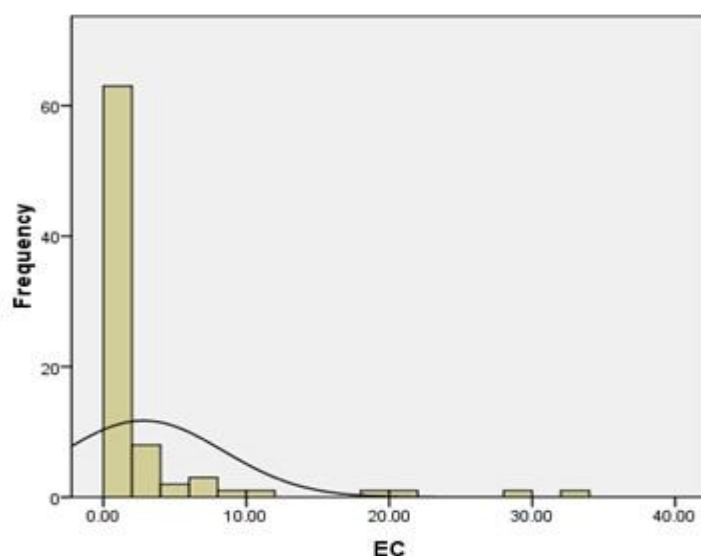
۴-۱-۳- هدایت الکتریکی

بر پایه داده های موجود در جدول ۴-۱، در خاکهای نمونه برداری شده، قابلیت هدایت الکتریکی (EC) خاکها از حداقل ۰/۲ دسی زیمنس بر متر (خاکهای شماره ۱۶ و ۳۹) تا حداکثر ۳۳/۲ دسی زیمنس بر متر (خاک شماره ۳۵) با میانگین ۲/۸ دسی زیمنس بر متر در نوسان است. با بررسی ضریب تغییرات که در جدول ۴-۱ آورده شده است مشخص می شود که درصد ضریب تغییرات EC، ۱۹۹/۱۴، بوده است که در خاک منطقه مورد مطالعه تغییرپذیری زیادی داشته است. با توجه به جدول ۴-۴ ارائه شده توسط مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی (قائمیان، ۱۳۸۴) و نمودار فراوانی داده ها که در شکل ۴-۳ آمده است می توان فهمید که بیش از ۹۰٪ داده ها در تناسب خیلی مناسب قرار دارند (۷۳ عدد از نمونه ها).

جدول ۴-۴ درجه بندی مقدار هدایت الکتریکی خاک (دسی زیمنس بر متر) (قائمیان، ۱۳۸۴)

هدایت الکتریکی خاک	کلاس تناسب اراضی
۰-۶	خیلی مناسب (S1)
۶-۹	مناسب (S2)
۹-۱۴	نسبتاً مناسب (S3)
۱۴-۱۸	نامناسب کنونی (N2)
>۱۸	نامناسب همیشگی (N1)

هدایت الکتریکی



شکل ۳-۴ فراوانی میزان هدایت الکتریکی

تغییرپذیری بیشتر EC در خاکهای نمونه برداری شده می تواند مربوط به عملیات شخم، آبیاری، نزدیکی به دریاچه ارومیه و نیز پستی و بلندی باشد. بیشتر بودن میزان EC در خاکهای نزدیک دریاچه ارومیه را می توان به اثر آب دریاچه ارومیه، بادهایی که از سمت دریاچه ارومیه به سمت ساحل وزیده می شود و همچنین به پستی آن منطقه نسبت داد. در اراضی که مکرراً آبیاری می شوند نفوذ عمقی آب منجر به بالا آمدن آب زیر زمینی می شود. با تبخیر آب از سطح خاک، نمک در پروفیل خاک و مخصوصاً در لایه های نزدیک سطح تجمع می یابد (Ghassemi et al., 1995)؛ (Borlaug and Dowsell, 2000).

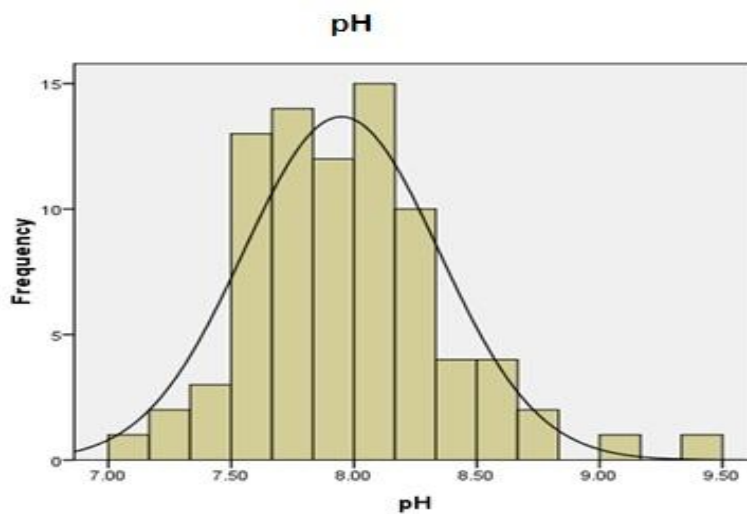
در مزارعی که به خوبی مسطح نشده اند، وقتی که آب در نقاط پست تر مزرعه به مدت زیاد تجمع یابد مستقیماً تبخیر شده و نمک را بر روی سطح خاک بجا می گذارد. تکرار این عمل منجر به ایجاد و گسترش مناطق شور در سطح مزارع می گردد (مؤمنی، ۱۳۸۴).

۴-۱-۴- واکنش خاک

pH خاک یکی از مهمترین عوامل در تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان می باشد. اثر pH خاک به دو شیوه، اثر مستقیم pH در میزان حلالیت عناصر مغذی گیاه در خاک و اثر غیر مستقیم pH بر فعالیت موجودات ذره بینی و جذب سطحی عناصر توسط ریشه، در عملکرد گیاهان زراعی مؤثر می باشد. مناسبترین pH برای حلالیت اکثر عناصر غذایی، به ویژه فسفر، بین ۶ تا ۷ است (ملکوتی و نفیسی، ۱۳۸۴). در pH های بالاتر از ۷، که عموماً یونهای کلسیم و منیزیم فعال فراوانی وجود دارند، ترکیبات نامحلول فسفاتهای کلسیم و منیزیم به وجود می آید که قابلیت جذب فسفر را تحت تأثیر قرار می دهد (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). از آنجایی که بیشتر قارچها در واکنش های اسیدی و باکتریها در واکنش های نزدیک به خنثی فعالتر و در شکستن و تجزیه مواد آلی مؤثرترند، لذا pH نزدیک به خنثی که هر دو گروه در این pH نسبتاً فعالند، نیز مناسبترین حالت برای تجزیه مواد آلی و آزاد نمودن نیتروژن در مرحله اول و فسفر، گوگرد و بعضی عناصر ریزمغذی در مرحله دوم می باشد (ملکوتی و نفیسی، ۱۳۸۴).

جدول ۴-۵ درجه بندی میزان pH (قائمیان، ۱۳۸۴)

کلاس تناسب اراضی	pH خاک
خیلی مناسب (S1)	۷/۸-۷
مناسب (S2)	۷-۶
نسبتاً مناسب (S3)	۸-۷/۸
	۵/۵-۶
	۸/۲-۸
نامناسب کنونی (N2)	۵/۲-۵/۵
	۸/۵-۸/۲
نامناسب همیشگی (N1)	<۵/۲
	>۸/۲



شکل ۴-۴ فراوانی میزان pH

نتایج حاصل از آنالیز خاکهای نمونه برداری شده که در جدول ۴-۱ آورده شده است نشان می‌دهد که دامنه pH در نمونه های خاک از ۷ (خاک شماره ۲۸) تا ۹/۴۰ (خاک شماره ۴) با میانگین ۷/۹۴ متغیر می باشد. درصد ضریب تغییرات خاکهای نمونه برداری شده ۵ درصد است که نشان از تغییرپذیری کم این ویژگی را در خاکهای مورد مطالعه نشان می دهد. با توجه به جدول ۴-۵، ارائه شده توسط مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی (قائمیان، ۱۳۸۴) و نمودار فراوانی میزان pH در شکل ۴-۴ می توان گفت که به طور کلی خاک منطقه مورد مطالعه دارای pH بیش از خنثی است و احتمال کمبود عناصر کم مصرف به ویژه آهن نیز وجود خواهد داشت. همچنین می تواند باعث ایجاد ترکیبات نامحلول فسفات های کلسیم و منیزیم شود. (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳).

۴-۱-۵- فسفر قابل استفاده

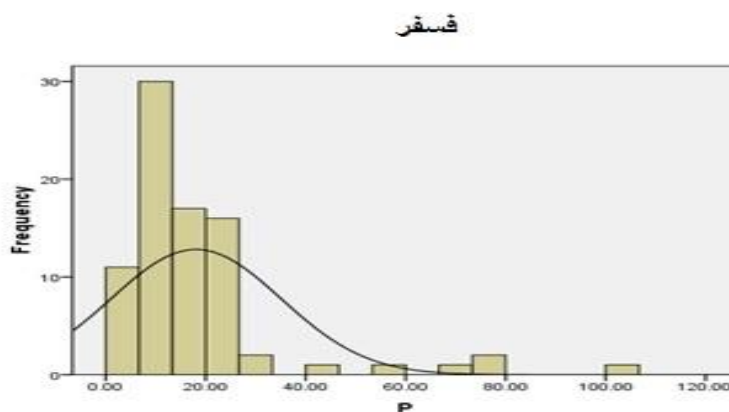
نتایج حاصل از اندازه گیری فسفر به روش اولسن، در خاکهای نمونه برداری شده در جدول ۴-۱، نشان می دهد که حداقل فسفر قابل استفاده در خاک ۲/۳۰ میلی گرم در کیلوگرم (خاک شماره ۸۲)

و حداکثر ۱۰/۱۰۵ میلی گرم در کیلوگرم (خاک شماره ۳۵) با میانگین ۱۸/۰۸ میلی گرم در کیلوگرم و ضریب تغییرات آن ۹۴/۱۰٪ می باشد.

با توجه به اینکه حد کفایت فسفر در جدول ۴-۶ برای گندم ۱۰ تا ۱۷ میلی گرم در کیلوگرم خاک تعیین شده است (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹)، لذا مطابق اطلاعات حاصله و نمودار فراوانی مقدار فسفر قابل استفاده که در شکل ۴-۵ آمده است میزان این عنصر در بیشتر خاکهای مورد مطالعه بیشتر از ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم است و در محدوده زیاد قرار دارد و در برخی مناطق نیاز به مصرف این عنصر بصورت کود وجود دارد.

جدول ۴-۶ حدود کفایت، کمبود متوسط و شدید فسفر قابل استفاده (mg/kg) (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹)

حدود	فسفر (mg/kg)
حد کفایت	۱۷-۱۰
کمبود متوسط	۱۰-۵
کمبود شدید	<۵



شکل ۴-۵ فراوانی فسفر قابل استفاده به روش اولسن

از آنجا که در خاکهای زراعی امکان از دست رفتن فسفر از لایه های خاک از طریق آبشویی تقریباً وجود ندارد (سالار دینی، ۱۳۸۸)، لذا علت افزایش فسفر قابل استفاده در لایه سطحی خاکها می تواند

منابع افزایش فسفر به خاک باشد. یکی از منابع افزایش فسفر به خاک ماده آلی است (مؤمنی و همکاران، ۱۳۸۴). همچنین افزایش فسفر خاک سطحی می تواند در اثر افزایش کودهای شیمیایی باشد که کشاورزان هرساله مقادیری بیش از حد توصیه شده کارشناسی، به خاکهای زراعی اضافه می نمایند (مؤمنی و همکاران، ۱۳۸۴).

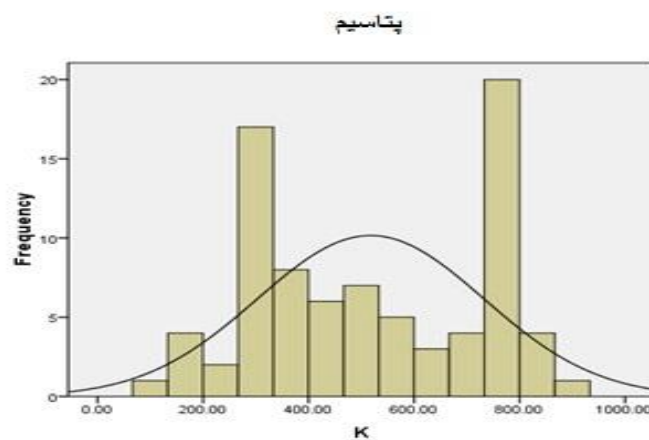
بر اساس نتایج تحقیقات Barber (1984) چنانچه فسفر قابل استفاده اولیه خاک بالا باشد، گیاه بخش بیشتری از نیاز فسفره خود را از طریق فسفر موجود در خاک تأمین نموده و اتکای کمتری به فسفر کود دارد. برعکس، زمانی که خاک از نظر فسفر قابل استفاده فقیر باشد، گیاه ناچار قسمت اعظم نیاز فسفره خود را از طریق کود تأمین می نماید و در اینصورت بازیافت فسفر از کود بیشتر خواهد بود.

۴-۱-۶- پتاسیم قابل استفاده

با بررسی نتایج حاصل از آنالیزآماری خاکهای نمونه برداری شده در جدول ۴-۱ و با توجه به اینکه حد کفایت پتاسیم در جدول ۴-۷، برای گندم ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک تعیین شده است (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹) مشخص می گردد که مقدار پتاسیم قابل استفاده در نمونه های خاک از حداقل ۱۰۰/۱۲ میلی گرم در کیلوگرم (خاک شماره ۸۲) تا حداکثر ۸۶۸/۶۱ میلی گرم در کیلوگرم (خاک شماره ۶۲) با میانگین ۵۱۷/۷۲ میلی گرم در کیلوگرم در تغییر می باشد. درصد مقدار ضریب تغییرات نشان می دهد که میزان تغییرپذیری این عنصر در خاک ۴۱/۴۶ درصد بوده است و تغییرپذیری متوسط دارد (جدول ۴-۱) با توجه به این امر و نیز نمودار فراوانی پتاسیم قابل استفاده که در شکل ۴-۶ آمده است می توان گفت که بیشتر نمونه های خاک اندازه گیری شده در حد کفایت دارای این عنصر میباشند و فقط در برخی نقاط نیاز به مصرف کود پتاسیم می باشد.

جدول ۴-۷ حدود کفایت، کمبود متوسط و شدید پتاسیم قابل استفاده (mg/kg) (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹)

پتاسیم (mg/kg)	حدود
۳۰۰-۲۵۰	حد کفایت
۲۵۰-۱۵۰	کمبود متوسط
<۱۵۰	کمبود شدید



شکل ۴-۶ فراوانی پتاسیم قابل استفاده

تغییرپذیری بیشتر پتاسیم در خاک، علاوه بر سطح مصرف کودهای آلی و شیمیایی، می تواند مربوط به بیشتر بودن مواد آلی در خاک سطحی نیز باشد که سبب افزایش پتاسیم قابل استفاده و تغییرپذیری بیشتر آن در خاک سطحی شده است.

افزودن کودهای آلی نیز سبب افزایش پتاسیم قابل استفاده گیاه می گردد و بیشتر بودن مواد آلی در خاکهای نمونه برداری شده مؤید این مطلب است. همچنین تغییرپذیری بیشتر پتاسیم در خاکهای نمونه برداری شده می تواند ناشی از خصوصیات ذاتی خاک (مانند مواد مادری و نوع کانیها) و همچنین کیفیت آب آبیاری باشد (ایوبی و خرمالی، ۱۳۸۷). بالا بودن غلظت پتاسیم قابل جذب گیاه در خاک نیز می تواند در دراز مدت باعث شوری خاک شود (فائزنی و همکاران، ۱۳۸۷).

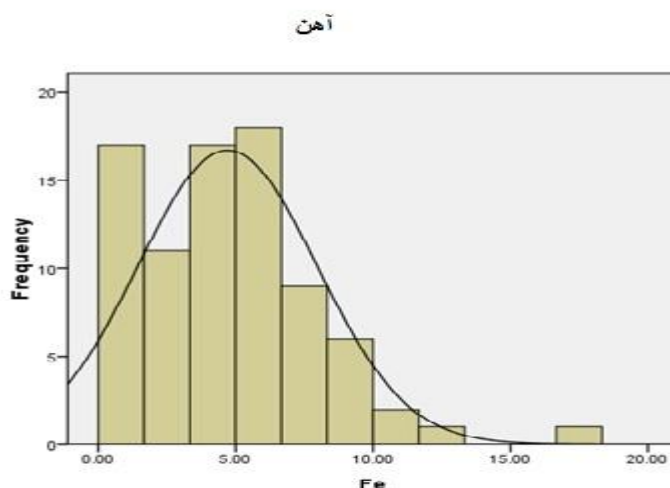
۴-۱-۷- آهن قابل استخراج با DTPA

نتایج حاصل از اندازه گیری آهن قابل استفاده که به روش عصاره گیر DTPA استخراج و با دستگاه جذب اتمی قرائت شدند، در خاکهای نمونه برداری شده در جدول ۴-۱، نشان می دهد که حداقل آهن قابل استفاده در خاک ۰/۱۴ میلی گرم در کیلوگرم (خاکهای شماره ۱ و ۶۰) و حداکثر آن ۱۸/۲۰ میلی گرم در کیلوگرم (خاک شماره ۷۸) با میانگین ۴۴/۷۰۴۶ میلی گرم در کیلوگرم و درصد ضریب تغییرات آنها به ترتیب ۶۹/۳۰٪ می باشد.

آهن از عناصر غذایی ضروری کم مصرف برای گیاهان است. حلالیت کانیهای حاوی آهن با افزایش pH خاک کاهش می یابد (Dekock, 1955). لوپرت و هالمارک (۱۹۸۵) گزارش کردند که عوامل خاکی مانند pH، اکسیدهای بی شکل، ماده آلی، مقدار کربنات کلسیم، نمکهای محلول و پتانسیل اکسایش و کاهش در حلالیت آهن تاثیر بسزایی دارند. Shuman (1988) نشان داد که با افزایش pH ناشی از افزودن آهک به خاک، شکل های تبادل و آلی آهن کاهش یافت.

جدول ۴-۸ حدود کفایت، کمبود متوسط و شدید آهن قابل استخراج با DTPA (mg/kg) (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹)

حدود	آهن (mg/kg)
حد کفایت	۲۰-۱۰
کمبود متوسط	۱۰-۵
کمبود شدید	<۵



شکل ۴-۷ فراوانی آهن قابل استخراج با DTPA

با توجه به حد کفایت آهن که در جدول ۴-۸ برای گندم ۱۰ تا ۲۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک تعیین شده است (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹) و همچنین نمودار میزان فراوانی آهن قابل استفاده که در شکل ۴-۷ آمده است، مشخص می گردد که میزان آهن در خاک‌های مورد بررسی در بیشتر نواحی کمتر از حد کفایت بوده و در حد کمبود متوسط و شدید قرار دارد که می توان دلیل کمبود آن را به میزان pH بالا و میزان کربنات کلسیم بالا ربط داد.

۴-۱-۸- روی قابل استخراج با DTPA

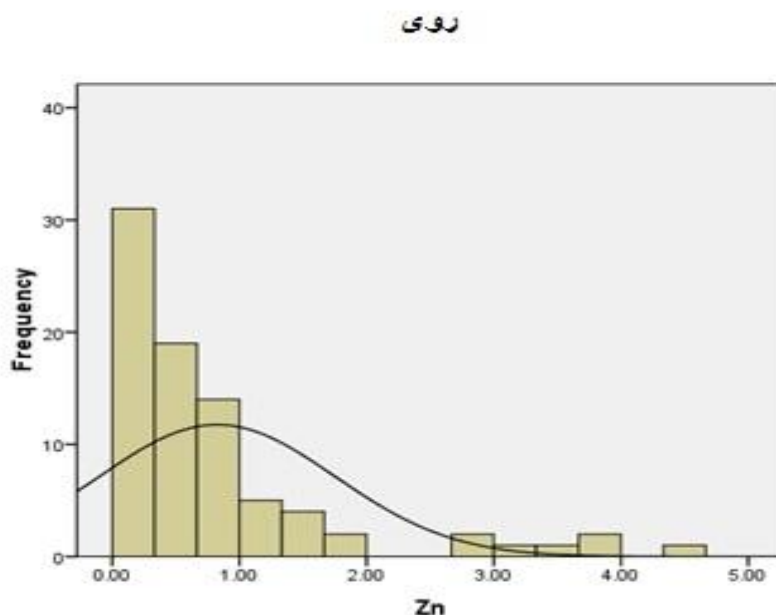
نتایج حاصل از اندازه گیری روی که به روش عصاره گیر DTPA استخراج و با دستگاه جذب اتمی قرائت شدند، در خاکهای نمونه برداری شده در جدول ۴-۱، نشان می دهد که حداقل روی در خاک ۰/۱۲ میلی گرم در کیلوگرم (در خاک شماره ۶۷) و حداکثر آن ۴/۵۸ میلی گرم در کیلوگرم (خاک شماره ۳۴) با میانگین ۰/۸۲ میلی گرم در کیلوگرم و درصد ضریب تغییرات آن ۱۱۲/۴۵٪ می باشد. با توجه به اینکه حد کفایت روی برای گندم ۲ تا ۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک تعیین شده است و در

جدول ۴-۹ آورده شده است (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹) و همچنین با توجه به نمودار فراوانی روی در

شکل ۴-۸ می‌توان گفت بیشتر نمونه‌های مورد مطالعه دارای کمبود روی می‌باشند.

جدول ۴-۹ حدود کفایت، کمبود متوسط و شدید روی قابل استخراج با DTPA (mg/kg) (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹)

حدود	روی (mg/kg)
حد کفایت	۵-۲
کمبود متوسط	۲-۱
کمبود شدید	<۱



شکل ۴-۸ فراوانی روی

Welch et al (1991) بیان کردند که کمبود عناصر کم مصرف در اراضی زیرکشت غلات گسترش

جهانی دارد و میلیونها هکتار از اراضی قابل کشت دنیا، دارای کمبود یک یا چند عنصر غذایی کم

مصرف هستند. فائو در گزارش جامع از ۳۰ کشور جهان که توسط Sillanpä, (1982) تهیه شد اعلام

نمود که بیش از ۳۰ درصد خاکهای این مناطق به کمبود روی مبتلا هستند.

نتایج تجزیه خاکهای زراعی ترکیه (بیش از ۶۰ درصد) و بیشتر خاکهای کشاورزی ایران، مؤید آن است که کمبود روی در این خاکها بدلائل متعددی از جمله آهکی بودن خاکهای زراعی، pH بالا، حضور بی کربنات فراوان در آبهای آبیاری، مصرف فراوان و بیش از نیاز کودهای فسفاته و نهایتاً عدم رواج مصرف کودهای محتوی روی عمومیت دارد. اثرات کمبود روی در این خاکها، بویژه خاکهای آهکی در کاهش تولیدات کشاورزی مخصوصاً در غلات در اکثر کشورهای جهان از جمله هندوستان، چین، استرالیا، ترکیه و بالاخره ایران مشهود است (ملکوتی و نفیسی، ۱۳۶۷).

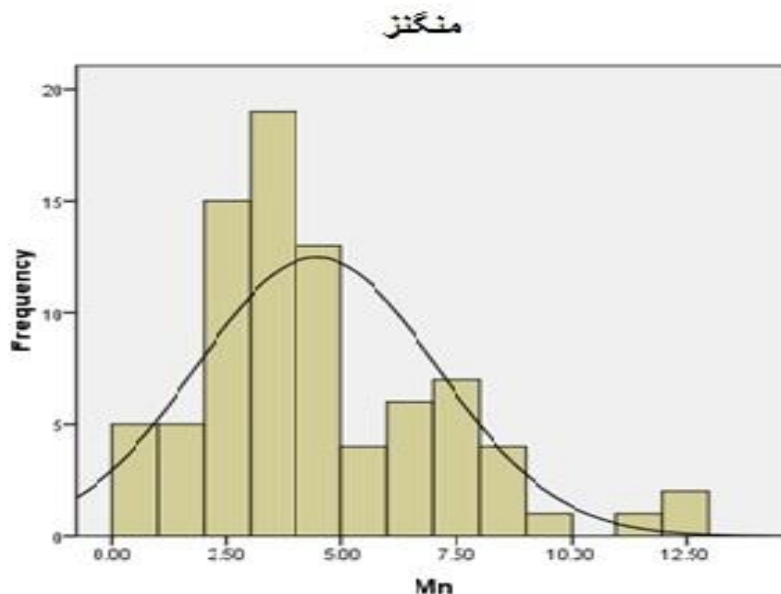
۴-۱-۹- منگنز قابل استخراج با DTPA

منگنز یک عنصر غذایی ضروری برای گیاهان است. این عنصر در فعال نمودن آنزیمهای مختلفی در گیاه نقش داشته، در متابولیسم کربوهیدراتها، آمینو اسیدها و پدیدههای فتوشیمیایی نقش مهمی ایفا می کند (سالاردینی، ۱۳۶۶). کریمیان و غلامعلی زاده آهنگر (۱۹۹۵) دریافتند که بین منگنز نگهداری شده در خاک و ویژگیهای خاک مانند ظرفیت تبادل کاتیونی، ماده آلی و کربنات کلسیم معادل رابطه مثبت و معنی داری وجود دارد. کاشی راد (۱۳۵۵) تاثیر مفید منگنز به کار رفته در خاک باجگاه استان فارس را بر عملکرد گندم گزارش کرد.

با توجه به نتایج حاصل از اندازه گیری منگنز در خاکهای نمونه برداری شده که به روش عصاره گیر DTPA استخراج و با دستگاه جذب اتمی قرائت شدند و در جدول ۴-۱ نشان داده شده است حداقل منگنز در خاک ۰/۴۴ میلی گرم در کیلوگرم (خاک شماره ۷۳) و حداکثر آن ۱۲/۷۲ میلی گرم در کیلوگرم (خاک شماره ۶۳) با میانگین ۴/۴۵ میلی گرم در کیلوگرم و درصد ضریب تغییرات آن ۵۸/۸۳٪ می باشد و با توجه به اینکه حد کفایت منگنز برای گندم ۸ تا ۱۲ میلی گرم در کیلوگرم خاک تعیین شده است و در جدول ۴-۱ آورده شده است (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹) و همچنین با توجه به نمودار فراوانی روی در شکل ۴-۹ می توان گفت بیشتر نمونههای مورد مطالعه دارای کمبود منگنز می باشند.

جدول ۴-۱۰ حدود کفایت، کمبود متوسط و شدید منگنز قابل استخراج با DTPA (mg/kg) (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹)

حدود	منگنز (mg/kg)
حد کفایت	۱۲-۸
کمبود متوسط	۲-۸
کمبود شدید	<۲



شکل (۴-۹) فراوانی منگنز قابل استخراج با DTPA

۲-۴- بررسی همبستگی بین متغیرها

یکی از مهمترین خصوصیات داده های علوم زمین ارتباط و وابستگی های موجود بین متغیرهای مختلف می باشد که می تواند در تخمین بهتر یکی از متغیرها در نقاط مجهول مورد استفاده قرار گیرد (فاضلی سنگانی، ۱۳۸۸؛ محمد عسگری، ۱۳۸۶). ضریب همبستگی^۱ روشی آماری جهت اندازه گیری شدت یا میزان ارتباط خطی بین دو متغیر است. ضریب همبستگی را با r نشان داده و به گونه ای تعریف شده که دامنه آن بین ۱- تا ۱ تغییر می کند. مقادیر نزدیک به ۱ نشان از همبستگی مثبت (با کاهش یا افزایش یک متغیر، متغیر دیگر نیز کاهش یا افزایش می یابد) و مقادیر نزدیک به -۱ نشان از

1- Correlation Coefficient

همبستگی منفی بین دو متغیر دارند (با افزایش یک متغیر، دیگری کاهش می‌یابد و به عکس)، در حالی که هر قدر این مقادیر به صفر نزدیک‌تر شوند، از قدرت همبستگی بین دو متغیر کاسته می‌شود، به طوری که در نقطه صفر دو متغیر هیچ رابطه‌ای با یکدیگر ندارند. در مطالعه ارتباط بین دو متغیر، باید میان مفهوم همبستگی و رابطه علت و معلولی بین آنها تفاوت گذاشت. وقتی بین دو متغیر ارتباط وجود دارد، لازم نیست حتماً یکی از آنها علت دیگری باشد. به عبارت دیگر اگر همبستگی بین دو متغیر معنی دار باشد، نشان دهنده رابطه قوی بین آنهاست و دلیل علت و معلولی نیست (گراوند، ۱۳۸۹). در تعیین همبستگی‌ها در این مطالعه، از روش همبستگی پیرسون و توسط نرم افزار آماری SPSS. ۱۶، ضریب همبستگی داده‌ها محاسبه گردیدند (Acosta et al., 2007). نتایج آن در جدول ۴-۱۱ آمده است. با توجه به جدول هیچ همبستگی معنادار منفی بین عناصر و ویژگی‌های خاک وجود ندارد. همبستگی مثبت معنا دار ما بین آهک با واکنش خاک، آهک با کربن آلی، آهک با پتاسیم، هدایت الکتریکی با فسفر، هدایت الکتریکی با روی، فسفر با روی و آهن با منگنز وجود دارد که هدایت الکتریکی با فسفر، آهک با کربن آلی، فسفر با روی و آهن با منگنز در سطح ۱ درصد معنا دار می‌باشد و آهک با واکنش خاک، آهک با پتاسیم و هدایت الکتریکی با روی در سطح ۵ درصد معنا دار می‌باشد.

جدول ۴-۱: ماتریکس همبستگی خصوصیات خاک در منطقه مورد مطالعه به روش پیرسون

		pH	EC	OC	TNV	P	K	Fe	Zn	Mn
pH	Pearson Correlation	1								
	Sig. (2-tailed)									
EC	Pearson Correlation	-.039	1							
	Sig. (2-tailed)	.727								
OC	Pearson Correlation	-.014	-.096	1						
	Sig. (2-tailed)	.902	.393							
TNV	Pearson Correlation	.279*	.189	.297**	1					
	Sig. (2-tailed)	.011	.089	.007						
P	Pearson Correlation	-.087	.753**	-.195	.203	1				
	Sig. (2-tailed)	.435	.000	.078	.068					
K	Pearson Correlation	.167	.167	-.139	.243*	.077	1			
	Sig. (2-tailed)	.133	.135	.213	.028	.490				
Fe	Pearson Correlation	.042	-.113	.081	.010	-.028	.096	1		
	Sig. (2-tailed)	.710	.312	.472	.929	.802	.390			
Zn	Pearson Correlation	-.195	.260*	-.118	-.136	.389**	-.027	.115	1	
	Sig. (2-tailed)	.080	.018	.290	.223	.000	.807	.303		
Mn	Pearson Correlation	.077	-.045	-.052	-.044	.051	.188	.762**	.155	1
	Sig. (2-tailed)	.494	.689	.641	.692	.648	.091	.000	.165	

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

۳-۴- بررسی زمین آماری مجموعه داده های تحقیق

روشهای متداول آمار کلاسیک، موقعیت مکانی نمونه های برداشت شده از محیط را در نظر نمی گیرد و هیچگونه ارتباط ریاضی این تغییرات مکانی داده ها به عنوان تابعی از فاصله برقرار نمی شود. امروزه محققان از روشهای زمین آماری جهت ارزیابی توزیع مکانی خصوصیات خاک استفاده می کنند. در زمین آمار می توان بین مقادیر یک کمیت در جامعه نمونه ها و فاصله جهت قرار گرفتن نمونه ها نسبت به یکدیگر ارتباط برقرار کرد. بنابراین در این روش ابتدا به بررسی وجود یا عدم وجود ساختار مکانی بین داده ها پرداخته می شود و در صورت وجود ساختار مکانی، تحلیل داده ها انجام می شود (جعفری و همکاران، ۱۳۸۷). این روش قادر به تهیه نقشه های کمی با دقت معلوم در مورد خواص خاک و تغییرپذیری تولید می باشد (Jiachun et al., 2006؛ Yi-chang et al 2009). لذا در این تحقیق تغییرپذیری مکانی پارامترهای مورد مطالعه بر اساس تکنیکهای زمین آماری (کریجینگ) مورد بررسی قرار گرفت.

۳-۴-۱- آزمون نرمال بودن توزیع داده ها

درپدازش های زمین آماری نرمال بودن داده ها بایستی مورد تأیید واقع شود تا بتوان سایر آنالیزها را انجام داد. اگرچه توزیع نرمال داده ها، شرط لازم و ضروری پردازش های زمین آماری نمی باشد، لیکن در صورت نرمال بودن داده ها تخمین های زمین آماری می توانند از دقت بالاتری برخوردار باشند (افشار و همکاران، ۱۳۸۸؛ محمد زمانی و همکاران، ۱۳۸۶). با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرونوف نرمال بودن داده ها بررسی شد و مشخص گردید که پراکنش داده ها برای متغیرهای کربن آلی، هدایت الکتریکی، واکنش خاک، فسفر، پتاسیم، آهن، روی و منگنز نرمال نیست. (جدول ۴-۱۲). لذا برای متغیرهایی که شرایط نرمال بودن را نداشتند با گرفتن لگاریتم از داده ها، توزیع آنها نرمال شد.

جدول ۴-۱۲: آزمون نرمال بودن توزیع داده ها به روش کولموگروف – اسمیرونوف

پارامتر	Statistic	Sig.
کربنات کلسیم	۰/۷۷	۰/۲۰۰
کربن آلی	۰/۱۱۸	۰/۰۰۶
هدایت الکتریکی	۰/۳۴۷	۰/۰۰۰
واکنش خاک	۰/۱۴۴	۰/۰۰۰
فسفر	۰/۲۵۱	۰/۰۰۰
پتاسیم	۰/۱۶۹	۰/۰۰۰
آهن	۰/۰۹۷	۰/۰۵۳
روی	۰/۲۲۴	۰/۰۰۰
منگنز	۰/۱۳۹	۰/۰۰۰

۴-۳-۲- تجزیه و تحلیل ساختار مکانی

در مطالعه حاضر به منظور بررسی وضعیت همسانگردی متغیرهای مورد مطالعه، نیم تغییر نما در چهار جهت صفر، ۴۵، ۹۰ و ۱۳۵ درجه ترسیم گردید. برای کلیه متغیرها میزان سقف و دامنه تأثیر آنها در جهات مختلف یکسان بود و می توان نتیجه گرفت که این عناصر همسانگردی دارند. همچنین با توجه به آنکه تغییرنمای سطحی (همه جهته) عناصر فوق الذکر یک خط می باشد و در جهات شمالی- جنوبی و غربی- شرقی تغییرات مشابه می باشد وجود همسانگردی تأیید می شود و در نتیجه از تغییرنمای همسانگرد برای محاسبه کریجینگ استفاده شد. محمد زمانی و همکاران (۱۳۸۶) و رفیع الحسینی و محمدی (۱۳۸۰) نیز همسانگردی خصوصیات خاک را گزارش نموده اند. برای برازش مدل به داده های تجربی، مدل های کروی، نمایی، خطی، خطی دارای سقف و گوسی مورد بررسی قرار گرفت و بهترین مدل و پارامترهای آن بدست آمد. پارامترهای تغییرنا خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک در جدول ۴-۱۳ و مدل های برازش شده به آنها در اشکال ۴-۱۰ تا ۴-۱۸ نشان داده شده است.

بررسی آنها نشان دهنده تفاوت در مدل‌های نیم تغییرنما، تغییرات در آستانه، اثر قطعه ای و دامنه تأثیر است. اثر تغییر مدل تغییرنما، تغییر در وزنهای تخصیص داده شده به نمونه های مجاور و دور است و بر دقت تخمین ها اثر زیادی خواهد گذاشت (محمد عسگری، ۱۳۸۶). شایان ذکر است که تمامی این متغیرها دارای ساختار مکانی همراه با مدل‌های سقف‌دار می‌باشند. مدل‌های برازش شده در مورد متغیرهای مورد مطالعه در خاک برای کربنات کلسیم، کربن آلی و واکنش خاک مدل نمایی بوده است، در مورد فسفر، آهن و منگنز، مدل قوسی و برای هدایت الکتریکی، پتاسیم و روی مدل کروی بدست آمده است. مدل های برازش داده شده بر نیم تغییرنمای تجربی از بالاترین ضریب تبیین (R^2) و کمترین میزان مجموع مربعات خطا (RSS) برخوردار بود (رضایی و همکاران، ۱۳۸۹). R^2 مؤید این مطلب است که مدل واریوگرام چقدر توانسته ساختار مکانی متغیرهای خاک را نشان دهد (Zheng et al., 2008).

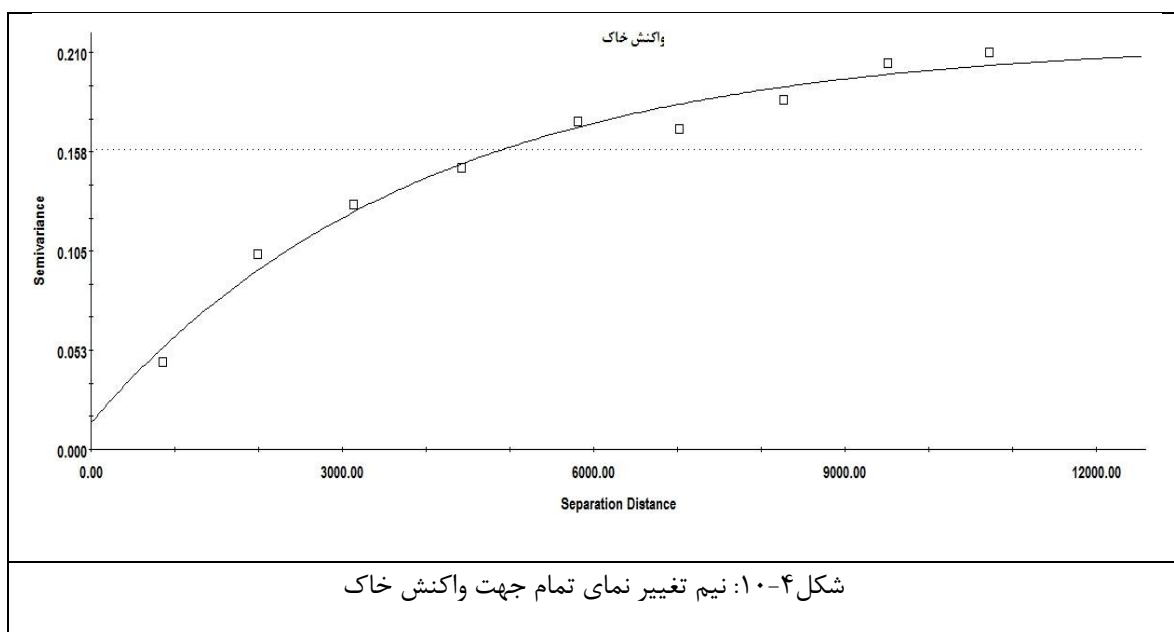
دامنه تأثیر (A)، که نشان دهنده دامنه ای است که ساختار تغییرات متغیر در آن شناخته شده است، مقدار این پارامتر بستگی به الگوی تغییرات مکانی هر خصوصیت در منطقه مورد مطالعه دارد (فاضلی سنگانی، ۱۳۸۸). اختلاف بین دامنه تأثیر خصوصیات مختلف خاک در چندین مطالعه و تحقیق گزارش شده است (Hasmadi Ismail, 2009؛ Yi-chang et al., 2009). افشار و همکاران (۱۳۸۸) دامنه تأثیر ویژگی های مختلف خاک را تابعی از مقیاس مورد مطالعه، فاصله نمونه برداری و موقعیت سیمای اراضی بیان می کنند. برخی از نتایج نشان می دهد دامنه تأثیر به نوع خصوصیت، سیستم کشت و مدیریت منطقه، افق خاک و زمان مطالعه بستگی دارد (فاضلی سنگانی، ۱۳۸۸؛ Grego et al, 2006). تغییر دامنه تأثیر اثرات محسوسی بر مقدار تخمین ندارد هرچند که واریانس در شرایط بکارگیری تغییرنما با دامنه بزرگتر، کاهش می یابد (محمد عسگری، ۱۳۸۶). دامنه تأثیر برای پارامترهای کربن آلی ۲۴۰۰ متر و روی ۱۵۶۳۰ متر به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار را دارا می باشد. دامنه تأثیر متغیرهای کربنات کلسیم معادل، واکنش خاک، هدایت الکتریکی، فسفر، پتاسیم، آهن و منگنز به ترتیب ۸۱۸۰، ۱۱۷۳۰، ۱۰۳۶۰، ۵۳۳۴/۷۱، ۵۶۳۰، ۲۷۵۳/۹۶ و ۳۰۴۸/۴۰ می‌باشد.

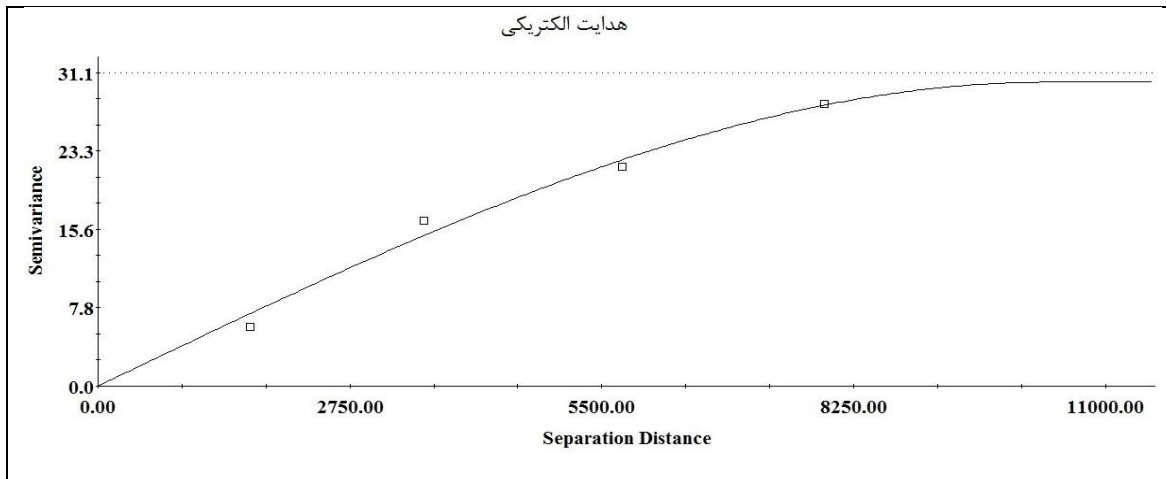
یکی دیگر از معیارهای مهم و قابل تأمل در مطالعات زمین آماری نسبت وابستگی می باشد که از تقسیم واریانس اثرقطعه ای به واریانس کل (حد آستانه) به دست می آید. گاهی اوقات این نسبت در عدد ۱۰۰ ضرب و به صورت درصد بیان می شود. اگر نسبت مزبور کمتر از ۲۵٪ باشد، متغیر دارای کلاس وابستگی مکانی قوی و اگر نسبت بین ۲۵٪ تا ۷۵٪ باشد، آنگاه متغیر مورد نظر دارای کلاس وابستگی مکانی متوسط می باشد. اگر نسبت بیش از ۷۵٪ باشد، متغیر دارای کلاس وابستگی مکانی ضعیف خواهد بود. همچنین در صورتی که نسبت وابستگی در مورد متغیری برابر ۱۰۰٪ گردد یا اینکه شیب منحنی تغییرنا نزدیک به صفر باشد، متغیر مربوطه فاقد وابستگی مکانی خواهد بود و اگر نسبت وابستگی برای متغیری صفر باشد، بیانگر یک وابستگی در پیوستگی مکانی می باشد (Yi-chang et al, 2009؛ Hong-xia and Xiao-min, 2010). Yi-chang et al. (2009) گزارش کردند که وابستگی مکانی قوی ممکن است به وسیله تغییرات ذاتی خصوصیات خاک مانند بافت خاک و نوع کانیهای خاک کنترل گردد و وابستگی مکانی ضعیف تر ممکن است بوسیله تغییرات غیرذاتی مانند کاربرد کود و شخم کنترل شود. از این رو، به طور کلی می توان گفت تفاوت در تغییرپذیری خصوصیات خاک و محصول به تأثیر فرایندهای خاکسازی و مدیریت اراضی در هر منطقه بر می گردد (محمدزمانی و همکاران، ۱۳۸۶). نتایج تحقیقات نظری زاده و همکاران (۱۳۸۲) بر روی ساختار مکانی و تعداد نمونه های خاک مورد نیاز برای میزان فسفر و اسپور میکوریزای آربسکولار نشان می دهد که تغییرات این دو عامل در کشتهای آبی دارای ساختار مکانی و در اراضی دیم از این ویژگی برخوردار نمی باشد. نتایج Lopez-Granados, F et al (2002) نیز نشان داد که در مزرعه مونکولوا متغیرهای رس، مواد آلی و آمونیوم در دو عمق ۱۰-۰ و ۲۵-۳۵ سانتیمتر و متغیرهای شن و ازت نیتراته در خاک سطحی (۱۰-۰ سانتیمتر) وابستگی مکانی نداشته و در عین حال متغیرهای سیلت، فسفر و پتاسیم قابل استفاده در هر دو عمق مورد نظر وابستگی مکانی قوی از خود نشان دادند. براین اساس در خاک مورد مطالعه هدایت الکتریکی، واکنش خاک، فسفر، پتاسیم، آهن، روی و منگنز دارای ساختار مکانی قوی می باشند که این حالت نشان دهنده این است که تغییر خصوصیات ذاتی خاک مانند بافت خاک و نوع کانیهای

خاک تاثیر بیشتری بر تغییر پذیری این ویژگی‌ها در خاک منطقه دارد. کربنات کلسیم و کربن آلی دارای کلاس وابستگی متوسط می‌باشند.

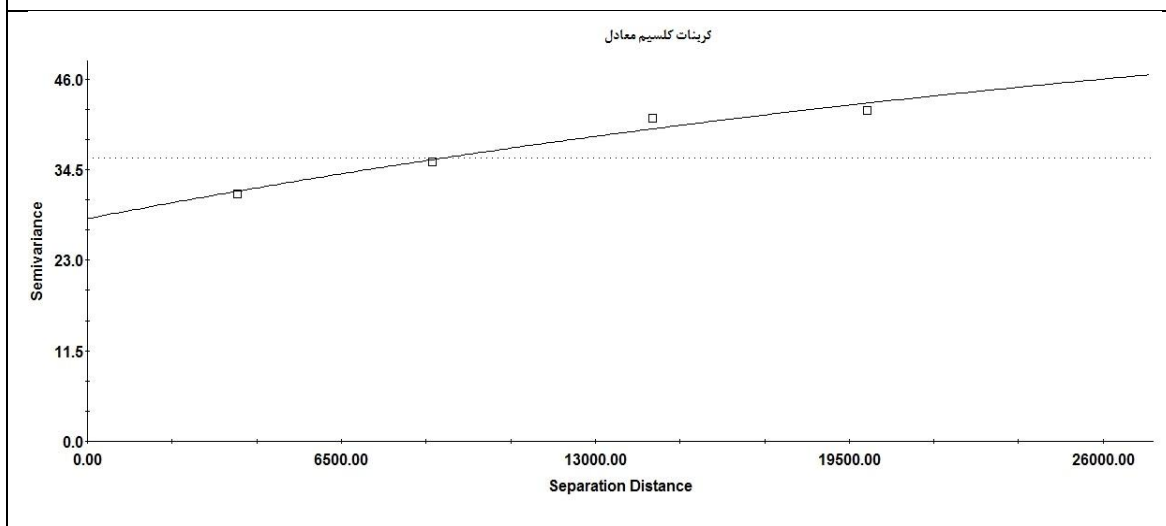
جدول ۴-۱۲: پارامترهای تغییرنمای متغیرهای مورد مطالعه

RSS (RMSE)	R^2	اثرقطعه‌ای	حد آستانه	وابستگی مکانی	دامنه تاثیر (متر)	مدل برازش شده	متغیر
۱/۰۰۰۴	۰/۹۷۹	۰/۰۱۴۲	۰/۲۱۶۴	۰/۰۶۵	۱۱۷۳۰	نمایی	واکنش خاک
۴/۶۲	۰/۹۸۴	۰/۰۱	۳۱/۱۶	۰	۱۰۳۶۰	کروی	هدایت الکتریکی
۲/۸۳	۰/۹۶۲	۲۹/۳۲	۵۸/۰۸	۰/۴۵	۸۱۸۰	نمایی	کربنات کلسیم
۱/۰۰۶۶	۰/۸۰۲	۰/۱۵	۰/۵۹۱	۰/۲۵	۲۴۰۰	نمایی	کربن آلی
۱/۸۴	۰/۹۷۰	۰/۱۰۰	۱۹۹/۱	۰/۰۰۰۵	۵۳۳۴/۷۱	قوسی	فسفر
۱۶۹۳	۰/۹۸۴	۱۰۰	۵۲۰	۰/۱۹۲	۵۶۳۰	کروی	پتاسیم
۴/۲۵	۰/۹۶۲	۰/۰۱۰	۱۱/۹۲	۰/۰۰۰۸	۲۷۵۳/۹۶	قوسی	آهن
۱/۰۰۰۵	۰/۹۹۸	۰/۰۵۲	۱/۰۴۳	۰/۰۴۹	۱۵۶۳۰	کروی	روی
۲/۱۱	۰/۹۷۱	۰/۰۱۰	۷/۱۰۷	۰/۰۰۰۱۴	۳۰۴۸/۴۰	قوسی	منگنز

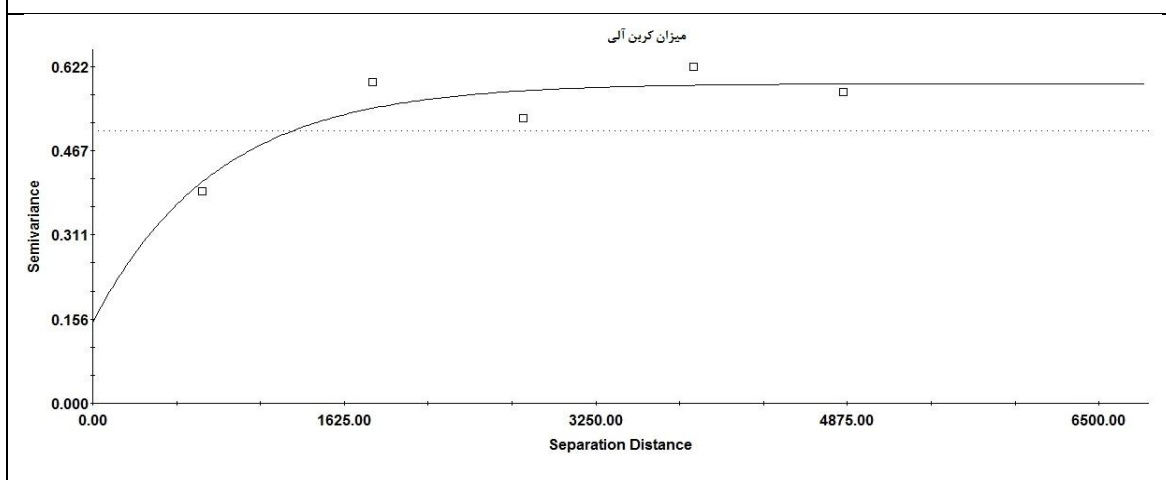




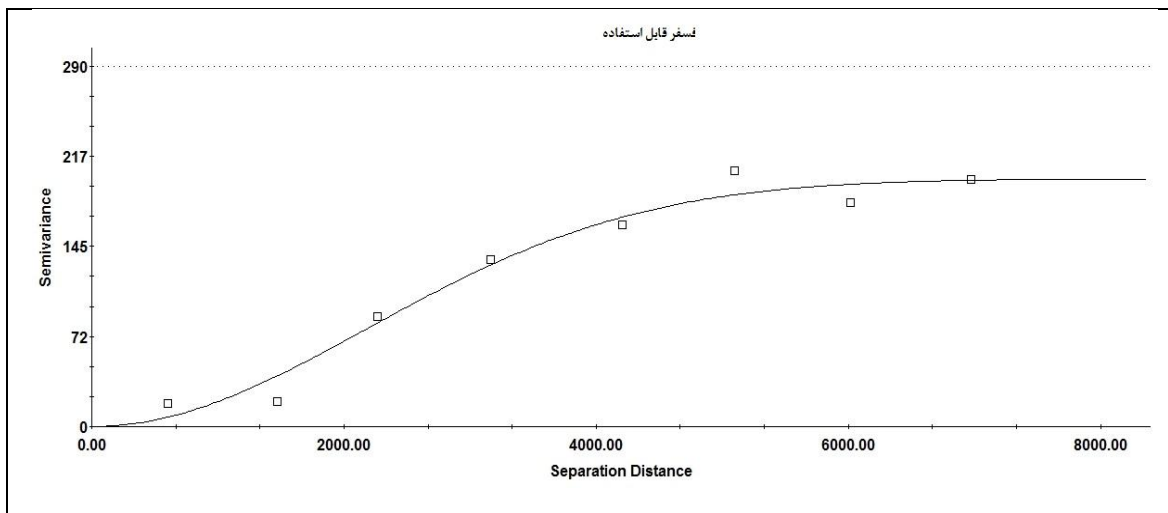
شکل ۴-۱۱: نیم تغییر نمای تمام جهت هدایت الکتریکی



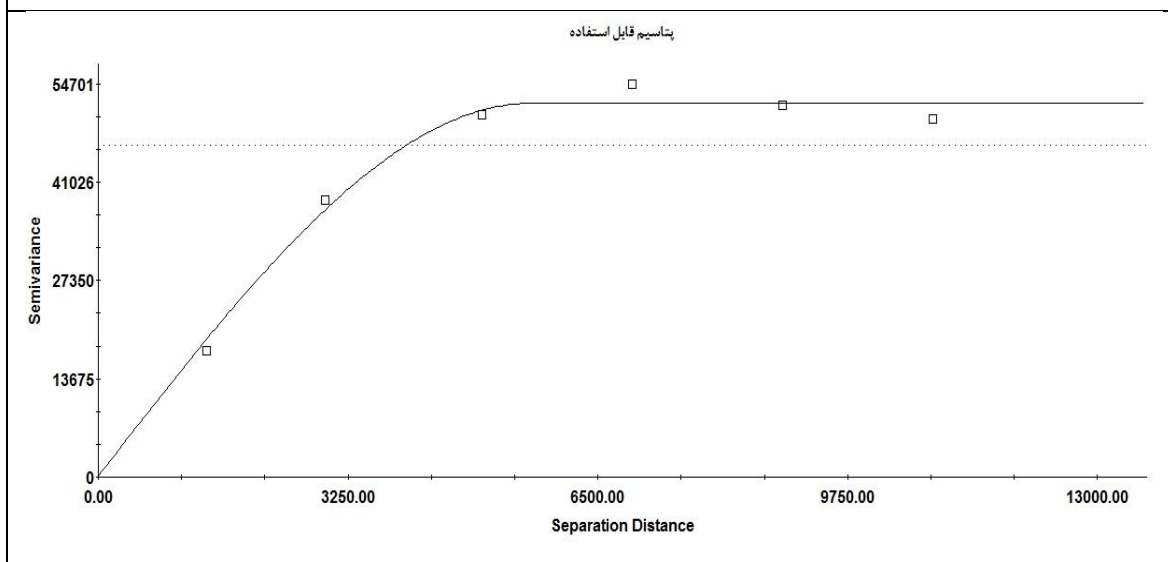
شکل ۴-۱۲: نیم تغییر نمای تمام جهت کربنات کلسیم معادل



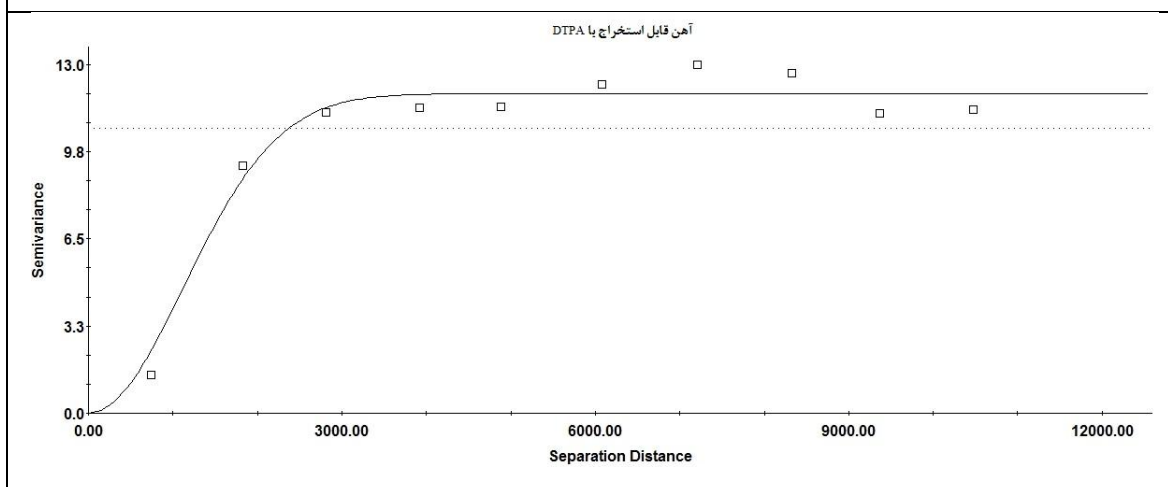
شکل ۴-۱۳: نیم تغییر نمای تمام جهت میزان کربن آلی



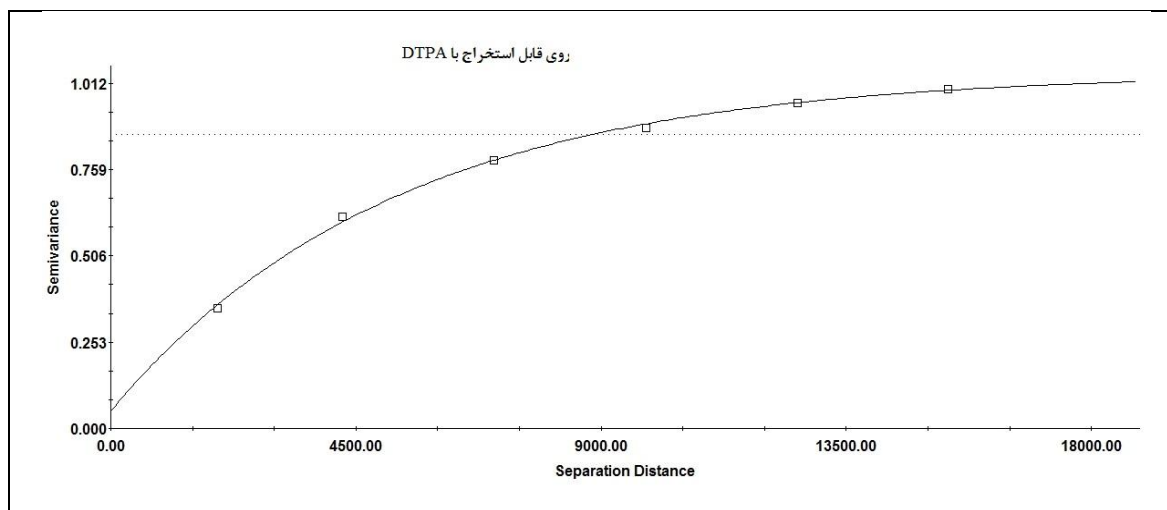
شکل ۴-۱۴: نیم تغییر نمای تمام جهت فسفر قابل استفاده



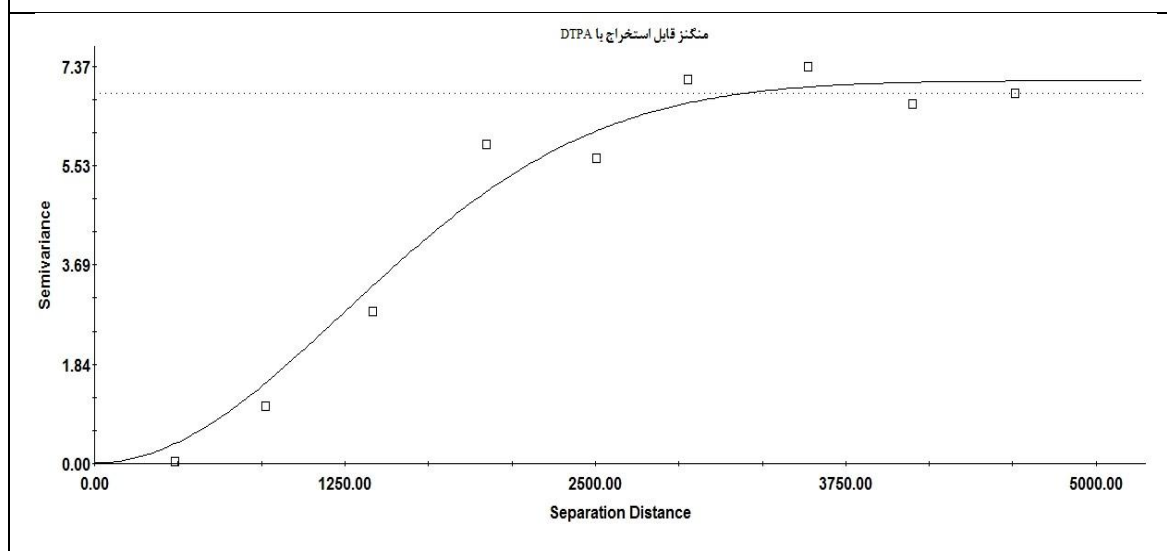
شکل ۴-۱۵: نیم تغییر نمای تمام جهت پتاسیم قابل استفاده



شکل ۴-۱۶: نیم تغییر نمای تمام جهت آهن قابل استخراج با DTPA



شکل ۴-۱۷: نیم تغییر نمای تمام جهت روی قابل استخراج با DTPA



شکل ۴-۱۸: نیم تغییر نمای تمام جهت منگنز قابل استخراج با DTPA

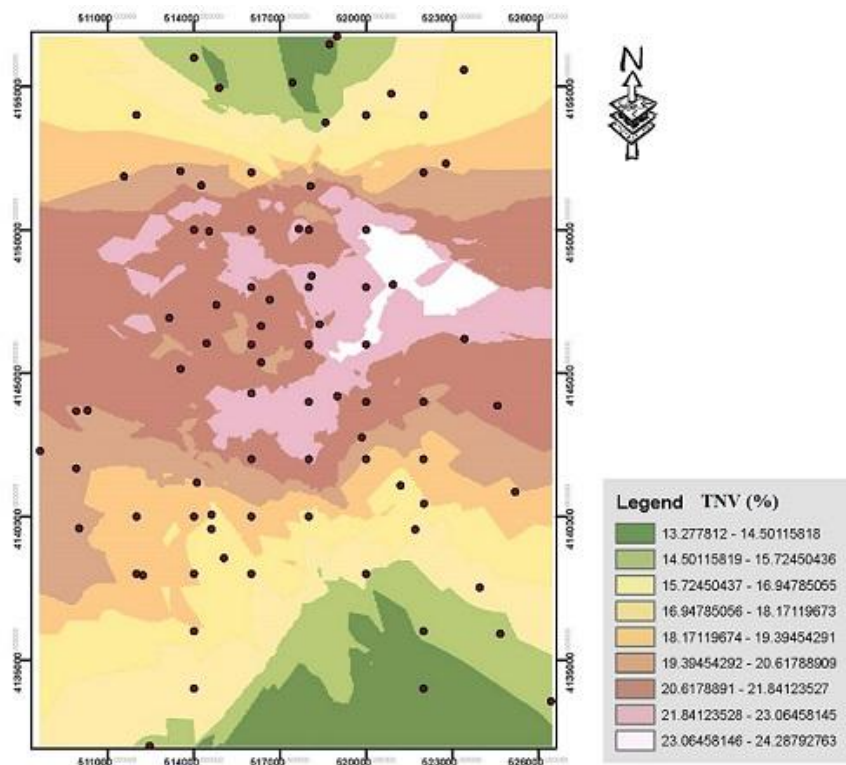
۴-۳-۳- نقشه‌های پهنه بندی عوامل و عناصر مورد بررسی

در روش کشاورزی دقیق، که در آن مدیریت با مقدار متغیر اعمال می‌گردد، نقاطی از مزرعه که در آنها مقدار عناصر غذایی و یا اصلاحی زیر حد بحرانی است کود یا ماده اصلاحی بیشتر و نقاطی که این مواد در حد بهینه قرار داشته باشد کود یا ماده اصلاحی اضافه نمی‌شود در نتیجه مصرف مواد افزودنی به خاک از نظر ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی به سمت بهینه شدن سوق داده می‌شود (لغوی، ۱۳۸۲). تهیه نقشه‌های حاصلخیزی خاک از جنبه‌های زیست

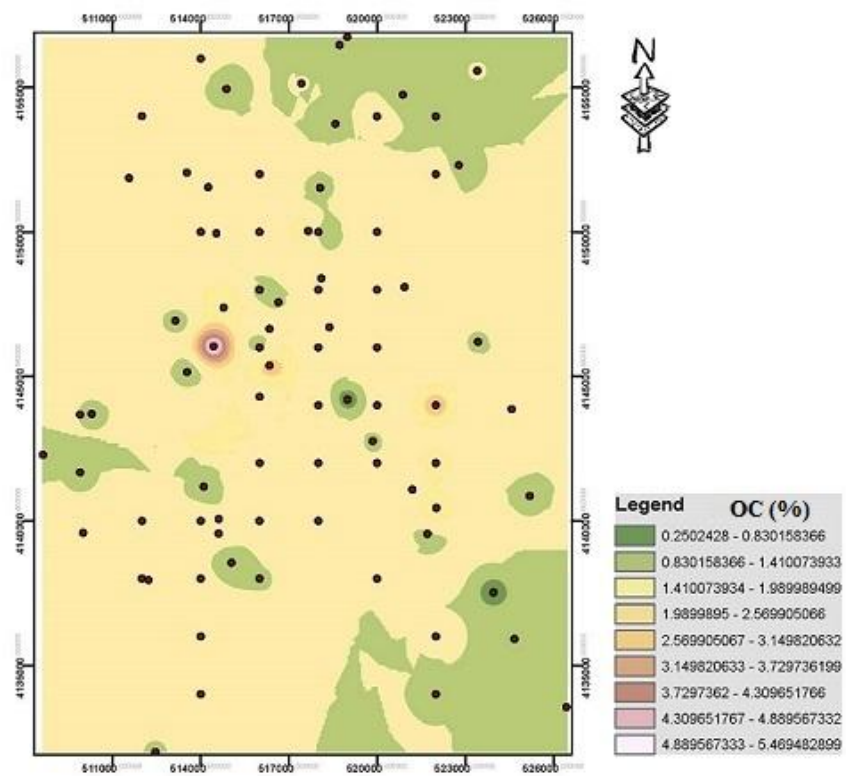
محیطی نیز حائز اهمیت است. در ایران، به دلایل مختلف از جمله ارزان بودن کودهای شیمیایی مصرف آنها بهینه و اصولی صورت نمی‌گیرد و در نتیجه ملاحظات زیست محیطی و جنبه های اقتصادی مصرف کودهای شیمیایی مورد توجه قرار نمی‌گیرد. این موضوع باعث می‌شود که محیط زیست در معرض خطر جدی آلودگی به آلاینده های ناشی از کودهای شیمیایی قرار گیرد. در نتیجه نقشه حاصلخیزی خاک می‌تواند به حفظ محیط زیست و مصرف اقتصادی کودهای شیمیایی کمک نماید (نصرت پور، ۱۳۸۹).

یکی از اهداف تحلیل های زمین آماری و درون یابی، ایجاد حجم بیشتر داده، به منظور پهنه بندی دقیق تر خصوصیات خاک است. پهنه بندی دقیق خصوصیات در راستای اهداف کشاورزی دقیق و مدیریت خاص مکانی است (فاضلی سنگانی، ۱۳۸۸؛ محمد عسگری، ۱۳۸۶؛ Yi-chan et al., 2009). Hasmadi Ismail, M(2009) با استفاده از تکنیک زمین آمار به بررسی توزیع مکانی عناصر ازت، فسفر و پتاسیم خاک و تهیه نقشه خصوصیات حاصلخیزی خاکهای مزارع قهوه مالزی پرداخت.

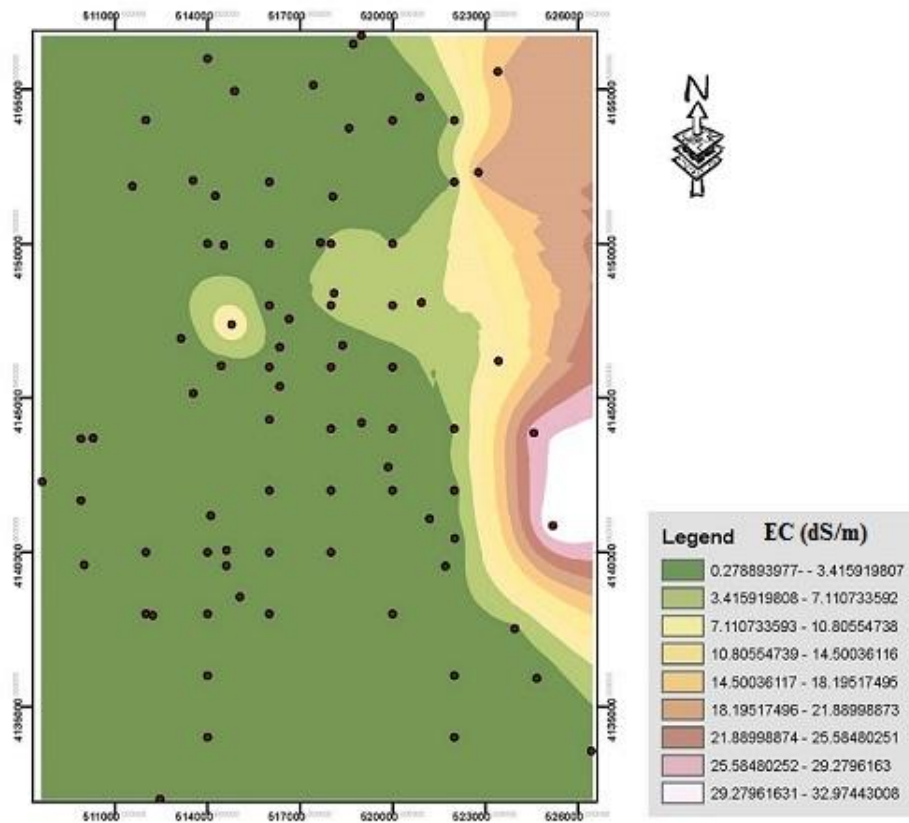
امروزه در کشور ما نیز پژوهشگران زیادی با بکارگیری روشهای مختلف کریجینگ به بررسی تغییرات مکانی خصوصیات حاصلخیزی خاکهای مناطق مختلف پرداخته اند که می‌توان به تهیه نقشه پراکنش خصوصیات حاصلخیزی خاک در منطقه بوکان (رحمانی و همکاران، ۱۳۸۸)، ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام آباد غرب (فاتحی و همکاران، ۱۳۸۸) و دشت ارومیه (سکوتی اسکوئی و قائمیان، ۱۳۸۸) اشاره نمود. در مطالعه حاضر نیز در پایان تحلیل های زمین آماری نقشه پهنه بندی خصوصیات مورد مطالعه با استفاده از تخمینگر کریجینگ تهیه و در اشکال زیر ارائه شده است.



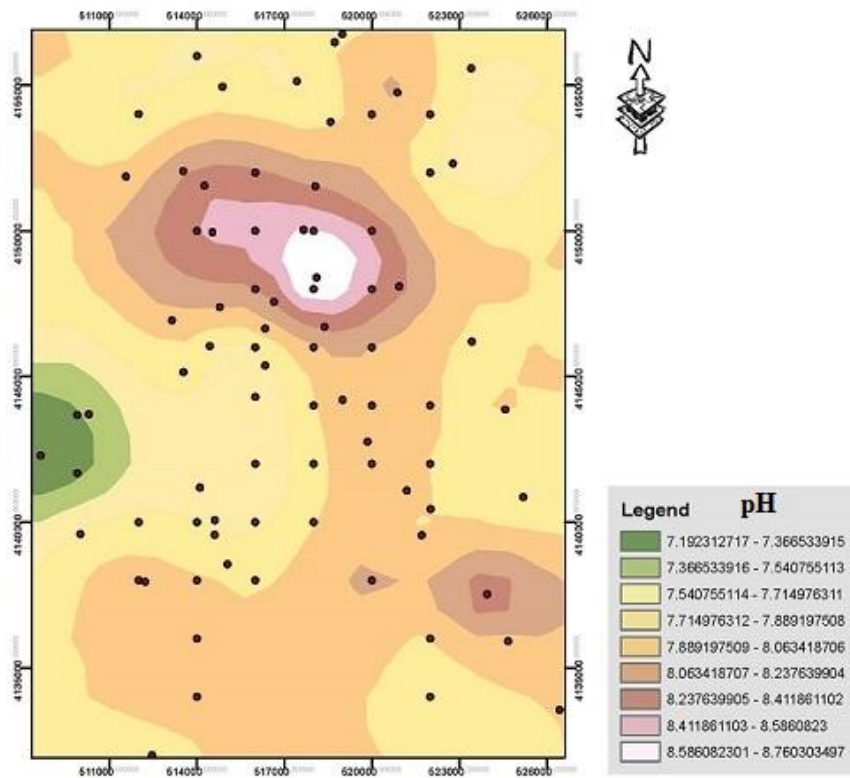
شکل ۴-۱۹ نقشه پهنه‌بندی درصد کربنات کلسیم معادل به روش کریجینگ



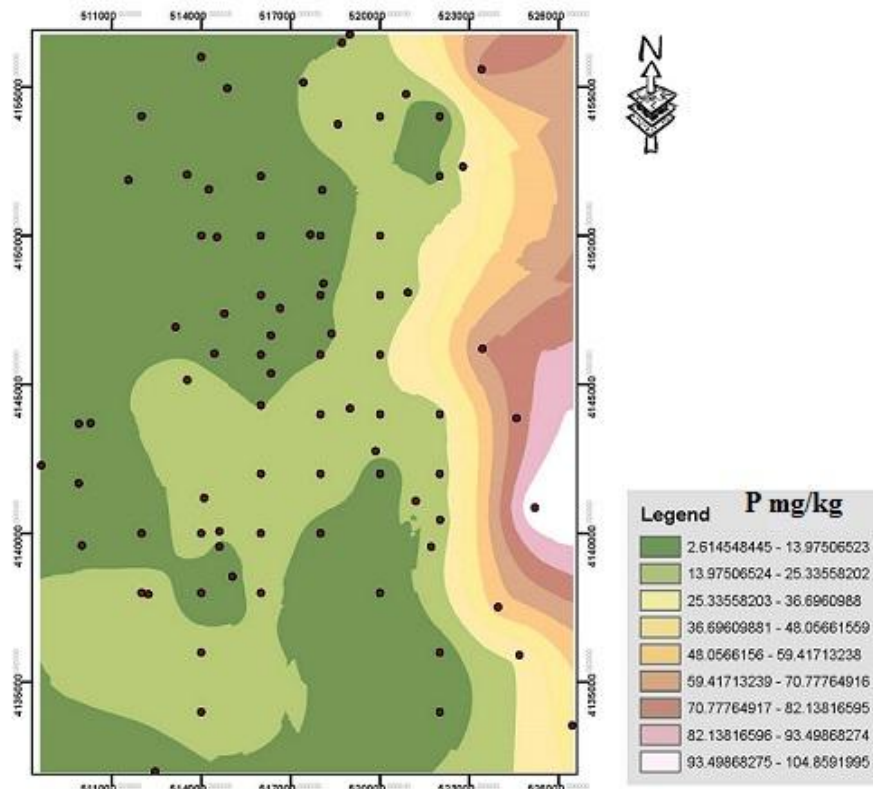
شکل ۴-۲۰ نقشه پهنه‌بندی کربن آلی به روش کریجینگ



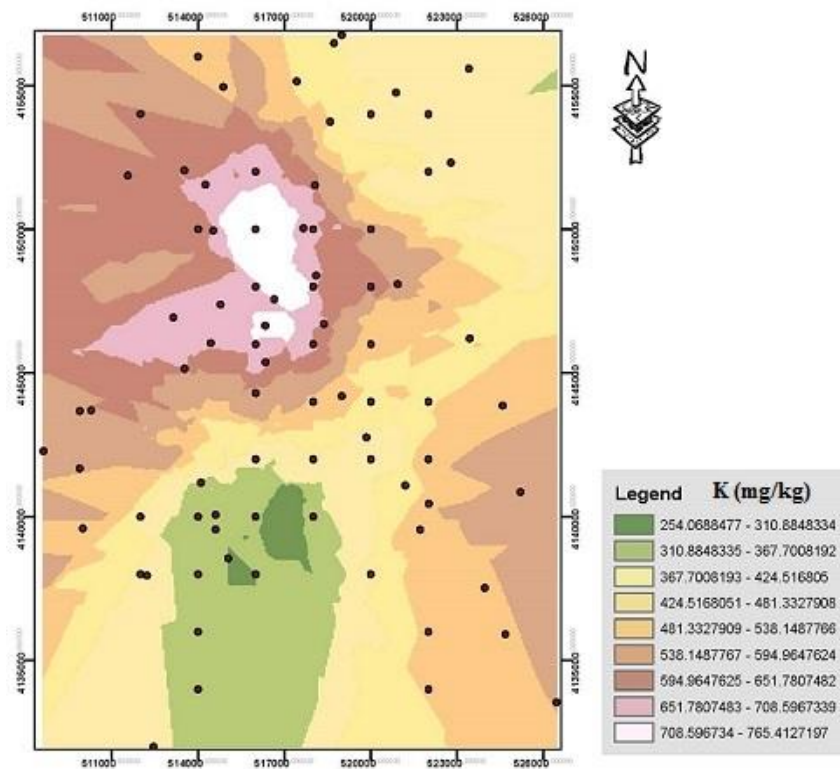
شکل ۴-۲۱ نقشه پهنه‌بندی هدایت الکتریکی به روش کریجینگ



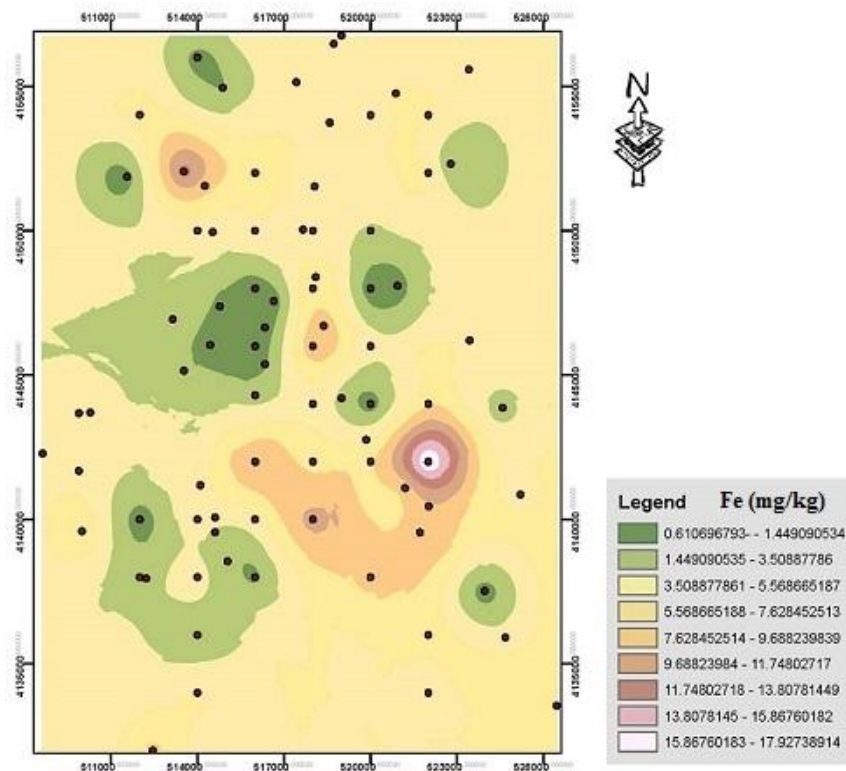
شکل ۴-۲۲ نقشه پهنه‌بندی واکنش خاک به روش کریجینگ



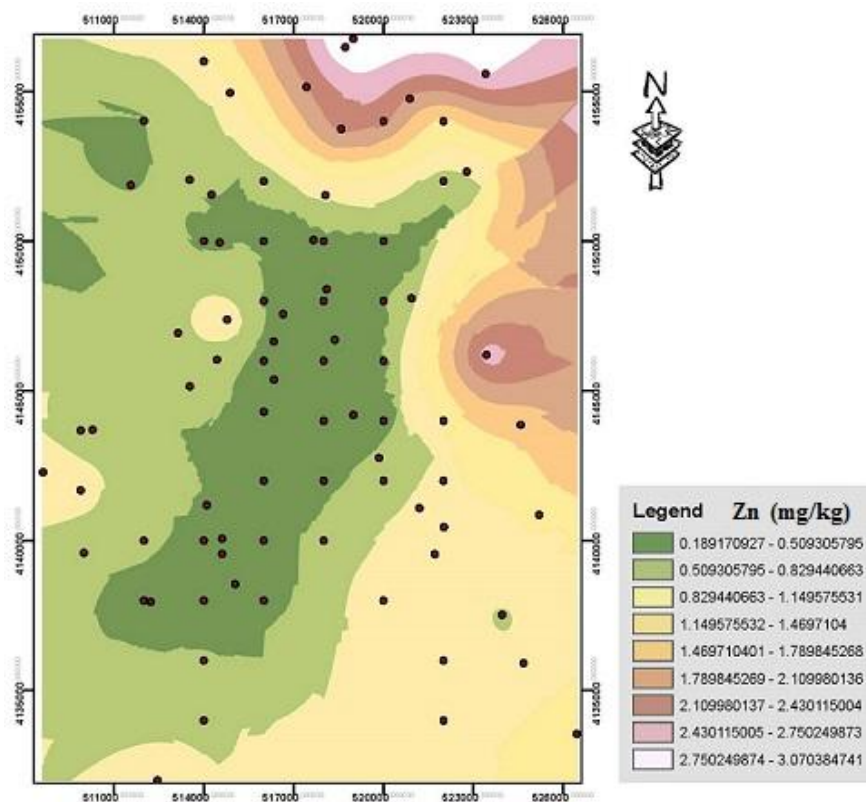
شکل ۲۳-۴ نقشه پهنه‌بندی فسفر قابل استفاده به روش کریجینگ



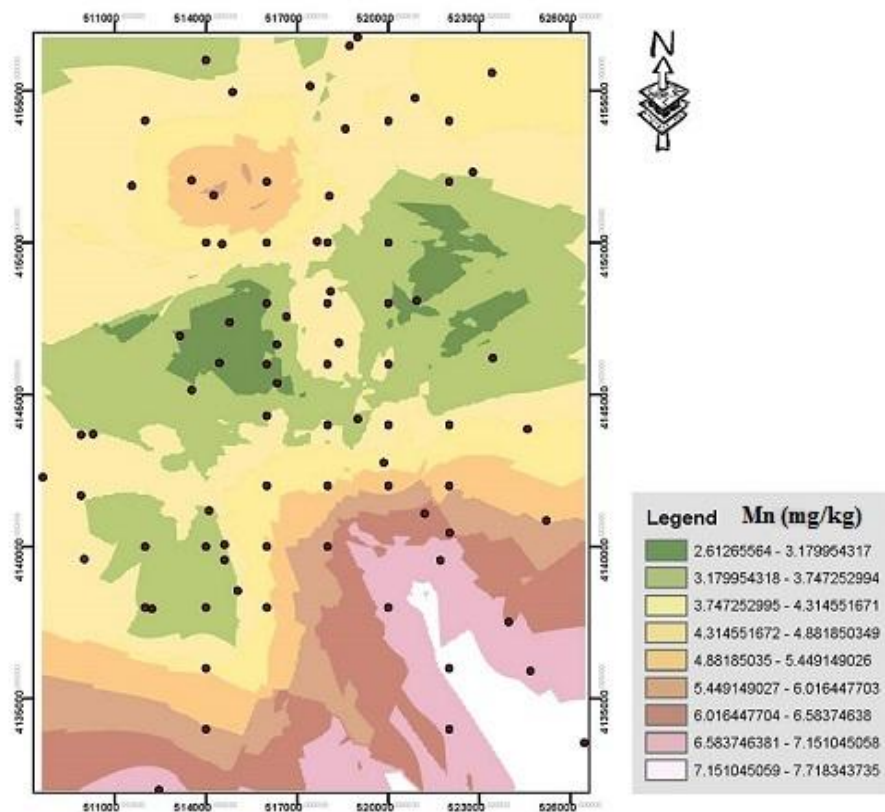
شکل ۲۴-۴ نقشه پهنه‌بندی پتاسیم قابل استفاده به روش کریجینگ



شکل ۴-۲۵ نقشه پهنه‌بندی آهن استخراج شده با DTPA به روش کریجینگ



شکل ۴-۲۶ نقشه پهنه‌بندی روی استخراج شده با DTPA به روش کریجینگ



شکل ۴-۲۷ نقشه پهنه‌بندی منگنز استخراج شده با DTPA به روش کریجینگ

بر اساس پیوست شماره ۲ و شکل ۴-۱۹ می‌توان گفت میزان بالای کربنات کلسیم معادل (محدوده ۲۰ تا ۴۰ درصد) به دلیل نفوذ پذیری آهسته تا خیلی آهسته و محدودیت زهکشی از متوسط تا شدید می‌باشد به دلیل کمی آبشویی، میزان تجمع کربنات کلسیم افزایش می‌یابد. سالاردینی (۱۳۸۸) بیان میکند اصولاً مقدار زیاد آهک در خاک نمی‌تواند هیچ‌گونه رابطه‌ای با کم شدن تولید محصول داشته باشد. کمی قدرت تولید غالب خاک‌های ایران به هیچ وجه با میزان آهک کل آن ارتباط ندارد. عامل محدود کننده، کم آبی منطقه، کم دانی زارع و کم کاری متخصص است. خاک‌های آهکی حتی با داشتن ۴۰٪ کربنات کلسیم می‌توانند با اجرای مدیریت صحیح و تامین آب و کود کافی عملکردی نظیر بهترین خاک‌های جهان داشته باشند (سالاردینی، ۱۳۸۸).

در نقشه حاصلخیزی، کربن آلی به عنوان یک متغیر حائز اهمیت تلقی می‌شود لذا تهیه نقشه نه تنها وسعت کمبود کربن آلی در اراضی کشاورزی را نشان خواهد داد بلکه محل وقوع کمبود آن را

مشخص می کند. علاوه بر آن، با مطالعه این نقشه ها می توان مقدار کل کربن آلی مورد نیاز، بودجه لازم برای رساندن کربن آلی خاک به سطح مطلوب، زمان لازم و مقدار تلاشی که لازم است انجام شود را محاسبه نمود. یکی از خصوصیات مهم نقشه حاصلخیزی خاک در این رابطه فراهم آوردن امکان پایش تغییرات مقدار کربن آلی و در نتیجه امکان بررسی درصد موفقیت یا عدم موفقیت پروژه های افزایش کربن آلی خاک است (نصرت پور، ۱۳۸۹). با توجه به اینکه حداقل مقدار کربن آلی مورد نیاز برای گندم ۲ درصد می باشد (قائمیان، ۱۳۸۴)، بر اساس شکل ۴-۲۰ نقشه پهنه بندی کربن آلی با توجه به محدوده های راهنمای نقشه بیشتر خاکهای منطقه در محدوده ۰/۸ تا ۲ قرار گرفته است و دارای تناسب مناسب قرار دارد. میزان مواد آلی در منطقه برای بالا رفتن میزان تولید افزایش یابد.

همانطور که مشاهده می شود، میزان هدایت الکتریکی در بیشتر اراضی منطقه زیر ۶ دسی زیمنس بر متر است، لذا برای کاشت و پرورش گندم محدودیت ایجاد نمی کند. میزان بالای ۶ دسی زیمنس بر متر هدایت الکتریکی می تواند به دلیل تاثیرات دریاچه ارومیه و نفوذ آب های دریاچه، بافت متوسط و سنگین محدوده و زهکشی منطقه (پیوست ۱) باشد. میزان بالای هدایت الکتریکی در نقطه ای در وسط نقشه را نیز می توان به دلیل توپوگرافی آن منطقه دانست.

از نظر واکنش خاک، نقشه پهنه بندی ۴-۲۳ نشان می دهد که واکنش خاک در بیشتر مناطق بیشتر می باشد که به نظر می رسد جذب عناصر میکرو در این محدوده با مشکل مواجه گردد. کاربرد گوگرد به همراه تیوباسیلوس و کود دامی می تواند تأثیر مثبت بر کاهش موضعی اسیدیته خاک در محیط اطراف ریشه و تعدیل این محدودیت داشته باشد (محمدی آریا و همکاران، ۱۳۸۹).

با توجه به نقشه پهنه بندی فسفر در شکل ۴-۲۴ میزان فسفر قابل استفاده در بیشتر اراضی تحت نمونه برداری بیش از ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم می باشد و طبق استاندارد ارائه شده توسط دکتر ملکوتی و دکتر غیبی محدوده زیاد قرار دارد (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹) و به نظر می رسد که کاربرد کودهای فسفاته در این منطقه براساس آزمون خاک نبوده و در صورتی که این روند متوقف نشود

باعث تجمع بیشتر این عنصر در خاک های زراعی خواهد شد و باید در مصرف کودهای فسفاته دقت کرد.

بررسی میزان پتاسیم بر اساس نقشه پهنه بندی ۴-۲۴ نشان می دهد که میزان پتاسیم در بیشتر مناطق بالا می باشد. بالا بودن پتاسیم در کناره دریاچه ارومیه را می توان بر اثر نفوذ آب دریاچه در خاک آن منطقه توجیه کرد. با توجه به پیوست ۱ و زهکشی منطقه می توان تاثیر عدم زهکشی مناسب در بقیه مناطق با پتاسیم زیاد را دلیلی بر فراوانی پتاسیم در منطقه بیان کرد پتاسیم به مقدار فراوان در اثر آبشویی از خاک خارج می شود (سالاردینی، ۱۳۸۸)

قابلیت جذب آهن در خاک ها تحت تاثیر واکنش خاک ها، عدم تهویه کافی و پیدایش مقدار زیاد یون بیکربنات و نبودن مواد آلی کافی به شدت کاهش می یابد. بررسی روند تغییرات آهن در نقشه پهنه بندی منطقه در شکل ۴-۲۵ نشان می دهد که میزان آهن در بیشتر مناطق کمتر از ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد. با توجه به نقشه های ۴-۲۲ و ۴-۱۹ که مربوط به واکنش خاک و کربنات کلسیم معادل می باشد می توان تاثیر این دو عامل را بر میزان آهن دید. با توجه به پیوست ۱ در بیشتر مناطق غربی میزان زهکشی پایین بوده که باعث کاهش تهویه خاک می شود

کمبود روی و عوارض خطرناک آن در غالب خاک های ایران مشاهده می شود (سالاردینی، ۱۳۸۸).
علل ایجاد کمبود روی در خاک عبارتند از واکنش بالای خاک، مقدار زیاد کربنات کلسیم و مقدار زیاد فسفر دانست. با توجه به خاک های قلیایی منطقه و همچنین میزان بالای فسفر در خاک می توان کمبود روی را در بیشتر مناطق نقشه پهنه بندی روی ۴-۲۶ مشاهده کرد.

از علل کمبود منگنز در خاک می توان به واکنش بالای خاک و تهویه نا مناسب منطقه اشاره کرد. با توجه به پیوست ۱ می توان کمبود منگنز در منطقه را در اثر زهکشی نا مناسب منطقه دانست. با توجه به نقشه پهنه بندی منگنز ۴-۲۷ می توان نواحی که دچار کمبود منگنز هستند را مشاهده کرد.

به طور کلی بر اساس نقشه های حاصلخیزی تهیه شده برای عوامل و عناصر مورد بررسی مشخص می شود که در منطقه مورد مطالعه مقادیر عناصر غذائی متغیر بوده و از محدوده کمبود در مورد عناصر آهن، روی و منگنز تا سمیت در مورد عناصر فسفر و پتاسیم متغیر است

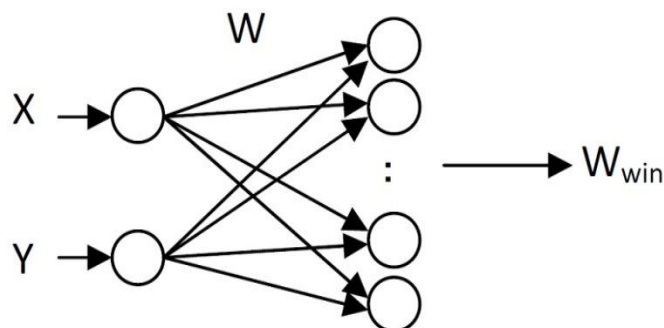
نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج بدست آمده مطالعات سایر محققان نیز هم خوانی دارد. وانگ و همکاران (۲۰۰۶) پس از پهنه بندی و تهیه نقشه عناصر ازت، فسفر، پتاسیم، درصد ماده آلی خاک و pH، مصرف کودهای حاوی عناصر مورد بررسی شان را تنها در پهنه هایی که کمبود این عناصر دیده شد توصیه کردند. همچنین مندلی (۲۰۰۲) نیز پس از تهیه نقشه برخی از عناصر غذایی توصیه نمود مصرف کودهای حاوی این عناصر در مناطقی که عناصر در محدوده کمبود قرار ندارند، اجتناب شود. پهنه بندی عناصر و ویژگی های خاک در این مطالعه نشان می دهد که اثرات کمبود یا سمیت میتواند باعث ایجاد محدودیت برای رشد گیاه گندم باعث و افت عملکرد شوند. برای جلوگیری از افت عملکرد می توان با توجه به نیاز گندم در مناطق دارای کمبود با مصرف کود اقدام به رفع کمبودها نمود به نحوی که به عملکرد مطلوب محصول گندم صدمه وارد نشود.

۴-۴- شبکه عصبی

۴-۴-۱ - تهیه نقشه پهنه بندی

در این قسمت نتایج حاصل از تهیه نقشه پهنه بندی عناصر فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی، واکنش خاک، کربنات کلسیم معادل، هدایت الکتریکی و کربن آلی با استفاده از شبکه عصبی LVQ4a2 که توسط نرم افزار Matlab نسخه ۷ ارائه شده است.

هدف در استفاده از شبکه عصبی LVQ4a2 کلاس‌بندی منطقه به دو کلاس است. کلاس اول نقاطی از منطقه است که دارای غلظت و درصد کمتر از میانگین برای عناصر و ویژگی‌های خاک می‌باشد و کلاس دوم نقاطی از منطقه است که دارای غلظت و درصد بیشتر از میانگین برای عناصر و ویژگی‌های خاک می‌باشد. ساختار شبکه عصبی LVQ4a2 استفاده شده برای کلاس‌بندی منطقه در شکل ۴-۲۸ نشان داده شده است که در آن (X, Y) مختصات نقاط نمونه برداری شده، W ماتریس برداری کد و W_{win} برچسب بردار کد برنده شده می‌باشد.



شکل ۴-۲۸ ساختار شبکه عصبی LVQ4a2 برای پیش‌بینی مکانی عناصر و ویژگی‌های خاک مورد

مطالعه

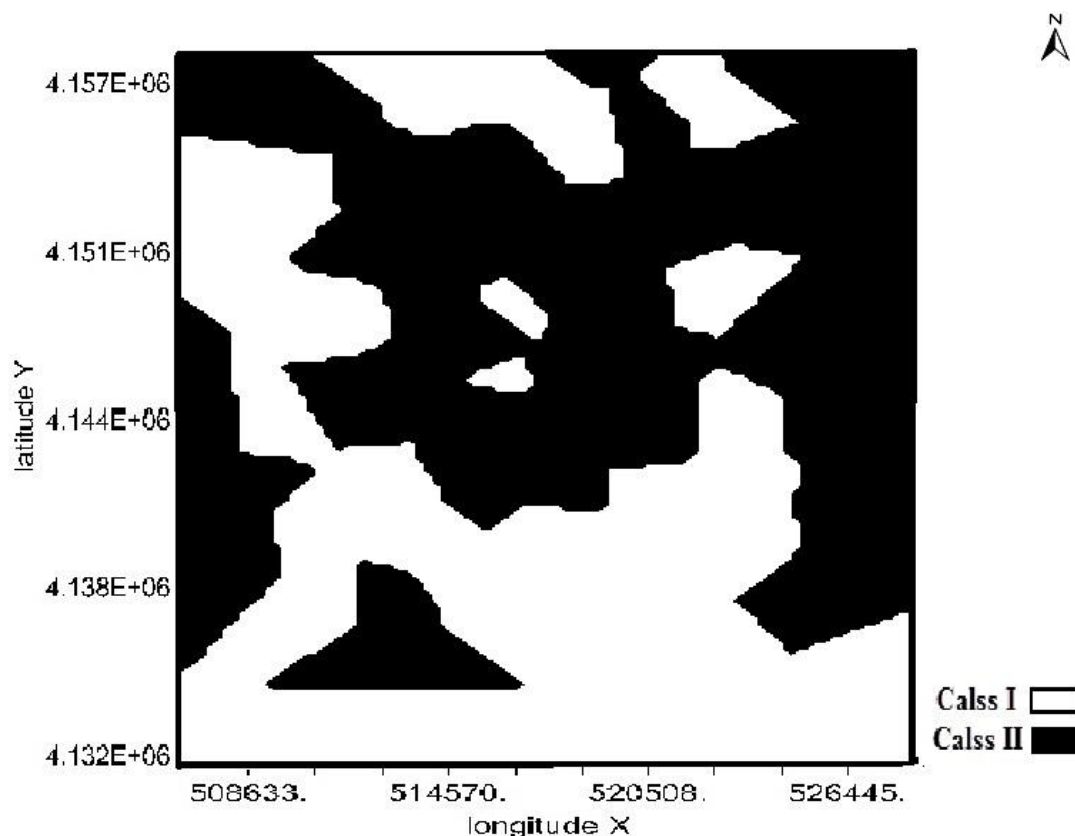
برای عناصر و ویژگی‌های خاک خطای تشخیص شبکه عصبی LVQ4a2 در دو مرحله آموزش و آزمایش در جدول‌ها نشان داده شده است. خطای تشخیص به نسبت تعداد الگوهایی که به غلط توسط شبکه عصبی کلاس‌بندی شده به تعداد کل الگوهای موجود، در دو مرحله کاری شبکه عصبی گفته می‌شود (قربانی و همکاران، ۱۳۹۱). می‌توان بر اساس مقدار پایین بودن خطای تشخیص در فاز آموزش به شبکه عصبی برای کلاس‌بندی سطح منطقه برای عناصر و ویژگی‌های خاک مورد مطالعه اطمینان حاصل کرد و بیان کرد که شبکه عصبی آموزش دیده به طور کامل الگوهای موجود را یاد گرفته است. بنابراین وزن‌های شبکه (بردارهای کد) مقدار بهینه داشتند. در مرحله بعدی، ویژگی تعمیم‌پذیری و شایستگی شبکه عصبی آموزش دیده ارزیابی شد. بنابراین شبکه با استفاده از مجموعه داده‌های غیر از مجموعه داده‌های آموزش (مجموعه داده‌های تست) ارزیابی شد. خطای تشخیص پایین در فاز آزمایش

نشان از ویژگی تعمیم‌پذیری شبکه عصبی LVQ4a2 برای سایر نقاط دارد. بنابراین می‌توان به شبکه عصبی آموزش دیده اطمینان داشت.

بر اساس شکل ۴-۲۹، جدول ۴-۱۳ و میزان میانگین کربنات کلسیم معادل که ۱۹/۱۴ درصد می‌باشد می‌توان گفت بیشتر نقاط دارای آهک بیش از میانگین بوده و با توجه به محدودیت کربنات کلسیم در بالاتر از ۲۰ درصد است می‌توان گفت که میزان بالای آهک می‌تواند باعث ایجاد محدودیت شود. با توجه به نقشه ۴-۲۹ و میزان کم خطای تشخیص در فاز آموزش و آزمایش (جدول ۳-۱۴) شبکه عصبی در مرحله یادگیری الگوی مد نظر موفق بوده و در تهیه نقشه، تعمیم‌پذیری بهتری برای پیش‌بینی نقاط دارد.

جدول ۴-۱۴ خطای شبکه عصبی LVQ4a2 در دو فاز آموزش و آزمایش برای آهک

هدف از شبکه برای طبقه بندی	تعداد عضوهای کلاس یک	تعداد عضوهای کلاس دو	خطای تشخیص در مرحله آموزش (%)	خطای تشخیص در مرحله آزمایش (%)
میانگین (D mean)	۶۶	۱۶	۹/۵۹	۰/۰۰



شکل ۴-۲۹ نقشه توزیع مکانی و تفکیک شده درصد آهک بر اساس مقادیر آستانه فرضی مدل شبکه عصبی

(LVQ4a2) class I کمتر از میانگین و class II بیشتر از میانگین)

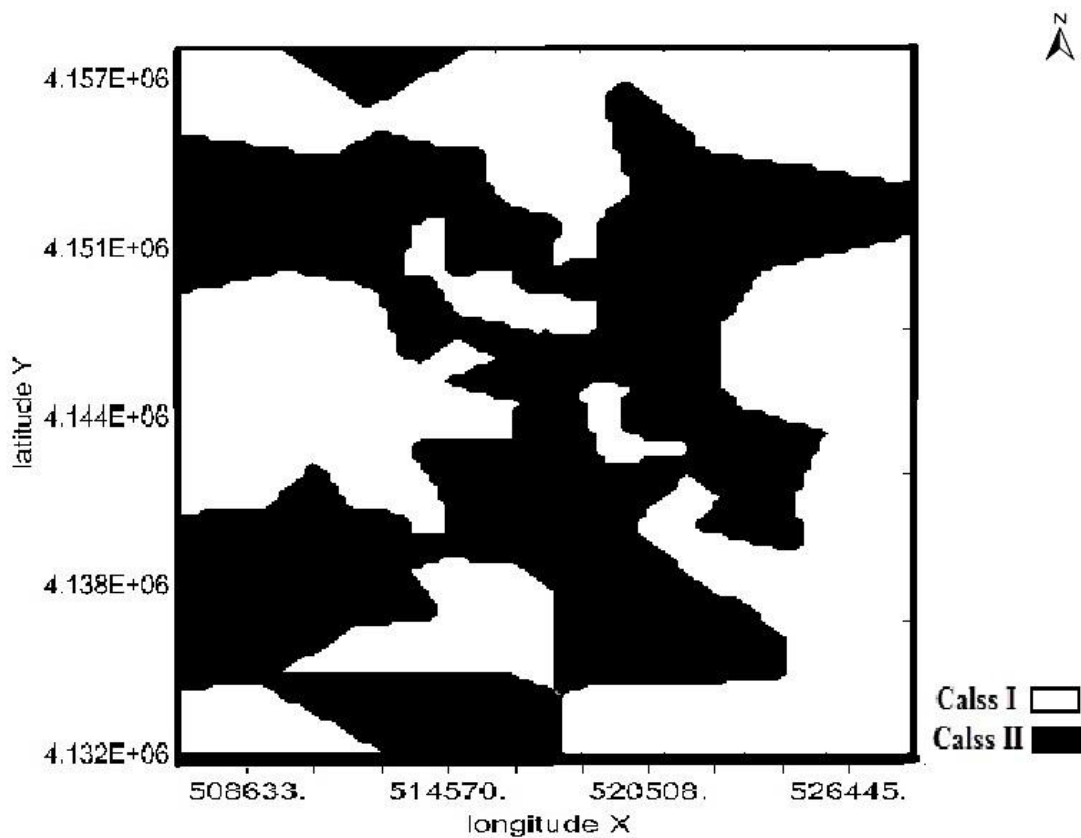
میانگین کربن آلی ۱/۵۷ می باشد و این میانگین در کلاس ارزیابی خاک برای گندم در کلاس مناسب قرار دارد (قائمیان، ۱۳۸۴). نقشه پهنه بندی کربن آلی در شکل ۴-۳۰ میزان کربن آلی کمتر از میانگین و بیشتر از میانگین را نشان می دهد. کربن آلی در بیشتر مناطق کمتر از میانگین می باشد. پوشش گیاهی نقش بسزایی در مقدار مواد آلی دارد همچنین پستی و بلندی یا موقعیت قرارگیری منطقه، مقدار مواد آلی خاک را از طریق اقلیم، رواناب سطحی، تبخیر و تعرق تحت تاثیر قرار می دهد. خاکهای خیزی که زهکشی ضعیفی دارند، از نظر مواد آلی غنی هستند (Stevenson, f. J, 1999). با توجه به پیوست ۱ و زهکشی منطقه می توان میزان بالاتر از میانگین مواد آلی را به زهکشی منطقه و نیز تاثیر نوع گیاه کشت شده دانست.

جدول ۴-۱۵ خطای شبکه عصبی LVQ4a2 در دو فاز آموزش و آزمایش برای میزان کربن آلی

هدف از شبکه برای طبقه بندی	تعداد عضوهای کلاس یک	تعداد عضوهای کلاس دو	خطای تشخیص در مرحله آموزش (%)	خطای تشخیص در مرحله آزمایش (%)
میانگین (D mean)	۶۶	۱۶	۲/۷۰	۰/۰۰

خطای تشخیص پایین در مرحله آموزش و آزمایش نیز بیانگر قدرت بالای تخمین نقشه پهنه‌بندی

میزان کربن آلی به وسیله شبکه عصبی می‌باشد (جدول ۴-۱۵).



شکل ۴-۳۰ نقشه توزیع مکانی و تفکیک شده میزان کربن آلی بر اساس مقادیر آستانه فرضی مدل شبکه عصبی

LVQ4a2 (class I کمتر از میانگین و class II بیشتر از میانگین)

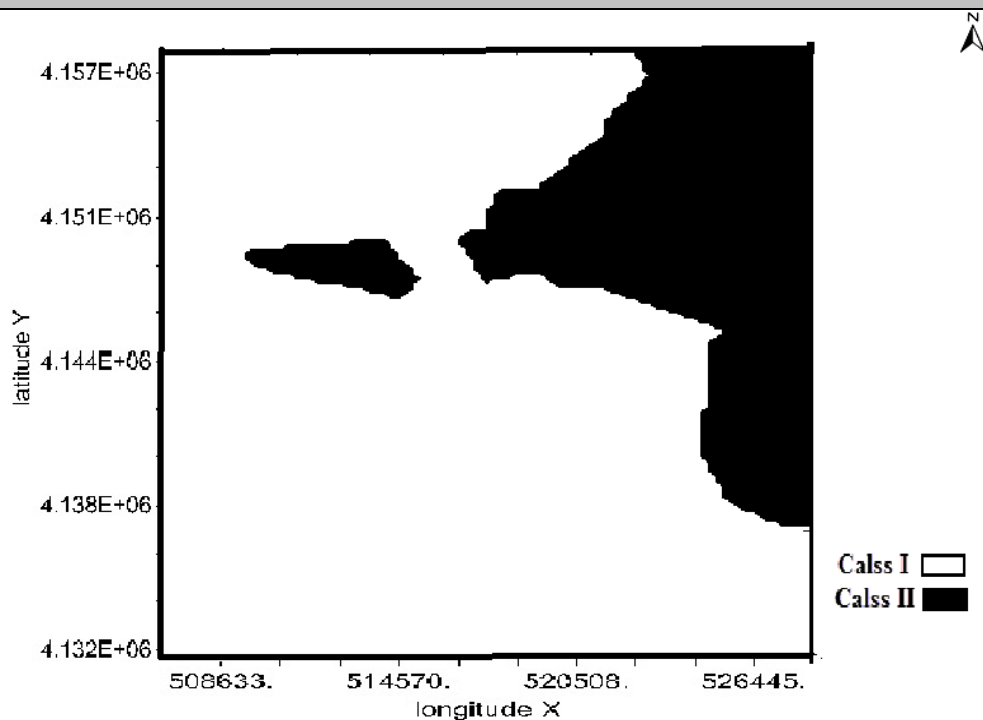
جدول ۴-۱۶ میزان بالای قدرت تخمین شبکه عصبی در میزان هدایت هدایت الکتریکی نشان می‌دهد.

با توجه به اینکه میزان میانگین هدایت الکتریکی ۲/۸ دسی زیمنس بر متر است نقشه ۴-۳۰

محدوده کمتر را برای میزان بالاتر از میانگین نشان می دهد قسمت های بالاتر از میانگین در شرق نقشه به دلیل نفوذ آب دریاچه ارومیه می باشد.

جدول ۴-۱۶ خطای شبکه عصبی LVQ4a2 در دو فاز آموزش و آزمایش برای میزان هدایت الکتریکی (ds/m)

هدف از شبکه برای طبقه بندی	تعداد عضوهای کلاس یک	تعداد عضوهای کلاس دو	خطای تشخیص در مرحله آموزش (%)	خطای تشخیص در مرحله آزمایش (%)
میانگین (D mean)	۶۶	۱۶	۱/۷۲	۰/۰۰



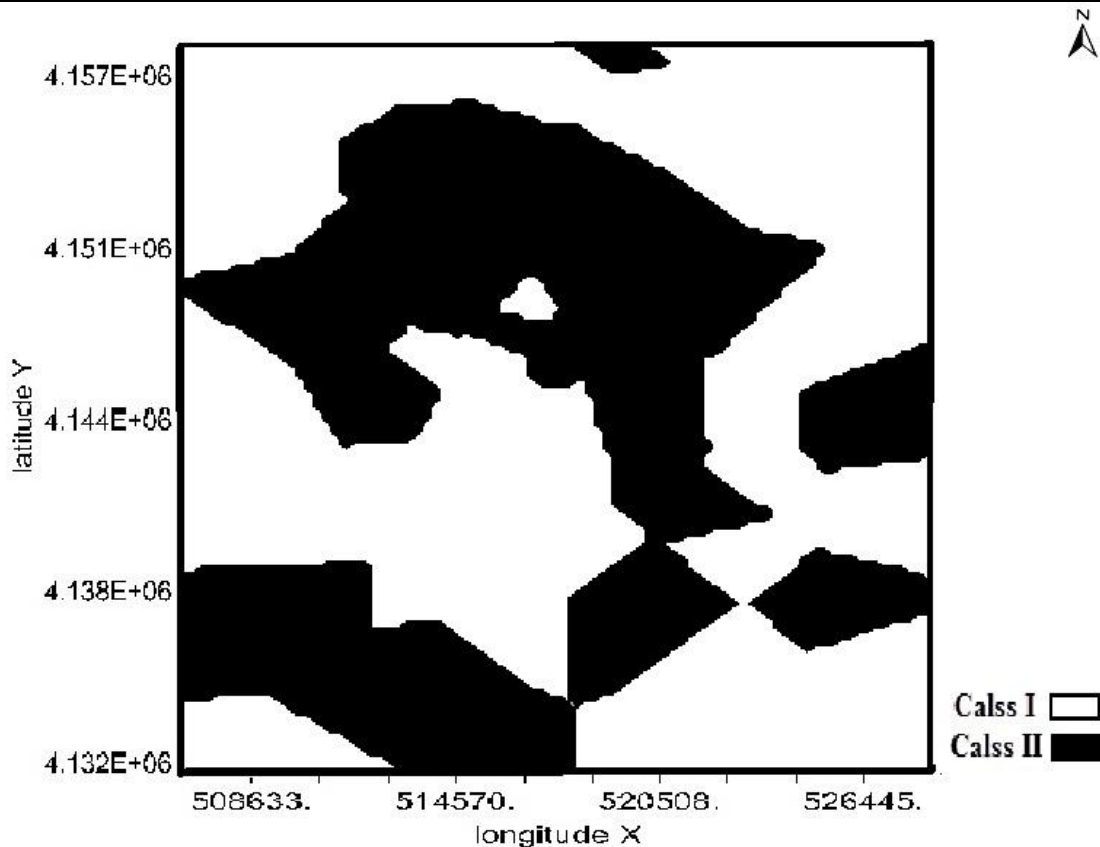
شکل ۴-۳۱ نقشه توزیع مکانی و تفکیک شده میزان هدایت الکتریکی (ds/m) بر اساس مقادیر آستانه فرضی مدل

شبکه عصبی LVQ4a2 (class I کمتر از میانگین و class II بیشتر از میانگین)

نقشه پهنه بندی واکنش خاک در شکل ۴-۳۱ میزان بالای واکنش خاک از میانگین که ۷/۹ است نشان می دهد. جدول ۴-۱۶ با میزان کم خطای آموزش نشان دهنده قدرت بالای شبکه عصبی LVQ4a2 در یادگیری است. میزان کم خطای آزمایش نیز باعث تعمیم بهتر نقاط در منطقه می باشد.

جدول ۴-۱۷ خطای شبکه عصبی LVQ4a2 در دو فاز آموزش و آزمایش برای میزان واکنش خاک

هدف از شبکه برای طبقه بندی	تعداد عضوهای کلاس یک	تعداد عضوهای کلاس دو	خطای تشخیص در مرحله آموزش (%)	خطای تشخیص در مرحله آزمایش (%)
میانگین (D mean)	۶۶	۱۶	۱/۳۵	۰/۰۰



شکل ۴-۳۲ نقشه توزیع مکانی و تفکیک شده میزان واکنش خاک بر اساس مقادیر آستانه فرضی مدل شبکه عصبی

LVQ4a2 (class I کمتر از میانگین و class II بیشتر از میانگین)

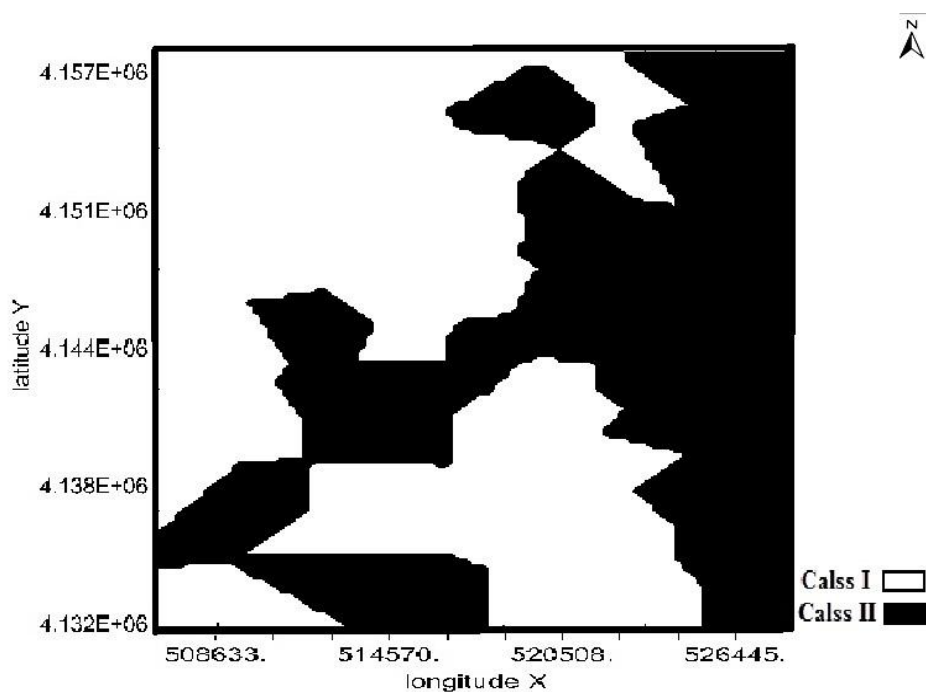
فسفر قابل استفاده با میانگین ۱۸/۰۸ میلی گرم بر کیلوگرم با استفاده شبکه عصبی مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به این که حد کفایت فسفر ۱۰-۱۷ میلی گرم بر کیلوگرم بررسی بر اساس میانگین می تواند مکان هایی با فسفر بالا را به ما نشان دهد. نقشه ۴-۳۲ نشان می دهد که شاید باعث

ایجاد سمیت شود. بررسی جدول ۴-۱۷ نشان می‌دهد که شبکه عصبی هم در فاز آموزش و هم در فاز آزمایش دارای خطای تشخیص کمی است و نقشه تهیه شده دقت بالایی دارد.

جدول ۴-۱۸ خطای شبکه عصبی LVQ4a2 در دو فاز آموزش و آزمایش برای میزان فسفر قابل دسترس (mg/kg)

هدف از شبکه برای طبقه بندی	تعداد عضوهای کلاس یک	تعداد عضوهای کلاس دو	خطای تشخیص در مرحله آموزش (%)	خطای تشخیص در مرحله آزمایش (%)
میانگین (D mean)	۶۶	۱۶	۱/۳۵	۰/۰۰

با توجه به نقشه ۴-۳۱ پهنه‌بندی واکنش خاک می‌توان گفت در اغلب مناطق با بالا رفتن واکنش خاک میزان فسفر کاهش یافته است.



شکل ۴-۳۳ نقشه توزیع مکانی و تفکیک شده میزان فسفر قابل استفاده بر اساس مقادیر آستانه فرضی مدل شبکه عصبی LVQ4a2 (class I کمتر از میانگین و class II بیشتر از میانگین)

همانطور که قبلاً اشاره شد میزان بالای پتاسیم قابل دسترس در منطقه شرق نقشه ۴-۳۳ به دلیل نفوذ آب دریاچه ارومیه می‌تواند باشد و با توجه به پیوست ۱ به دلیل بافت سنگین و زهکشی ضعیف

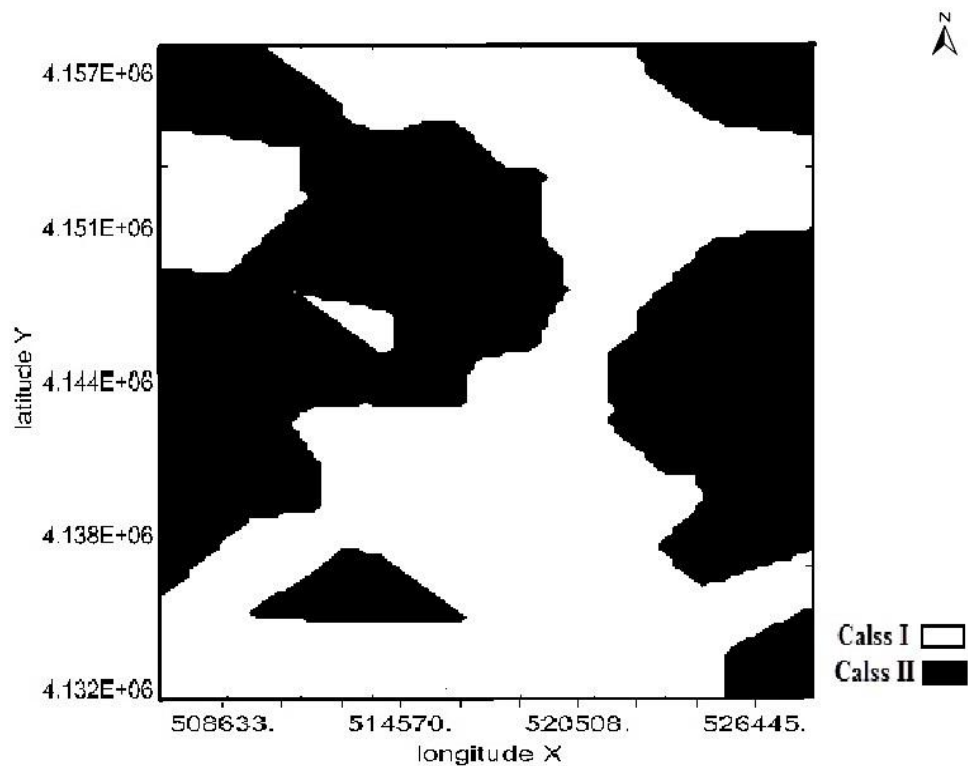
در بیشتر مناطق باعث تجمع پتاسیم در اغلب خاکها می شود(سالاردینی،۱۳۸۸). میانگین پتاسیم در خاکهای مورد مطالعه ۵۱۷/۷۲ می باشد که بالاتر از حد کفایت می باشد و نشان دهنده میزان بالای پتاسیم است.

جدول ۴-۱۹ خطای شبکه عصبی LVQ4a2 در دو فاز آموزش و آزمایش برای میزان پتاسیم قابل دسترس (mg/kg)

هدف از شبکه برای طبقه بندی	تعداد عضوهای کلاس یک	تعداد عضوهای کلاس دو	خطای تشخیص در مرحله آموزش (%)	خطای تشخیص در مرحله آزمایش (%)
میانگین (D mean)	۶۶	۱۶	۱/۳۵	۰/۰۰

درصد کم خطای تشخیص در مرحله آموزش و آزمایش نشان از دقت بالای شبکه عصبی در

تخمین نقشه پهنه بندی را دارد.



شکل ۴-۳۴ نقشه توزیع مکانی و تفکیک شده میزان پتاسیم قابل استفاده بر اساس مقادیر آستانه فرضی مدل شبکه عصبی LVQ4a2 (class I کمتر از میانگین و class II بیشتر از میانگین)

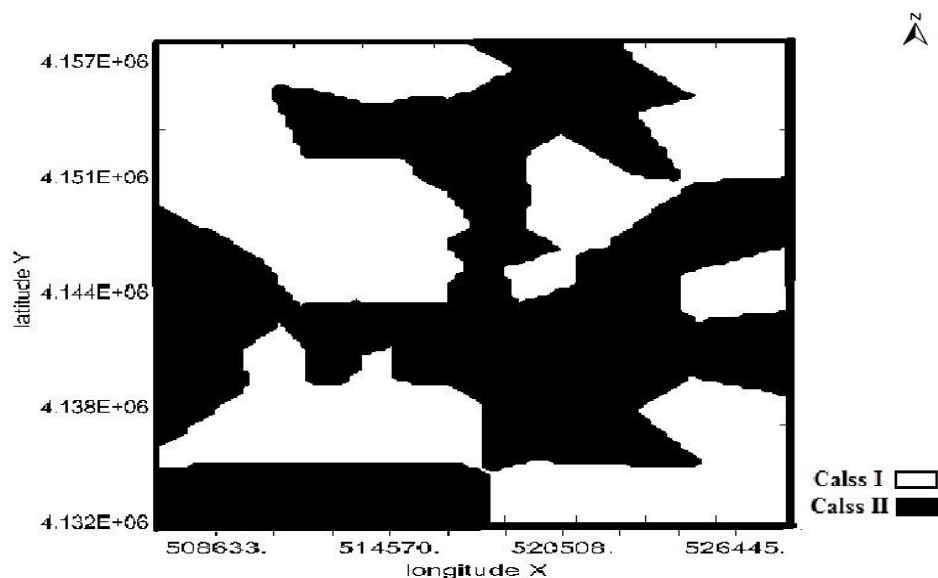
میانگین آهن قابل استخراج به وسیله DTPA ۴/۷ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد که در محدوده کمبود شدید قرار دارد. با توجه به نقشه ۴-۳۴، ۴-۲۹ و ۴-۳۱ میتوان تاثیر واکنش خاک و آهک را بیان کرد. تاثیر زهکشی نیز جز عواملی است که بر روی میزان آهن قابل استخراج تاثیر می-گذارد (سالاردینی، ۱۳۸۸).

جدول ۴-۲۰ خطای شبکه عصبی LVQ4a2 در دو فاز آموزش و آزمایش برای میزان آهن قابل استخراج با

(mg/kg)DTPA

خطای تشخیص در مرحله آموزش (%)	خطای تشخیص در مرحله آزمایش (%)	تعداد عضوهای کلاس دو	تعداد عضوهای کلاس یک	هدف از شبکه برای طبقه بندی
۰/۰۰	۱/۳۵	۱۶	۶۶	میانگین (D mean)

آهن قابل استخراج به وسیله DTPA با خطای تشخیص ۱/۳۵ درصد در مرحله آموزش و صفر درصد در مرحله آزمایش نشان میدهد که شبکه عصبی در مرحله آموزش به خوبی الگوی موجود را یاد گرفته است و در مرحله آزمایش تعمیم پذیری بهتری نسبت به سایر نقاط دارد.



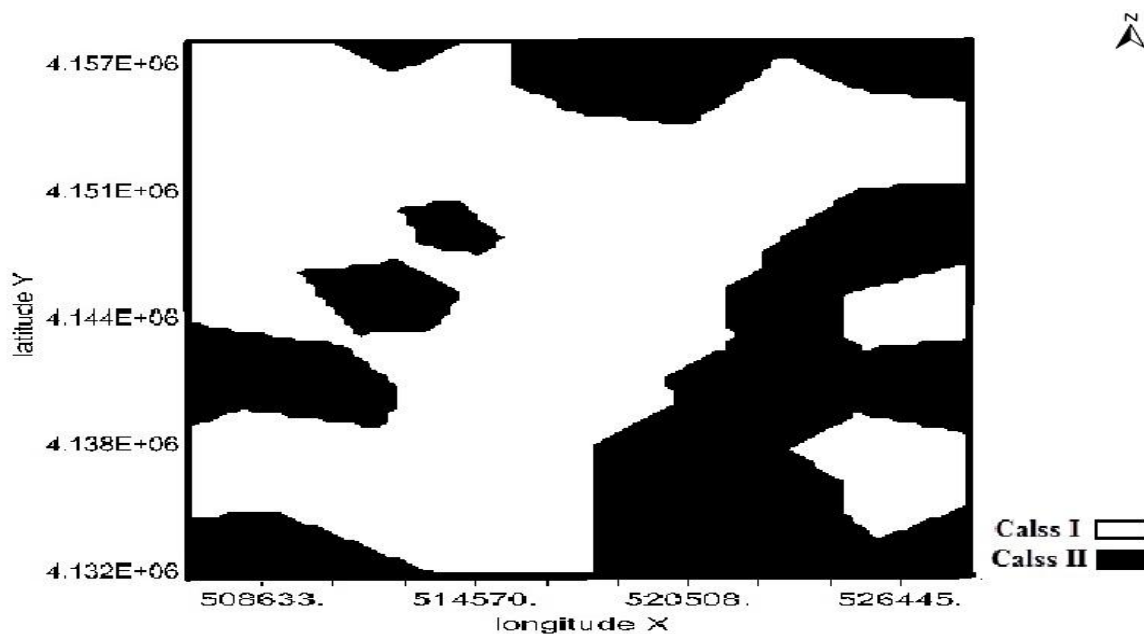
شکل ۴-۳۵ نقشه توزیع مکانی و تفکیک شده آهن قابل استخراج به وسیله DTPA بر اساس مقادیر آستانه فرضی مدل شبکه عصبی LVQ4a2 (class I کمتر از میانگین و class II بیشتر از میانگین)

Christensen et al(1995) طی آزمایشی گزارش نمودند که با افزایش کربنات کلسیم در خاک، جذب عناصر ریز مغذی به ویژه روی، تا حد قابل توجهی تا حد قابل توجهی محدود می‌شود. آنها دلیل این امر را واکنش بالا و تشکیل ترکیبات نامحلول روی در خاک بین کردند. با توجه به این آزمایش و بر اساس نقشه های ۴-۲۹ و ۴-۳۱ می توان تاثیر واکنش خاک و کربنات کلسیم را بر روی مقدار روی در نقشه ۴-۳۶ فهمید. میانگین روی قابل استخراج با DTPA، ۰/۸۲ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد که در محدوده کمبود شدید می باشد.

جدول ۴-۲۱ خطای شبکه عصبی LVQ4a2 در دو فاز آموزش و آزمایش برای میزان روی قابل استخراج با DTPA (mg/kg)

هدف از شبکه برای طبقه بندی	تعداد عضوهای کلاس یک	تعداد عضوهای کلاس دو	خطای تشخیص در مرحله آموزش (%)	خطای تشخیص در مرحله آزمایش (%)
میانگین (D mean)	۶۶	۱۶	۰/۰۰	۰/۰۰

روی قابل استخراج به وسیله DTPA با خطای تشخیص صفر درصد در مرحله آموزش و صفر درصد در مرحله آزمایش نشان میدهد که شبکه عصبی در مرحله آموزش به طور کامل الگوی موجود را یاد گرفته است و در مرحله آزمایش تعمیم پذیری بهتری نسبت به سایر نقاط دارد.

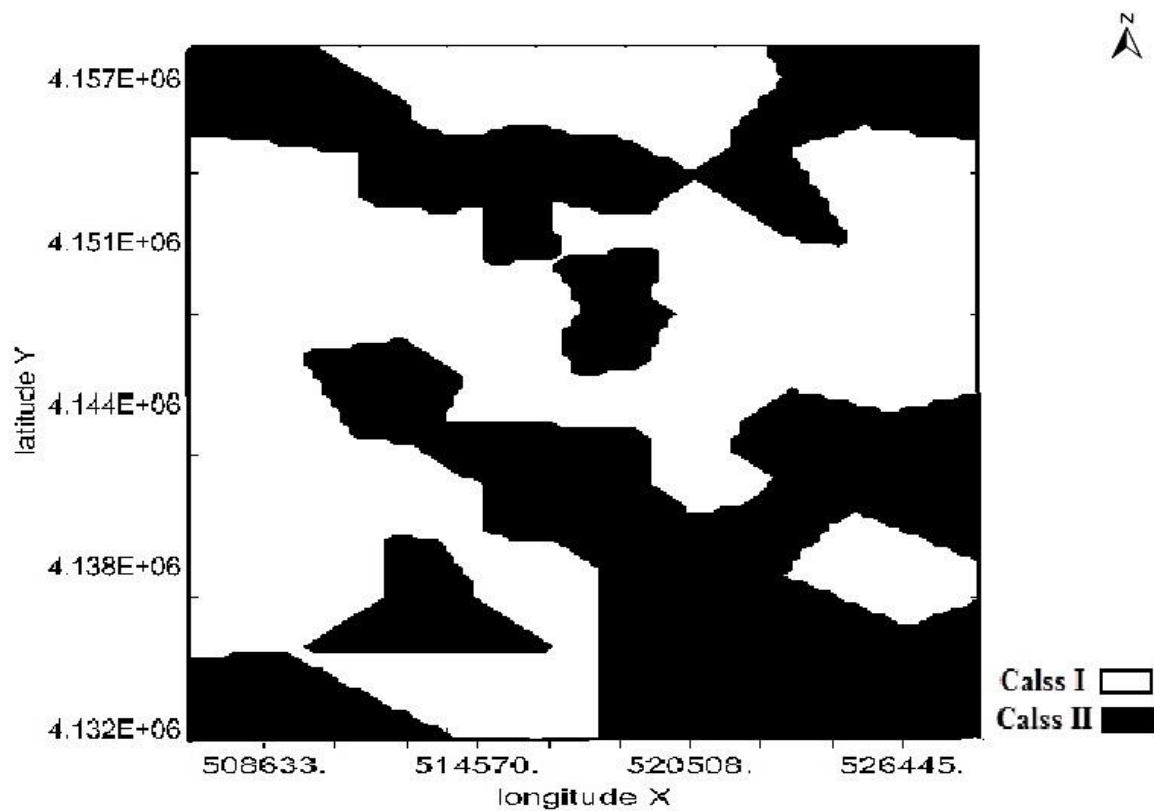


شکل ۴-۳ نقشه توزیع مکانی و تفکیک شده روی قابل استخراج به وسیله DTPA بر اساس مقادیر آستانه فرضی مدل شبکه عصبی LVQ4a2 (class I کمتر از میانگین و class II بیشتر از میانگین)

میانگین منگنز قابل استخراج به وسیله DTPA، ۴/۴۵ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد که این میزان در محدوده کمبود متوسط قرار می گیرد. با توجه محدودیت های زهکشی در پیوست شماره ۱ و نقشه پهنه بندی واکنش خاک ۴-۳۱ می توان دلایل کمبود منگنز در نقاط قابل مشاهده در نقشه ۴-۳۵ فهمید (سالاردینی، ۱۳۶۶). درصد خطای تشخیص در مرحله آموزش و آزمایش به ترتیب ۱/۳۵ و صفر می باشد که نشانده این است که شبکه عصبی الگوی مد نظر را به خوبی یاد گرفته است و در تعمیم نقاط نیز به خوبی عمل خواهد کرد.

جدول ۴-۲۲ خطای شبکه عصبی LVQ4a2 در دو فاز آموزش و آزمایش برای میزان منگنز قابل استخراج با (mg/kg)DTPA

هدف از شبکه برای طبقه بندی	تعداد عضوهای کلاس یک	تعداد عضوهای کلاس دو	خطای تشخیص در مرحله آموزش (%)	خطای تشخیص در مرحله آزمایش (%)
میانگین (D mean)	۶۶	۱۶	۱/۳۵	۰/۰۰



شکل ۴-۳۷ نقشه توزیع مکانی و تفکیک شده منگنز قابل استخراج به وسیله DTPA بر اساس مقادیر آستانه فرضی مدل شبکه عصبی LVQ4a2 (class I کمتر از میانگین و class II بیشتر از میانگین)

فصل پنجم

نتیجه‌گیری و

پیشنهادها

۵-۱- نتیجه گیری

ارزیابی خاکهایی که به عنوان مخزن عناصر غذایی عمل می کنند، با اندازه گیری خصوصیات از خاک نظیر غلظت عناصر غذایی ضروری و واکنش خاک انجام می گیرد. این خصوصیات در واقع توانایی خاک را در تأمین عناصر مورد نیاز گیاه نشان می دهند. با عنایت به نتایج بدست آمده از این تحقیق می توان چنین جمع بندی نمود که:

- با توجه به بررسی های زمین آماری می توان گفت بهترین مدل برازش شده برای روی استخراج شده با DTPA و واکنش خاک می باشد که دارای بالاترین ضریب تبیین (R^2) و کمترین میزان مجموع مربعات خطا (RSS) هستند. در خاک مورد مطالعه هدایت الکتریکی، واکنش خاک، فسفر، پتاسیم، آهن، روی و منگنز دارای ساختار مکانی قوی می باشند. کربنات کلسیم و کربن آلی دارای کلاس وابستگی متوسط می باشند. دامنه تاثیر برای پارامترهای کربن آلی ۲۴۰۰ متر و روی ۱۵۶۳۰ متر به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار را دارا می باشد.
- بررسی وضعیت نقشه های پهنه بندی هدایت الکتریکی خاک نشان می دهد که میزان هدایت الکتریکی در قسمت شرقی نقشه و در حاشیه دریاچه ارومیه بیشتر می باشد که این به دلیل نفوذ آب دریاچه ارومیه و نیز زهکشی ضعیف آن منطقه می باشد. قسمتی از خاکها در نزدیکی مرکز نقشه نیز به دلیل پستی آن منطقه دارای خاک شور می باشد. همانطور که مشاهده می شود، میزان هدایت الکتریکی در بیشتر اراضی منطقه زیر ۶ دسی زیمنس بر متر است لذا برای کاشت و پرورش گندم محدودیت ایجاد نمی کند.
- بررسی وضعیت نقشه های پهنه بندی فسفر قابل استفاده در منطقه نشان می دهد که مصرف بیش از نیاز کودهای شیمیایی فسفات و کودهای آلی دارای فسفر بالا خصوصا در نزدیکی دریاچه ارومیه به نحوی بوده که موجب تجمع بیش از حد فسفر در خاک گردیده است که شاید دلیل آن

کم‌دانی زارع و کم‌کاری متخصصان باشد این در حالی است که حد کفایت فسفر قابل استفاده برای گندم ۱۰ تا ۱۲ میلی گرم در کیلوگرم خاک تعیین شده است.

- بررسی وضعیت نقشه‌های پهنه‌بندی پتاسیم قابل استفاده، میزان بالای این عنصر را در قسمت شرق نقشه و در نزدیکی دریاچه ارومیه نشان می‌دهد که دلیل آن نفوذ آب دریاچه در خاکهای آن منطقه می‌باشد. میزان بالای پتاسیم در دیگر مناطق نیز به دلیل عدم وجود زهکشی مناسب در آن مناطق و عدم آبشویی می‌باشد که باعث تجمع پتاسیم در آن خاک‌های آن مناطق شده است.

- بررسی وضعیت نقشه‌های پهنه‌بندی آهن قابل استخراج با DTPA نشان می‌دهد که در مناطق با زهکشی ضعیف و کربنات کلسیم و واکنش خاک بالا میزان آهن کاهش می‌آید.

- نقشه‌های پهنه‌بندی روی قابل استخراج با DTPA نیز از کمبود این عنصر در سطح وسیعی از منطقه برای گیاه گندم حکایت دارد. روی تحت تاثیر آهک، واکنش خاک و مصرف بیش از حد کودهای فسفاته قرار دارد. همبستگی منفی ما بین روی با آهک و واکنش خاک این امر را نشان می‌دهد. همبستگی مثبت روی با فسفر نیز شاید به دلیل اثرات توأم واکنش خاک بر هر دوی آنها باشد.

- منگنز قابل استخراج با DTPA نیز با توجه به نقشه‌های به دست آمده در بیشتر مناطق دچار کمبود برای گیاه گندم می‌باشد. منگنز نیز مانند آهن به واکنش بالای خاک و کربنات کلسیم حساس می‌باشد و این دلیل همبستگی معنی دار منگنز و آهن باشد.

- کربنات کلسیم معادل با ۹/۵۹ بیشترین خطای تشخیص در مرحله آموزش را داشت. روی استخراج شده با DTPA با صفر، کمترین خطای تشخیص در مرحله آموزش برای یادگیری الگوی مناسب داشت.

- خطای تشخیص در مرحله آزمایش برای تمام عناصر و ویژگی‌ها برابر با صفر درصد بود که نشان دهنده قدرت بالای شبکه عصبی LVQ4a2 در تعمیم‌پذیری نقاط است.

۵-۲- پیشنهادها

- استفاده از گوگرد به همراه تیوباسیلوس و کود دامی، به منظور کاهش موضعی اسیدیته خاک در محیط اطراف ریشه و تعدیل محدودیت ناشی از بالا بودن pH، پیشنهاد می شود.
- توصیه می شود کاربرد کودهای فسفره در اراضی با آنالیز مجدد خاک انجام گیرد و میزان این عنصر را در خاک کنترل و در صورتیکه میزان آن به زیر ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک تنزل یابد، اقدام به مصرف بهینه فسفر بر اساس توصیه کودی منطقه نمود. همچنین با توجه به غلظت بسیار زیاد فسفر قابل استفاده در خاکهای منطقه، بررسی وضعیت میزان آلودگی محصولات مورد کشت در این اراضی به عناصر سنگین به ویژه کادمیوم و سرب ضروری است.
- با توجه به اینکه حد بحرانی پتاسیم قابل استفاده برای گندم که حدود ۲۵۰ میلی گرم در کیلوگرم پیشنهاد می شود، بررسی وضعیت پتاسیم قابل استفاده در مزارع نشان می دهد که مقدار این عنصر در برخی مزارع کم و در برخی دیگر بسیار زیاد می باشد. بالا بودن غلظت پتاسیم قابل جذب گیاه در خاک نیز می تواند در دراز مدت باعث شوری خاک شده و این امر با توجه به حساس بودن بیشتر گیاهان به شوری می تواند ایجاد مشکل نماید. بنابراین توصیه می شود از مصرف کودهای حاوی این عنصر در مناطقی که عناصر در محدوده کمبود قرار ندارند اجتناب شود.
- با توجه به pH نسبتاً بالا و حضور مقادیر بسیار زیاد کربنات کلسیم در خاکهای مورد مطالعه، بررسی وضعیت جذب آهن، روی، منگنز توسط گیاه نیز ضروری است تا با مصرف متعادل کودهای ماکرو و میکرو، علاوه بر افزایش عملکرد و بهبود کیفیت، کیفیت گندم تولیدی را نیز بالا ببریم.
- نقشه های حاصلخیزی می توانند مرجع مناسبی برای توصیه کودی مناطق دارای چنین نقشه هایی باشند. نقشه های حاصلخیزی خاک یک منطقه کشاورزی امکان توصیه مقدار کودهای

شیمیایی مورد نیاز را بر پایه تغییرات ساختار مکانی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه برای آن منطقه فراهم می آورد. امروزه نمونه برداری مرتب از خاک، بررسی میزان تغییر پذیری مکانی عناصر و بکارگیری نقشه های حاصلخیزی، در مدیریت حاصلخیزی خاک نقش مهمی دارد.

- زمین آمار می تواند جهت تخمین مقادیر عناصر خاک در نقاط مجهول و تهیه نقشه خاک بکار گرفته شود.

- روش های ژئواستاتستیک همیشه متقاضی دادهای نسبتاً زیاد هستند، بدیهی است اگر هدف دستیابی به نتایج دقیق تر و مورد اعتماد است، هزینه مالی و زمانی متناسب با آن را باید پرداخت کرد.

- می توان نقشه های پهنه بندی ارائه شده توسط شبکه عصبی را با توجه محدوده عناصر تنظیم کرد تا اطلاعات دقیق تری به ما بدهد.

منابع و ماخذ

منابع و مأخذ

- ابراهیمی ک و نایب لوئی ف، (۱۳۸۸). "نخمین نفوذپذیری نهایی خاکها با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی، مطالعه موردی مزرعه پردیس ابوریحان"، مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک، (۱) ۱۶.
- ا ثنا عشری محمدی م، یگانه بختیاری ع و کامیاب مقدم ک، (۱۳۸۵)، "مقایسه نتایج حاصل از شبکه های عصبی MLP و RBF در پیش بینی جریان های ساحلی"، هفتمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی.
- ارشد ر ا، صیاد غ ع، مظلوم م و جعفری نژاد ا ر، (۱۳۸۸)، "نخمین نفوذ آب با شبکه عصبی مصنوعی"، سومین کنفرانس آبیاری و مدیریت آب، اهواز.
- آذر ع و مومنی م، (۱۳۸۵)، "آمار و کاربرد آن در مدیریت"، انتشارات سمت.
- اسدی کنگرشاهی، ع و م.ج ملکوتی. ۱۳۸۲ "کالیبراسیون روی در شرایط مزرعه ای و تاثیر آن در عملکرد سویا. مجله علوم خاک و آب"، جلد ۱۷ شماره ۲.
- افشار ح، صالحی م.ح، محمدی ج. و محنت کش ع.م، (۱۳۸۸)، "تغییرپذیری مکانی ویژگی های خاک و عملکرد گندم آبی در یک نقشه تناسب کمی (مطالعه ی موردی: منطقه شهرکیان، استان چهار محال و بختیاری)"، مجله علوم خاک و آب (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۳، شماره ۱، ص ۱۶۱-۱۷۲
- امامی ح، نیشابوری م، شرفاء م و لیاقت ع، (۱۳۸۶)، "ارزیابی کارایی شبکه های عصبی مصنوعی در برآورد منحنی رطوبتی خاک در بعضی از خاکهای آهکی و شور ایران"، دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.
- ایوبی ش، خرمالی ف، (۱۳۸۷)، "تغییرپذیری مکانی عناصر غذایی قابل استفاده در خاک سطحی به کمک آنالیز مؤلفه های اصلی و تکنیک زمین آمار(مطالعه موردی در منطقه آپایپولی، ایالت آندراپرادش هند)"، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۱۲، شماره ۴۶ (ب)، ص ۶۲۰-۶۰۹.

بای بوردی م (۱۳۸۵)، "مدیریت پایدار خاک در کشاورزی و محیط زیست" مجموعه مقالات همایش خاک، محیط زیست و توسعه پایدار، صفحه ۷-۹، دانشکده مهندسی آب خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

بقایی، ا. ح. (۱۳۸۲). "تجزیه تحلیل زمین آماری تغییرات مکانی برخی فلزات سنگین در اطراف ذوب آهن اصفهان و مجتمع فولاد مبارکه". پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۹۸ صفحه.

بهمن، کیانا، صمد امامقلی زاده، هادی قربانی، و عیسی معروف پور، (۱۳۹۲)، "تخمین ضریب انتشار پذیری خاک با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی و مدل رگرسیون" دومین کنفرانس بین المللی مدلسازی گیاه، آب، خاک و هوا، کرمان، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته

تقی زاده مهرجردی ر، ا. محمودی ش، حیدری ا و اکبرزاده ا، (۱۳۸۸)، "پیش بینی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون چند متغیره در منطقه خضرآباد یزد"، مجله پژوهش در علوم کشاورزی، جلد پنجم شماره اول.

جعفری م، محمد عسگری ح، معظمی م، بی نیاز م. و طهمورث م، (۱۳۸۷)، "بررسی توزیع مکانی برخی از خصوصیات خاک با کاربرد روش های زمین آماری"، مجله پژوهش سازندگی در زراعت و باغبانی، ص ۱۸۵-۱۷۷

حسینی پاک، ع، ا. (۱۳۸۶) "زمین آمار (ژئو استاتیسٹیک)" انتشارات دانشگاه تهران. صفحه ۳۱۴.

حمزه پور، ن. ۱۳۸۶. بررسی برهمکنش روی، آهن و منگنز بر عملکرد و توازن تغذیه ای گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران.

خداوردی لو ح، فتحی پ و همایی م، (۱۳۸۳)، "تخمین هوشمند منحنی رطوبتی خاک با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی"، دومین کنفرانس ملی دانشجویی منابع آب و خاک، دانشگاه شیراز.

خلیل مقدم ب، افیونی م، جلالیان ا، عباسپور ک و دهقانی ا، (۱۳۸۸)، "مقایسه شبکه های عصبی مصنوعی و رگرسیون چند متغیره در برآورد مقاومت برشی سطح خاک"، یازدهمین کنگره علوم خاک ایران (مدیریت خاک و امنیت غذایی)، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

خلیل مقدم ب و افیونی م، (۱۳۸۹) "کاربرد روش های رگرسیونی و شبکه های عصبی در تشکیل توابع انتقالی خاک به منظور تخمین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک منطقه زاگرس مرکزی، اولین کنفرانس بین المللی مدلسازی گیاه، آب، خاک و هوا، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

چاکرالحمینی م.ر، رونقی ع.م، مفتون م. و کریمیان ن.ج، (۱۳۸۱)، "پاسخ سویا به کاربرد آهن و فسفر در یک خاک آهکی"، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۶، شماره ۴، ص ۱۰۱-۹۱

دایر ا، برومندنسب س و کاشفی پور م، (۱۳۸۶)، "کاربرد مدل Qnet2000 در تعیین مقدار نفوذ"، اولین همایش سازگاری با کم آبی.

دهقانی ا، عسگری م و مساعدی ا، (۱۳۸۸)، "مقایسه سه روش شبکه عصبی مصنوعی سیستم استنتاجی فازی- عصبی تطبیقی و زمین آمار در میان یابی سطح آب زیرزمینی (مطالعه موردی دشت قزوین)"، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد شانزدهم ویژه نامه ۱.

دیانی، محمود، محمدی، جهانگرد و نادری، مهدی، (۱۳۸۸)، "تجزیه و تحلیل زمین آماری غلظت سرب، روی و کادمیم در خاکهای حومه سپاهانشهر واقع در جنوب اصفهان"، مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۳، شماره ۴، ص ۶۷-۶۷

راکعی ب، (۱۳۸۲)، "پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از سیستم شبکه عصبی در منطقه سفیددار گله استان سمنان"، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت مدرس: پایان نامه کارشناسی ارشد.

رحمانی ب، احمدالی خ، پارسی نژاد، م و نیک مهر، س، (۱۳۸۸). "استفاده از نظریه ژئواستاتیک در تهیه نقشه حاصلخیزی (مطالعه موردی منطقه بوکان)"، مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران، گرگان، ۸۱۹-۸۱۷

رفیع الحسینی ، م و ج. محمدی . ۱۳۸۰ " تجزیه و تحلیل پراکنش مکانی حاصلخیزی خاک و عملکرد محصول برای مدیریت زارعی دقیق " . مجموعه مقالات هفتمین کنگره علوم خاک ایران ، دانشگاه شهرکرد دانشکده کشاورزی ، صفحه ۱۷۸-۱۸۰ .

سالار دینی، ع. (۱۳۶۶) "حاصلخیزی خاک" چاپ و انتشارات دانشگاه تهران

سالاردینی ع، (۱۳۷۴)، "حاصلخیزی خاک"، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

سالاردینی ع، (۱۳۸۷)، "حاصلخیزی خاک"، چاپ هشتم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران

سکوئی اسکوتی ر، مهدیان م. ح و مسیح آبادی م. ح، (۱۳۸۹)، "ارزیابی تغییرات مکانی عناصر غذایی پر مصرف ازت، فسفر و پتاسیم به منظور مدیریت مصرف کود در خاک"، مجله پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، شماره ۸۷، ص ۱۱-۱۲

سکوئی اسکوتی، ر. و قائمیان، ن، (۱۳۸۸)، "کاربرد زمین آمار برای مدیریت تغذیه گیاه، مطالعه موردی دشت ارومیه"، مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران، گرگان، ۷۹۸-۷۹۶

سرمدیان ف ، تقی زاده را. عسگری ح م و اکبرزاده ع، (۱۳۸۸)، "مقایسه روشهای نروفازی، شبکه عصبی و رگرسیون چند متغیره در پیش بینی برخی خصوصیات خاک مطالعه موردی استان گلستان"، مجله تحقیقات آب و خاک ایران، (۴۱)، ۲۱۱-۲۲۰.

سروری س، قادری ج، عبقری ه و زارع نقده س، (۱۳۹۰)، "مدل سازی بارش رواناب رودخانه با استفاده از سیستم فازی انفیس و مقایسه با تابع بنیادی شعاعی"، چهارمین کنفرانی مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

صبور م ر، قاسم زاده ح، افشاری م و ابوالفضل زاده م، (۱۳۸۹). "مقایسه روشهای مدلسازی رگرسیون مرحله ای و شبکه عصبی مصنوعی در جذب فلزات سنگین در خاک"، چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست.

صفاریان ر، عامری خواه ه، خادم الرسول ع ا، مشایخی ن و حیدری ف، (۱۳۸۸)، "بررسی کارایی و مقایسه روشهای شبکه عصبی و رگرسیون خطی جهت برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاکهای مناطق گرم و خشک"، یازدهمین کنگره علوم خاک ایران (مدیریت خاک و امنیت غذایی)، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

صفاری م، یثربی ج، معاذالهی م، فتحی ح و عمادی م، (۱۳۸۸)، "ارزیابی و مقایسه روش های میان یابی کریجینگ و شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی تغییرات مکانی بعضی از خصوصیات شیمیایی خاک"، یازدهمین کنگره علوم خاک ایران (مدیریت خاک و امنیت غذایی)، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

صیادی ح، غفاری ا، فعالیان ا و صدرالدینی ع، (۱۳۸۸)، "مقایسه عملکرد شبکه های عصبی *RBF* و *MLP* در برآورد تبخیر و تعرق گیاه مرجع"، مجله دانش آب و خاک، جلد ۱۹ شماره ۱.

علی اخیانی، م. و بهبهانی زاده، ع. ا.، (۱۳۷۳)، "شرح روشهای تجزیه شیمیایی خاک (جلد اول)"، نشریه فنی شماره ۸۹۳، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران

علیزاده ا، (۱۳۸۳)، "فیزیک خاک"، چاپ اول، دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد، صفحه ۴۳۸

فاتحی ش، نعمتی ع. و قادری ج، (۱۳۸۸)، "نهیة نقشه حاصلخیزی خاک ایستگاه تحقیقات کشاورزی اسلام آباد غرب با استفاده از تکنیک زمین آمار"، مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران، گرگان، ۱۲۴۳-۱۲۴۴

فائزینیا ف، اخیانی ا، گلزار ح.ر، (۱۳۸۷)، "بررسی مقدماتی وضعیت تغذیه ای مزارع سیب زمینی منطقه مجن"، وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی استان سمنان، شاهرود

فاضلی سنگانی م، (۱۳۸۸)، پایان نامه ارشد: "بررسی تغییرات مکانی و پهنه بندی خصوصیات خاک با استفاده از زمین آمار" دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

فیاضی، سعیده، محمدحسین عباسپورفرد، عباس روحانی، و حسن صدرنیا، (۱۳۹۱) "شناسایی و طبقه بندی سه رقم برنج ایرانی در نمونه های مخلوط مبتنی بر ویژگی های شکلی با استفاده از پردازش تصویر و شبکه عصبی *LVQ*"، دومین سمینار ملی امنیت غذایی، سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه،

قائمیان. ن ، (۱۳۸۴) "خصوصیات اراضی مناسب غلات" مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی- مدیریت ترویج و نظام بهره برداری

قائمیان، (۱۳۸۴) "دستور عمل فنی زراعت گندم آبی در استان آذربایجان غربی" مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی

قبادیان ر، (۱۳۸۶) "مقایسه نتایج حاصل از کاربرد شبکه عصبی مصنوعی با روشهای تجربی موجود در برآورد شاخص فشردگی خاکهای ریزدانه"، سومین کنگره ملی مهندسی عمران.

قربانی ه، روحانی ع، حافظی مقدس ن، (۱۳۹۱) "ارزیابی مدل شبکه عصبی مصنوعی LVQ4a2 در پیش‌بینی الگوی توزیع مکانی کادمیم در خاک" نشریه آب و خاک، جلد ۲۷ صفحه ۹۰-۱۰۲
کاشی، حامد، صمد امامقلی زاده، هادی قربانی، و سید علی اصغر هاشمی (۱۳۹۰)، "تخمین نفوذپذیری نهایی خاک با استفاده از فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی خاک توسط مدل شبکه عصبی مصنوعی"، یازدهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان، دانشگاه شهید باهنر،

کاشی راد، (۱۳۵۵) "تاثیر عناصر غذایی ازت، مس، روی و منگنز بر روی محصول و ترکیب شیمیایی گندم زمستانه" گزارش فعالیت‌های مرکز تحقیقات دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، شماره ۱ ص ۱۳۳-۱۰۷

کاشی راد، ۱۳۵۵. تاثیر ازت و میکروالمنت‌ها بر روی عملکرد و ترکیب شیمیایی گندم. گزارش فعالیت‌های مرکز تحقیقات دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز، شماره ۳، ص ۱۴۷-۱۳۹

کریمیان ا، (۱۳۷۵). "تاثیر رس و ماده آلی بر ظرفیت تبادل کاتیونی خاکهای آهکی استان فارس، پنجمین کنگره علوم خاک ایران .

کشاورز پ، ملکوتی م.ج. و همایی م، (۱۳۸۴). "مدیریت حاصلخیزی خاکهای شور"، ص ۳۷۱-۳۴۵، (خاکهای ایران (تحولات نوین در شناسایی، مدیریت و بهره برداری مؤسسه تحقیقات خاک و آب))، چاپ اول، بنایی م.ح، مؤمنی ع، بای بوردی م. و ملکوتی م.ج، انتشارات سنا، تهران.

کشکولی ح. ع، بقال باحج م، زینال زاده ک و غفاری پ، (۱۳۸۷)، "سنجش قابلیت شبکه های عصبی مصنوعی برای مدل سازی سامانه غیرخطی منحنی مشخصه خاک"، دومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

کنعانی ش، (۱۳۸۶). پایان نامه ارشد: "تخمین مقادیر شوری حوضه آبریز رودخانه ها به روش شبکه عصبی مصنوعی"، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت معلم تهران.

گراوند م، (۱۳۸۹) پایان نامه ارشد "ارزیابی آلودگی طبیعی فلزات سنگین در خاک‌های حاصل از شیب‌های گرگان" دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.

گیوی ج و پراشر ش، (۱۳۸۴)، "مقایسه مدل های رگرسیون چند متغیره تطبیقی و شبکه های عصبی مصنوعی در پیش بینی آب قابل جذب گیاه"، نهمین کنگره علوم خاک ایران.

لغوی م، (۱۳۸۲)، "راهنمای کشاورزی دقیق برای متخصصین کشاورزی"، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، تهران، صفحه ۲۹۶

مکاریان ح، روحانی ع، (۱۳۹۲) "پیش بینی الگوی مکانی جمعیت علف هرز تلخه (*Acroptilon repens* L.) با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی بردار چندی ساز یادگیر (LVQ) " نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، جلد ۲۳ شماره ۱، صفحه ۸۵-۹۶

محمد زمانی س، ایوبی ش. و خرمالی ف، (۱۳۸۶)، "بررسی تغییرات مکانی خصوصیات خاک و عملکرد گندم در بخشی از اراضی زراعی سرخنگلاته، استان گلستان"، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۱۱، شماره ۴۰ (الف)، ص ۹۱-۷۹

محمد عسگری ح، (۱۳۸۶)، پایان نامه ارشد: "بررسی تغییرات مکانی برخی از خصوصیات خاک با استفاده از زمین آمار و سنجش از دور"، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

محمدی آریا م، لکزیان ا. و حق نیا غ.ج، (۱۳۸۹)، "تأثیر مایه تلقیحی حاوی باکتری تیو باسیلوس و قارچ آسپرژیلوس بر رشد گیاه ذرت"، نشریه پژوهشهای زراعی ایران، جلد ۸، شماره ۱، ص ۸۹-۸۲

محمدی، ج. ۱۳۷۷. مطالعه تغییرات مکانی شوری خاک در منطقه رامهرمز (خوزستان) با استفاده از نظریه ژئواستاتستیک ۱- کریجینگ. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد دوم، شماره چهارم، صفحه ۶۳-۴۹.

محمدی، ج. ۱۳۸۵. مروری بر منابع ژئواستاتستیک و کاربرد آن در خاکشناسی. مجله علوم خاک و آب. جلد ۱۵ شماره ۱. صفحه ۱۰۹-۹۹.

محمدی، ج. ۱۳۸۵. پدومتری ۲ (آمار مکانی)، انتشارات پلک. ۴۵۳ صفحه. تهران، ایران.

معماریان فرد م و بیگی هرچگانی ح ا، (۱۳۸۸)، "مقایسه مدل های شبکه عصبی مصنوعی و توابع انتقالی رگرسیونی برای پیش بینی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک های استان چهارمحال و بختیاری"، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۳ شماره ۴.

معماریان فرد م، طالبی زاده ع، بیگی ح ا، محمدی ج و صالحی م ح، (۱۳۸۸)، "برازش توابع انتقالی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی"، یازدهمین کنگره علوم خاک ایران (مدیریت خاک و امنیت غذایی)، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

ملکوتی . تغذیه متعادل گندم. نشر آموزش کشاورزی . تهران ، ایران

ملکوتی م. ج (۱۳۸۷) کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد بهینه سازی مصرف کود در ایران، صفحه ۳۲۰، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی

ملکوتی م. ج، بایوردی ا، بلالی م.ر، درودی م.س. و مجیدی ع، (۱۳۷۹)، "حد بحرانی عناصر غذایی در خاک و گیاه"، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره ۱۹۷.

ملکوتی ، م. ج، پ. کشاورز و ن. کریمیان (۱۳۸۷) "روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار" انتشارات مرکز نشر دانشگاه تربیت مدرس ، شماره ۱۰۲، ۷۵۵ صفحه . تهران ، ایران.

ملکوتی ، م.ج. و م. مطهری (۱۳۸۷) " نقش ریز مغذی ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی " دانشگاه تربیت مدرس. صفحه ۲۸۰

ملکوتی ، م.ج. و م.ج. داودی ۱۳۸۱. روی در کشاورزی (عنصری فراموش شده در چرخه حیات گیاه ، دام و انسان) . انتشارات سنا . ۲۰۹ صفحه . تهران ، ایران.

ملکوتی م.ج. و غیبی م.ن، (۱۳۷۹)، "تعیین حد بحرانی عناصر غذایی مؤثر در خاک، گیاه و میوه در راستای افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات استراتژیک"، چاپ دوم، نشر آموزش کشاورزی، کرج.

ملکوتی م.ج. و نفیسی م، (۱۳۸۴)، "مدیریت حاصلخیزی خاک"، ص ۳۴۴-۳۱۶، (خاکهای ایران تحولات نوین در شناسایی، مدیریت و بهره برداری مؤسسه تحقیقات خاک و آب)، چاپ اول، بنایی م.ج، مؤمنی ع، بایوردی م، ملکوتی م.ج، انتشارات سنا، تهران.

ملکوتی م.ج. و همایی م، (۱۳۸۳)، "حاصلخیزی خاکهای مناطق خشک و نیمه خشک" مشکلات و راه حل ها" چاپ دوم با بازنگری کامل، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، دفتر نشر آثار علمی، تهران. ۴۸۲ صفحه

منهاج م، (۱۳۸۱) "مبانی شبکه های عصبی (جلد ۱)"، انتشارات دانشگاه امیرکبیر، (ص ۵۰۲)، تهران

موسوی زاده مجرد ر. ا و سپاسخواه ع، (۱۳۸۷)، "پیش بینی منحنی مشخصه آب خاک با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی"، دومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز

مؤمنی ع، (۱۳۸۴)، "وسعت و پراکنش جغرافیایی خاکهای مسأله دار"، ص ۲۱۲-۲۰۰، (خاکهای ایران (تحولات نوین در شناسایی، مدیریت و بهره برداری مؤسسه تحقیقات خاک و آب))، چاپ اول، بنایی م.ح، مؤمنی ع، بای بوردی م. و ملکوتی م.ج، انتشارات سنا، تهران.

مؤمنی ع، رسولی م.ح، بای بوردی م، ملکوتی م.ج، (۱۳۸۴)، "لزوم حفظ کیفیت و پایش منابع خاک کشور"، ص ۳۱۵-۲۸۸، (خاکهای ایران (تحولات نوین در شناسایی، مدیریت و بهره برداری مؤسسه تحقیقات خاک و آب))، چاپ اول، بنایی م.ح، مؤمنی ع، بای بوردی م. و ملکوتی م.ج، انتشارات سنا، تهران.

مومنی ع، (۱۳۷۴) مدل سازی ساختار مکانی متغیرهای حاصلخیزی و مواد آلی خاک بعنوان مبنایی برای اعمال کشاورزی دقیق در دشت مرودشت ایران، مجله علوم خاک و آب، ویژه نامه خاکشناسی و ارزیابی اراضی، صفحه ۱۲-۱۱.

مهیدیان، م. ح، (۱۳۸۳)، "کاربرد زمین آمار در زهکشی"، سومین کارگاه فنی زهکشی، ۷۵-۹۴
مهربانیان م، تقی زاده مهرجردی ر ا، دهقانی ف و زمانیان ک، (۱۳۸۸)، "مدلسازی خصوصیات خاک با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، رگرسیون چند متغیره و توابع انتقالی"، یازدهمین کنگره علوم خاک ایران (مدیریت خاک و امنیت غذایی)، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

میرزا شاهی ک و سعادت س، (۱۳۸۹)، "تأثیر مواد آلی مختلف بر عملکرد کلزا و برخی خصوصیات خاک در شمال خوزستان"، مجله پژوهشهای خاک (علوم خاک و آب)، جلد ۲۴، شماره ۱، ص ۲۹-۲۱

نامدار خجسته د، شرفا م، اسکندری ذ ا و عبداللهی آریاپناهی ع، (۱۳۸۸)، "اندازه گیری EC محلول خاک به وسیله TDR با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی"، یازدهمین کنگره علوم خاک ایران (مدیریت خاک و امنیت غذایی)، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

نصرت پور س، اردلان م، فرج نیا ا. و اسمعلی عوری ا. (۱۳۸۹). "بررسی توزیع مکانی برخی عناصر غذایی و عوامل موثر بر حاصلخیزی خاک در اراضی شهرستان مراغه با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی"، مجله پژوهشهای آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، شماره ۸۷، ص ۱-۱۹

نجفی نیسانی ن، (۱۳۸۵)، پایان نامه ارشد: "برآورد بار رسوب رودخانه زاینده رود با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی" دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه مازندران.

نژادרכابی م، رضانی مقدم م و طهماسبی نژاد ه، (۱۳۸۸)، "ارزیابی مقایسه ای مدل‌های MLP، ANFIS، RBF روابط تجربی و روش آماری رگرسیونی در برآورد میزان TDS آب"، دومین کنفرانس سراسری آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بهبهان.

نظری زاده ف، صفری سنجانی ع. و مجبوی ع، (۱۳۸۲)، "بررسی س اختار مکانی و تعداد نمونه موردنیاز در اندازه گیری فسفر و اسپورمیکوریزای آربوسکولار در دو کشت آبی و دیم خاکهای همدان"، مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران، جلد اول، صفحه ۹۷-۹۵

نوابیان م، لیاقت ع م و همایی م، (۱۳۸۳)، "برآورد سریع هدایت الکتریکی با استفاده از شبکه عصبی، کنفرانس بین المللی منابع آب و خاک، دانشگاه شیراز، ۲۱۱-۲۰۳.

Abreu, C. A., Raji, u. Gabe, M. F. Abreu and A. Paz -Gonzalez. (2002) " **Efficiency of multinutrient extractants for the determining of available zinc in soils** " J. Commuication in soil science and Plant analysis , 33: 3313-3324.

Acosta, J.A., Faz, A., Mrtinez, S. M., (2009), "**Identification of heavy metal sources by multivariable analysis in a typical Mediterranean city (SE Spain)**", Environ Monit Assess, DOI 10.1007/s10661-1194

Alijanpour shalmani A, Shabanpour Shahrestani M, Asad .H and Bagheri F. (2010). "**Comparison of regression pedotransfer functions and artificial neural networks for soil aggregate stability simulation**", 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. Brisbane, Australia.

Allen .V .Barker and David .j. phlbeam(2007), '**hand book of plant nutrition**'

Almasri M N, Kaluarachchi J J, (2005), "**Modular neural networks to predict the nitrate distribution in ground water using the on-ground nitrogen loading and recharge data**", Environmental Modelling & Software 20: 851-871.

Amini M., Abbaspour K. C, Khademi H. Fathipour N, Afyuni M and Schulin R. (2005), "**Neural network models to predict cation exchange capacity in arid regions of Iran**", European Journal of Soil Science, August 56: 551–559.

Anagu I, Ingwersen J, Uterman J and Streck T, (2009). "**Estimation of heavy metal sorption in German soils using artificial neural networks**", Geoderma 152: 104–112.

Asghari, H. A., Marschner P., Smith, S. E. and Smith, F. A., (2005), "**Growth response of Atriplex nummularia to mycorrhizal inoculation at different salinity levels**", Plant and Soil, 273: 245-256.

Azadeh A., Ghaderi S.F., and Sohrabkhani S. (2006). "**Forecasting electrical consumption by integration of Neural Network, time series and ANOVA**" Appl. Math. Comput. 186: 1753-1761.

Bani Naemeh. J (2003) MSc thesis "**Land evaluation for Land Use Planning with especial attention to sustainable fodder production in the Rouzeh Chai catchment of Urmia area – Iran**" Internatioal Institute For Geo-Information Scince and Earth Observatin Enschede, The Netherlands

Barber, S. A., (1984), "**Soil Nutrient Bioavailability**", John Wiley & Sons Pub., New York.

Borlaug, N. E., Dowsell, C., (2000), "**Agriculture in the 21st Century: vision for research and development**", Ref <http://www.agbioworld.org/biotech.info/borlaug/agriculture/html>

Bosun , S. Z. and Z. Qiguo (2003) "**Evaluation of spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region of subtropical**" China. Geoderma 115:85-99.

Breeuwsma A J, Wosten H M, Vleeshouwer J J, Van Slobbe A M and Bouma J.(1986). "**Derivation of land qualities to assess environmental problems from soil surveys**". Soil Science Society of America Journal, 50: 186–190.

Castriganano, A., K.Guighiaini, , R. Risaliti and R. Martinelli (2000)" **Study of spatial relationship among soli Physico- chemical properties of field in central italy using multivariate among soil physico – chemical proprerties of a filed in central italy using multivariate geostatistics**" J. Geoderma. 97:39-60.

Cahn , M. D, j W . Hummel and B. H. Brouer. (1994)” **Spatial analysis of soil fertility for site- specific management** “ J .soil Science. Soc Am 58: 1240-1248.

Chahal, D. S., B. d. Sharma and P.K . singh (2005)” **Distribution Of zinc and their association with soil Properties and uptake in different soil orders in semi – arid soils of Punjab , India** ” J. soil Science and Plant analysis. 36 :2857-2874.

Cox, M .S., P.D. Gerard, M.C. Wardlaw and M.J. Abshire (2003) “**Variability of selected soil properties and their relationships with soybean yield**” Soil Sci,Soc. Amer. J. 67: 1296-1302

Dawson C W and Wilby R L, (1999). "A comparison of Artificial neural networks used for river flow forecasting", Hydrology and earth system sciences 3(4), 529-540.

Dekock, D., N. Classen and A. Jungk (1995) “ **Iron nutrition of plants at high pH** “ Soil Sci. 79: 167-175

Eriko I, Kenji O, Yoichi M. I and Makoto A, (2008). "A neural network approach to simple prediction of soil nitrification potential: A case study in Japanese temperate forests", Ecological modelling 2 1 9: 200–211.

Fidêncio P H, Ronei J P and de Andrade J C, (2002). "Determination of organic matter in soils using radial basis function networks and near infrared spectroscopy". Analytica Chimica Acta, 453: 125–134.

Franzen, D.W., T. Nanna and W.A. Norvell. (2006) “A Survey of soil attributes in landscape position” Agronomy 98: 1015-1022

Ghasemi- Fasaie, R. and. A. RonGhi (2008) “ **Interaction of iron with Copper, Zinc and Manganese in Wheat as affected dy Iron and Manganese in calcareous soil**” J. Plant nutrion .31: 869- 849.

Ghassemi, F. A., Jakeman J., Nix, H. A., (1995), "Salinization of land and waterresources", Centrr for Research Environmental Studies. The Australian National University, Australia, 256p.

Gholamalizadeh Ahangar,A, N. Karimian,M. T. Assad and Y. Emam. 1995. **Growth and manganese uptake by soybean in highly calcareous soils ass affected by native and applied manganese and predicted bye nine different extractants.** Commun . Soil Sci. Plant Anal 6:1441-1454

Goovaerts, P., (1998), "Geostatistical tools for characterizing the spatial variability of microbiological and physico-chemical soil properties", Biology and Fertility of Soils, 27:315–334

Goel P.K., Prasher S.O., Patel R.M., Landry J.A., Bonnell R.B., and Viau A.A. (2003). **Classification of hyperspectral data by decision trees and artificial neural networks to identify weed stress and nitrogen status of corn**. *Comput. Electron. Agr.* 39: 67–93.

Gotway, C. A., R. B. Ferguson, G. W. Herget and T. A. Peterson. (1996) “**Comparison of kriging and Inverse – Distance methods for mapping soil parameters**” *J. Soil Science. Soc. Am* 60: 1237-1247

Grego, C. R., Vieria, S. R., Antonio, A. M., Rosa, S.C.D., (2006), "**Geostatistical analysis for soil moisture in the no tillage cropping system**", *Sci, Agric*, 63(4):341-350

Gupta M.M., Jin J., and Homma N. (2003). **Static and Dynamic Neural Networks: From Fundamentals to Advanced Theory**. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

Hapkins, B.G., Ellsworth, J.W., and Fonk, S., (2004), "**Phosphorus-zinc interactions in potato production**", *American journal of potato research*, Vol. 2, No.3

Hartman. E., Keeler. J. D, and Kowalski. J. M, (1990). "**Layered neural networks with Gaussian hidden units as universal approximations**". *Neural Computation*, vol. 2, no.2, pp. 210-215,

Hasmadi Ismail, M., (2009), "**Determining and Mapping Soil Nutrient Content Using Geostatistical Technique in a Durian Orchard in Malaysia**", *Journal of agriculture science*, vol. 1. No.1

Hoffmann, C. C., Kjaergaard, C., Uusi-Kamppa, J., Bruun Hansen, H. C., and Kronvang, B., (2009), "**Phosphorus Retention in Riparian Buffers: Review of Their Efficiency**", *J. Environ Qual.* 38:1942–1955

Hong-xia, Z., and Xiao-min, C., (2010), "**Spatial Variability of Soil Phosphorus based on geostatistics**", *IEEE*

Hyontai S. (2009). "**Performance Comparison of RBF networks and MLPs for Classification**". *Proceedings of the 9th WSEAS International Conference on Applied informatics and communications*.

Ibrahim Ekhmaj A, (2010). "**Predicting Soil Infiltration Rate Using Artificial Neural Network**", *International Conference on Environmental Engineering and Applications*.

Ingleby H.R and Crowe T.G. (2001). "**Neural network models for predicting organic matter content in Saskatchewan soils**", *Canadian Biosystems Engineering*, V(43).

Jain, A, and Kumar, A. (2006). "**An evaluation of artificial neural network technique for the determination of infiltration model parameters**", Applied Soft Computing, 6: 272-282.

Jain S K, Singh V P. Asce F and van Genuchten M. Th, (2004). "**Analysis of Soil Water Retention Data Using Artificial Neural Networks**". Journal of Hydrologic Engineering © ASCE / September/October 2004.

Jiang, P. and K. D. Tele. (2004) “ **Effect of soil and topographic properties on crop yield in a north – central com soybean cropping system** “ A gron .H .96: 252- 258

Javid, S., and Rowell, D.L., (2002), "**A Laboratory study of the effect of time and temperature on the decline in Olsen P following phosphate addition to calcareous soils**", Soil use management, 18:127-134.

Jiachun, S., Hazian, W., Jianming X., Jinjun W., Xingmei L., Haiping Z., and Shunlan J. (2006), "**Spatial distribution of heavy metals in soil: A case study of Changing, China**", Environ ment al Geology Geol, 10:245-264.

Kamaruzaman, J. and Tamaluddin, S,. (2001), "**Soil and Leaf Nutrient Spatial Variability of Coastal Oil Palm Plantation**", The Third International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry, p151-158.

Karaman, M. R., Susam, T., Er, F., Yaprak, S. and Karkacier,O., (2009), "**Simulation of Organic Matter Variability on a Sugarbeet Field Using the Computer Based Geostatistical Methods**", World Academy of Science, Engineering and Technology 56:724-727

Keshavarzi A and Sarmadian F. (2010). "**Comparison of artificial neural network and multivariate regression methods in prediction of soil cation exchange capacity (Case study: Ziaran region)**", DESERT 15: 167-174.

Keshavarzi, A, Sarmadian F, labbafi R and Rajabi Vandekhali, M.(2011). "**Modeling of Soil Cation Exchange Capacity Based on Fuzzy Table Look-up Scheme and Artificial Neural Network Approach**". Modern Applied Science. Vol. 5, No. 1.

Kravchenko, A. and D.G. Bullock. (1997) “**A comparative study of interpolation methods for mapping soil properties** “ J. Agron.91:3930-400.

Kuczak, C. N., Fernandes, E. C. M., Lehmann, J., Rondon M. A. and. Luozaio, F. J., (2006), "**Inorganic and organic phosphorus pools in earth worm cats (Glossos-colecidue) and a Brazilian rainforest oxisol**". Soil Biology and Biochemistry, 38:553-560.

Lallahema S, Maniaa J, Hania A and Najjarb Y. (2005). "**On the use of neural networks to evaluate groundwater levels in fractured media**". Journal of Hydrology, 307: 92-111.

Licznar P and Nearing M A, (2003). "Artificial **neural networks of soil erosion and runoff prediction at the plot scale**", Catena 51: 89– 114.

Liu, X. M., J.M. Xu, M. k. Zhang and X. F. Yu. (2004) “ **Application of Geostatistics and GIS technique to characterize spatial variabilities of bioavailable micronutrients in paddy soils** “ J. Environmental Geology 46:189-194

Liu, X., J. Xu, M. Zhang, B. Si and K. Zhao (2008) “ **Spatial variability of Soil available Zn and Cu in paddy rice fields of China** “ J. Environmental Geology 55:1569-1576

Legendre, P., Legendre, L., (1998), "**Numerical Ecology**". Elsevier, Amsterdam, 870pp.

Lopez-Granados, F., Jurado-Exposito, M., Atenciano, S., Garcia-Ferrer, A., De la Orden, M. S. and Garcia-Torres, L., (2002). "**Spatial variability of agricultural soil parameters in southern Spain**". Plant and Soil 246:97-105

Loeppert, R. H. and C. T. Hallmark (1985) “ **Indigenous soil properties influencing the availability of iron in calcareous soil** “ Soil Sci. Soc. Am. J.49: 597-603

Mandal, S., (2002). "**An inventory of current soil fertility status of Mahottary district, Nepa**". Available at URL:<http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/2002/sol/067.pdf>

Marcel G. S and Feike J. L. (1998), "**Using neural networks to predict soil water retention and soil hydraulic conductivity**", Soil & Tillage Research 47: 37-42.

Marcel G S, Feike J L, Martinus T and van Genuchten h. (1998). "**Neural Network Analysis for Hierarchical Prediction of Soil Hydraulic Properties**", Soil Science Society, 62: 847-855.

McBratney A B, Minasny B, Cattle S R and Vervoort R W. (2002). "**From pedotransfer functions to soil inference systems**". Geoderma. 109: 41-73.

McBratney, A. B. and R. Webster, (1983), "**Mapping soil fertility at Broom's Barn by simple kriging**", J. Sci Food Agric, 38:97-115

McBratney, A.B. and B.J. Pringel. (1997) “**Spatial variability in soil implications for precision agriculture**” Precision Agriculture BIOS Scientific Publishers Ltd . 3-31

- Merdun H, Cinar O, Meral R, and Apan M. (2006). "**Comparison of artificial neural network and regression pedotransfer functions for prediction of soil water retention and saturated hydraulic conductivity**", Soil and Tillage Research, 90: 108-116.
- Minasny B and McBratney A B. (2002), "**The Neuro-m method for fitting neural network parametric pedotransfer functions**". J. Soil Sci. Soc. Am, 66, 352–361.
- Minyoung K and Gilley j. E. (2008). "**Artificial Neural Network estimation of soil erosion and nutrient concentrations in runoff from land application areas**", computers and electronics in agriculture 6 4: 268–275.
- Mutlu E. Chaubey I, Hexmoor H and Bajwa S. G, (2008) ."**Comparison of artificial neural network models for hydrologic predictions at multiple gauging stations in an agricultural watershed**". Hydrol. Process. 22, 5097–5106.
- Nayanaka, V. G. D, Vitharana, W. A. U., Mapa, R. B., (2010), "**Geostatistical Analysis of Soil Properties to Support Spatial Sampling in a Paddy Growing Alfisol**", Tropical Agricultural Research, 22 (1): 34 - 44
- Ping Zoua, J Y, Jianrong F, Guangming L and Dongshun L., (2010). "**Artificial neural network and time series models for predicting soil salt and water content**", Agricultural Water Management 97: 2009–2019.
- Rodriguez, H. G., Popp, J., Gbur, E., Chaubey, I., (2011), "**Environmental and economic impacts of reducing total phosphorous runoff in an agricultural watershed**", Agricultural Systems, 104 :623–633
- Rodriguez, J.A., Nanos, N., Grav J. M., and Gil, L., (2008), "**Multiscale analysis of heavy metal contents in Spanish agricultural topsolis**", Chemosphere, 70:1085-1096.
- Rub G, Kruse R, Schneider M, and Wagnr P. (2009). "**Using advanced regression models for determining optimal soil heterogeneity indicators**". Studies in Classification, Data Analysis, and Knowledge Organization, pages 463-471.
- Ryan, P.R., Delhaize, E. and Jonse, D.L., (2001), "**Function and mechanism of organic anion exudation from plant roots**", Plant Mol. Biol. 52:527-60
- Ryan M, Christoph M, Hong J. Di and Cameron K C, (2004). " **The use of artificial neural networks (ANNs) to simulate N2O emissions from a temperate grassland ecosystem**", Ecological Modelling 175: 189–194.
- Saffari M, Yasrebi J, Sarikhani F, Gazni R, Moazallahi M, Fathi H and Emadi M, (2009). "**Evaluation of Artificial Neural Network Models for Prediction of Spatial**

Variability of Some Soil Chemical Properties", Research Journal of Biological Sciences. 4:(7) 815-820.

Salehi, M.B., M. Karimian Eghbali and H. Khademi. (2003)" **Comparison of soil variability in a detailed and a reconnaissance soil map in central Iran** " Geoderma.111, 4556

Sarmadian .F and Taghizadeh Mehrjardi. R. (2008). "**Modeling of Some Soil Properties Using Artificial Neural Network and Multivariate Regression in Gorgan Province, North of Iran**", Global Journal of Environmental Research 2 (1): 30-35.

Sarmadian F and Keshavarzi A, (2010). "**Developing Pedotransfer Functions for Estimating Some Soil Properties using Artificial Neural Network and Multivariate Regression Approaches**", International Journal of Environmental and Earth Sciences 1:1 2010.

Sharma, B.D., S.S. Mukhopadhyay, J.e. Katya. (2006)" **Distribution of total and DTPAextractable Zinc, Copper, Manganese and Iron in vertisols of India**" J. Soil Science and Plant analysis. 37: 653-672.

Sharma, B.D., V.K. Aggarwal, S.S. Mukhopadhyay and H. Arora. (2002) "**Micronutrient distribution and their association with soil properties in Entisol of Punjab, India** " J. Agricultural.7: 315-322.

Shuman, L. M. (1988) "**Effect of phosphorus level on extractable micronutrient and their distribution among soil fraction** " Soil. Sci. Soc. Am. J. 52: 136-141

Sims, J. T., (2000), "**Soil Test Phosphorus: Olsen P**", pp5-9,(In Methods for P Analysis), Pierzynski (ed) G.M., North Carolina State University, 102p

Sillanpää, M. 1982. **Micronutrients and the nutrient status of soils: A global study**. FAO Soils Bulletin 48. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. pp. 75-82.

Stevenson F. J. and Cole, M. A., (1999), "**Cycles of Soil- Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients**", Second Edition, Wiley J. and sons, INC, Canada

Shuman, L.M. and Anderson. 1974." **Evaluation of six extractants for their ability to predict manganese concentrations in wheat and soybeans**. Soil Sci. soc. Am. Proc. 38:788-790

Sys, C., Ranst, E.V., Debaveye, J., (1991), "**Land evaluation. Part 1: Principles in land evaluation and crop production calculations**". Agricultural publ. no7, Ghent University, Belgium, 274 pp.

Torrecilla J.S., Otero L., and Sanz P.D. (2004). **A neural network approach for thermal/pressure food processing**. Food Engin. 62: 89-95.

Vakil-Baghmisheh M.T. . PhD Thesis (2002).” **Farsi Character Recognition Using Artificial Neural Networks**”, Faculty of Electrical Engineering, University of Ljubljana.

Vakil-Baghmisheh MT and Pavesic N, (2003). “Premature clustering phenomenon and new training algorithms for LVQ “ Pattern recognition36: 1901-1921

Vieira, S.R. and A. Paz Gonzalez (2003)” **Analysis of the spatial variability of crop yield and soil properties in small agricultural plots** “ Bragantia, Campinas 62:127-138

Virgilio, N.A., A. Monti and G. Venturi.(2007),”**Spatial variability of switch grass(*Panicum virgatum* L.) yield as related to soil parameters in a small field**” Field Crops Research 101:232-239.

Wang, H. T. , Jin, J. and Wang, B., (2006), "**Improvement of soil nutrient management via information technology**" .Better crops, vol. 90, No.3

Welch, R.M., W.H. Allaway, W.A. House and J. kudota. 1991. **Geographic distribution of trace element problems**. Pp. 31-57 In:j.j. Mortvedt et al. Micronutrients in Agriculture. And ed. Soil sci. soc. Am. Madison, WI.Itudy. Fao soil Bulletin, No. 48, Fao, Rome. Italy

Wu, c., L. Zhang. (2009) “ **Heavy metal concentrations and their possible source in paddy soils of a modern agricultural zone, southeastern China** “ J. Environ Earth Science

Yamagishi, J., T. Nakamoto and W. Richner (2003) “ **Stability og spatial variability of wheat and maize biomass in small field managed under two contrasting tillage systems over 3 years** “ Field Crop Res.81: 95-108

Yang C-C, Prasher S O and Mehuys G R. (1997). "**An artificial neural network to estimate soil temperature**", Canadian Journal of Soil Science.

Yemefack, M., D.G. Rossiter and R. Njomgang (2005) “ **Multi-scale characterization of soil variability within an agricultural landscape mosaic system in southern Cameroon**” Geoderma 125: 117-143

Yi-chang, W., You-lu, B., Ji-yun, J., Fang, Z, Li-ping, Z., and Xiao-qiang, L., (2009), **"Spatial Variability of Soil Chemical Properties in the Reclaiming Marine Foreland to Yellow Sea of China"**, Agricultural Sciences in China, 8(9): 1103-1111

Yilmaz. I, and Kaynar. O, (2011). **"Multiple regression, ANN (RBF, MLP) and ANFIS models for prediction of swell potential of clayey soils"**. Expert Systems with Applications 38: 5958–5966.

Yong, J., L. Wenju, W. wen and Z. Yuge (2005) “ **Spatial heterogeneity of DTPA-extractable zinc in cultivated soils induced by city pollution and land use** “ Science in China Ser.C life Science.48: 82-91

Zhengyong Z, Tien Lien C, Herb W R, Yang Q, Xing Z and Meng F R, (2009). **"Predict soil texture distributions using an artificial neural network model"**, computers and electronics in agriculture 6 5: 36–48.

Zhang, F., Kang, S., Zhang, J., Zhang, R., and Li, F., (2004), **"Nitrogen fertilization on uptake of soil inorganic phosphorus fractions in the wheat root zone"**, Soil Sci. Soc. Am. J. 68: 1890-1895.

پیوست‌ها

