

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی و حاصلخیزی خاک

تهیه نقشه حاصلخیزی خاک در اراضی تعاونی تنگلی با استفاده از
سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و شبکه عصبی مصنوعی (ANN)

نگارنده: شبیم حسامی آرانی

استاد راهنما:

دکتر شاهین شاهسونی

استاد مشاور:

دکتر صمد امامقلی زاده

بهمن ۱۳۹۵

تقدیم اثر:

به پاس گرمای امید بخش وجودشان که در این سردترین روزگار ان بهترین پشتیبان من است.
به پاس قلب های بزرگشان که فریاد رس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می-

کراید.

به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند و وجودشان شادی بخش و مایه آرامش من

است.

این اثر را به استوارترین تکیه گاهم، خانواده عزیزم تقدیم می نمایم

بوسه بردستان پر مهرتان



تشکر و قدردانی:

باتقدیر و تشکر از استاد با کمالت و شایسته، جناب آقای دکتر شاپین شاهسونی که در کمال سعه صدر، با حسن

خلق و فروتنی، از پیچ کلمی در این عرصه دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند.

همچنین با کمال قدردانی از زحمات بی‌شائبه استاد صبور و دانشمند، جناب آقای دکتر صمدامامعلی زاده که

زحمت مشاوره این رساله را در حالی مستقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پروژه به نتیجه

مطلوب نمی‌رسید.

در پایان از تمامی کسانی که در انجام این رساله مرایاری نمودند، به ویژه مسؤل آزمایشگاه محترم جناب

آقای مهندس غلامرضا ساگری و دوست مهربانم خانم گلناز مفاخری تشکر می‌نمایم.

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را پاس گوید



تعهد نامه

اینجانب شبینم حسامی آرانی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، نویسنده پایان نامه تهیه نقشه حاصلخیزی خاک در اراضی تعاونی تنگلی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN) تحت راهنمایی شاهیین شاهسونی 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 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، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

استفاده صحیح از اراضی به گونه‌ای که با حفظ منابع طبیعی بیشترین سود حاصل گردد یکی از اهداف مهم علم خاک‌شناسی می‌باشد و برای نیل به این هدف، شناخت تغییرپذیری مکانی ویژگی‌های خاک به منظور استفاده بهینه از منابع و مدیریت صحیح حاصلخیزی خاک از اهمیت بسیاری برخوردار است. هدف از انجام این مطالعه تهیه نقشه پراکنش مکانی متغیرهای مؤثر در حاصلخیزی خاک در سطح ۱۰۰ هکتار از اراضی تعاونی تنگلی منطقه اینچه برون استان گلستان با کاربری باغ زیتون می‌باشد. جهت انجام آزمایشات از ۲۰ پروفیل خاک با فاصله ۵ هکتار در سه عمق مؤثر زراعی (۶۰-۹۰، ۶۰-۳۰، ۳۰-۰ سانتی‌متری) نمونه‌گیری و برای تعیین موقعیت دقیق نمونه برداری‌ها از دستگاه مکان‌یاب جهانی (GPS) استفاده گردید. سپس برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نظیر بافت، هدایت الکتریکی، اسیدیته، درصد کربن آلی، پتاسیم قابل جذب، منیزیم قابل جذب، روی قابل جذب و گوگرد کل خاک با استفاده از روش‌های استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌های خاک در محیط نرم افزار ArcGIS وارد شد. روش‌های مختلف میان‌یابی شامل وزن معکوس فاصله، اسپیلاین و کریجینگ معمولی با توابع دایره‌ای، نمایی، گوسین و کرووی برای متغیرهای فوق در عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک انجام شد. سپس با استفاده از قابلیت‌های نرم افزار فوق بهترین تکنیک میان‌یابی انتخاب و نسبت به تهیه نقشه پراکنش مکانی هر یک از متغیرها اقدام گردید. همچنین با وارد نمودن داده‌ها در نرم افزار Qnet و با ارزیابی دقت توابع انتقال سیگموئید، گوسین، تانژانت هایپربولیک و سکانت هایپربولیک، بهترین ساختار مدل شبکه عصبی مصنوعی (ANN) انتخاب شد. سپس با استفاده از پارامترهای آماری MAE، RMSE و R^2 نسبت به مقایسه نتایج حاصل از سامانه اطلاعات جغرافیایی و شبکه عصبی مصنوعی اقدام گردید. بررسی آماری دو روش GIS و ANN نشان داد که مدل ANN، بهترین کارایی را برای برآورد درصد کربن آلی با تابع تانژانت هایپربولیک، پتاسیم قابل جذب را با تابع گوسین، منیزیم را با تابع سیگموئید، روی قابل جذب و گوگرد کل را با تابع سکانت هایپربولیک، در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک نسبت به سامانه اطلاعات جغرافیایی دارد. همچنین بیشترین ضریب تبیین و کمترین میزان خطا مربوط به مدل شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد.

کلمات کلیدی: توزیع مکانی، زیتون، سامانه اطلاعات جغرافیایی، شبکه عصبی مصنوعی، نقشه

حاصلخیزی خاک

لیست مقالات موجود:

۱- بررسی تغییرات مکانی کربن آلی خاک با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در

اراضی تعاونی تنگلی

همایش ملی یافته‌های پژوهش و فناوری در اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی - دانشگاه

تهران - شهریور ۱۳۹۵

۲- بررسی توزیع مکانی گوگرد کل خاک در اراضی تعاونی تنگلی با استفاده از سامانه اطلاعات

جغرافیایی (GIS)

همایش ملی یافته‌های پژوهش و فناوری در اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی - دانشگاه

تهران - شهریور ۱۳۹۵

فهرست مطالب

صفحه	عنوان مطالب
۱	فصل اول - کلیات
۲	۱-۱- مقدمه
۲	۲-۱- اهمیت تهیه نقشه حاصلخیزی اراضی کشاورزی
۳	۱-۲-۱- زمین آمار
۴	۳-۱- ضرورت انجام کار
۵	۴-۱- هدف از انجام مطالعه
۷	فصل دوم - مرور منابع
۸	۱-۲- زیتون
۸	۱-۱-۲- تاریخچه
۸	۲-۱-۲- مشخصات گیاه‌شناسی
۸	۳-۱-۲- ارقام
۹	۴-۱-۲- روغن
۹	۵-۱-۲- فواید
۱۰	۲-۲- نیاز اقلیمی برای رشد درخت زیتون
۱۰	۱-۲-۲- دما و بارش
۱۰	۲-۲-۲- ارتفاع از سطح دریا
۱۱	۳-۲-۲- نیازمندی‌های خاک
۱۱	۳-۲- بررسی متغیرهای موثر در حاصلخیزی خاک
۱۱	۱-۳-۲- بافت خاک
۱۲	۲-۳-۲- هدایت الکتریکی خاک
۱۲	۳-۳-۲- اسیدیته خاک
۱۳	۴-۳-۲- کربن آلی خاک
۱۴	۵-۳-۲- پتاسیم خاک
۱۵	۶-۳-۲- منیزیم خاک
۱۵	۷-۳-۲- روی خاک
۱۶	۸-۳-۲- گوگرد خاک
۱۷	۴-۲- آشنایی با سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)
۱۷	۱-۴-۲- ویژگی‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی
۱۹	۵-۲- میان‌یابی
۱۹	۱-۵-۲- روش وزن معکوس فاصله (IDW)
۲۰	۲-۵-۲- روش اسپیلاین یا توابع شعاع محور (RBF)
۲۰	۳-۵-۲- روش کریجینگ (Kriging)
۲۱	۶-۲- آشنایی با شبکه عصبی مصنوعی (ANN)
۲۳	۱-۶-۲- ویژگی‌های شبکه عصبی مصنوعی

۲۴	۷-۲- سابقه مطالعات انجام شده
۲۴	۱-۷-۲- مطالعات انجام شده در ارتباط با استفاده از GIS
۲۵	۲-۷-۲- مطالعات انجام شده در ارتباط با استفاده از GIS در ایران
۲۷	۳-۷-۲- مطالعات انجام شده در ارتباط با استفاده از ANN
۲۹	۴-۷-۲- مطالعات انجام شده در ارتباط با استفاده از ANN در ایران
۳۱	فصل سوم - مواد و روش‌ها
۳۲	۱-۳- مشخصات منطقه مورد مطالعه
۳۲	۱-۱-۳- موقعیت جغرافیایی
۳۲	۲-۱-۳- شرایط آب و هوایی
۳۳	۳-۱-۳- وضعیت کشاورزی در سال‌های پیشین
۳۳	۴-۱-۳- وضعیت منابع آب و آبیاری
۳۳	۲-۳- تعداد و موقعیت نقاط نمونه برداری
۳۴	۳-۳- نمونه برداری و آماده سازی نمونه
۳۵	۴-۳- اندازه‌گیری متغیرهای فیزیکی و شیمیایی موثر در حاصلخیزی خاک
۳۶	۵-۳- اجرای مدل GIS
۳۶	۶-۳- اجرای مدل ANN
۳۷	۱-۶-۳- توابع محرک
۳۸	۷-۳- پارامترهای آماری
۳۸	۱-۷-۳- میانگین قدر مطلق خطا
۳۸	۲-۷-۳- ریشه میانگین مربعات خطا
۳۹	۳-۷-۳- ضریب تبیین
۴۱	فصل چهارم - نتایج و بحث
۴۲	۱-۴- نتایج اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک
۴۴	۱-۲-۴- وضعیت بافت
۴۴	۲-۲-۴- وضعیت اسیدیته
۴۵	۳-۲-۴- وضعیت هدایت الکتریکی
۴۵	۴-۲-۴- وضعیت درصد کربن آلی
۴۵	۵-۲-۴- وضعیت پتاسیم قابل جذب
۴۶	۶-۲-۴- وضعیت منیزیم
۴۶	۷-۲-۴- وضعیت روی قابل جذب خاک
۴۶	۸-۲-۴- وضعیت گوگرد کل خاک
۴۷	۳-۴- میان‌یابی با استفاده از مدل GIS
۵۳	۴-۴- میان‌یابی با استفاده از مدل ANN
۵۸	۵-۴- مقایسه مدل GIS و ANN در پیش‌بینی عناصر مورد مطالعه
۶۰	۶-۴- نتیجه‌گیری
۶۱	۷-۴- پیشنهادها
۶۳	فصل پنجم - منابع

فهرست جداول

صفحه	شرح جدول
۱۱	جدول ۱-۲- رابطه بین پارامترهای محیطی و عملکرد زیتون
۱۲	جدول ۲-۲- تقسیم‌بندی خاک‌ها بر حسب تغییرات هدایت الکتریکی
۱۴	جدول ۲-۳- تقسیم بندی خاک‌ها بر اساس میزان درصد کربن آلی
۱۵	جدول ۲-۴- تقسیم بندی خاک‌ها بر اساس میزان پتاسیم قابل جذب
۴۲	جدول ۴-۱- توصیف آماری متغیرهای فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک
۴۳	جدول ۴-۲- توصیف آماری متغیرهای فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری خاک
۴۳	جدول ۴-۳- توصیف آماری متغیرهای فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در عمق ۶۰-۹۰ سانتی متری خاک
۴۷	جدول ۴-۴- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای درصد کربن آلی
۴۷	جدول ۴-۵- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای پتاسیم قابل جذب
۴۸	جدول ۴-۶- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای منیزیم قابل جذب
۴۸	جدول ۴-۷- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای روی
۴۸	جدول ۴-۸- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای گوگرد کل
۵۴	جدول ۴-۹- نتایج حاصل از اجرای توابع شبکه عصبی برای درصد کربن آلی
۵۴	جدول ۴-۱۰- نتایج حاصل از اجرای توابع شبکه عصبی برای پتاسیم قابل جذب
۵۴	جدول ۴-۱۱- نتایج حاصل از اجرای توابع شبکه عصبی برای منیزیم قابل جذب
۵۴	جدول ۴-۱۲- نتایج حاصل از اجرای توابع شبکه عصبی برای روی قابل جذب
۵۵	جدول ۴-۱۳- نتایج حاصل از اجرای توابع شبکه عصبی برای گوگرد کل خاک
۵۸	جدول ۴-۱۴- مقایسه آماری نتایج حاصل از GIS و ANN برای درصد کربن آلی
۵۸	جدول ۴-۱۵- مقایسه آماری نتایج حاصل از GIS و ANN برای پتاسیم قابل جذب
۵۹	جدول ۴-۱۶- مقایسه آماری نتایج حاصل از GIS و ANN برای منیزیم قابل جذب
۵۹	جدول ۴-۱۷- مقایسه آماری نتایج حاصل از GIS و ANN برای روی قابل جذب
۵۹	جدول ۴-۱۸- مقایسه آماری نتایج حاصل از GIS و ANN برای گوگرد کل

فهرست اشکال

صفحه	شرح شکل
۲۲	شکل ۱-۲- نمای کلی از یک شبکه عصبی مصنوعی
۳۲	شکل ۱-۳- موقعیت محدوده مورد مطالعه در Google Earth
۳۵	شکل ۲-۳- نقشه پراکنش نقاط نمونه برداری در محدوده مورد مطالعه
۳۷	شکل ۳-۳- توابع انتقال سیگموئید، گوسین، تانژانت هیپربولیک و سکانت هیپربولیک (راهنمای نرم افزار Qnet)
۵۰	شکل ۱-۴- توزیع مکانی EC خاک با روش میان‌یابی وزن معکوس فاصله
۵۰	شکل ۲-۴- توزیع مکانی pH خاک با روش میان‌یابی کریجینگ معمولی-نمایی
۵۱	شکل ۳-۴- توزیع مکانی درصد کربن آلی با روش میان‌یابی وزن معکوس فاصله
۵۱	شکل ۴-۴- توزیع مکانی پتاسیم قابل جذب با روش میان‌یابی کریجینگ معمولی - نمایی
۵۲	شکل ۵-۴- توزیع مکانی منیزیم با روش میان‌یابی اسپیلاین
۵۲	شکل ۶-۴- توزیع مکانی روی قابل جذب با روش میان‌یابی وزن معکوس فاصله
۵۳	شکل ۷-۴- توزیع مکانی گوگرد کل خاک با روش میان‌یابی اسپیلاین
۵۶	شکل ۸-۴- پراکنش داده‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه شده کربن آلی توسط تابع تانژانت هیپربولیک
۵۶	شکل ۹-۴- پراکنش داده‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه شده پتاسیم توسط تابع گوسین
۵۷	شکل ۱۰-۴- پراکنش داده‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه شده منیزیم توسط تابع سیگموئید
۵۷	شکل ۱۱-۴- پراکنش داده‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه شده روی توسط تابع سکانت هیپربولیک
۵۸	شکل ۱۲-۴- پراکنش داده‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه شده گوگرد کل توسط تابع سکانت هیپربولیک

فصل اول

کلمات

آگاهی از وضعیت خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و نحوه توزیع آن به دلیل ماهیت تغییرپذیری مکانی زیاد آن‌ها در فواصل کوتاه، به چگونگی مصرف نهاده‌ها و دستیابی به مدیریت جامع کشاورزی بر مبنای سیستم‌های اطلاعات مدیریتی کمک شایانی می‌کند. تغییرپذیری خاک در فواصل کوتاه موجب می‌گردد که نقاط مختلف آن از نیازهای تغذیه‌ای متفاوت برخوردار باشد. یکی از کاستی‌های روش‌های سنتی مدیریت مزرعه، عدم توجه به این مهم است که باعث می‌شود نهاده‌های مصرفی مزارع عمدتاً به صورت نامتعادل و بیش از نیاز مزرعه مورد استفاده قرار گیرند. برای رسیدن به مدیریت بر پایه تغییرات مکانی، بایستی ابتدا پهنه‌های تغییرپذیر خاک را تفکیک کرد و سپس در هر پهنه به مدیریت تغذیه‌ای خاک اقدام نمود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴).

گزارش‌های زیادی در رابطه با تاثیر قابل توجه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر میزان عملکرد محصول وجود دارد (کاکس و همکاران، ۲۰۰۳). در سیستم کشاورزی دقیق، نوع داده‌های مورد نیاز و انبوهی نقاط نمونه برداری از خاک ایجاب می‌کند که نقشه‌های حاصلخیزی خاک، تهیه و در آن‌ها اطلاعات مربوط به مقدار و پراکنش مکانی عناصر اصلی و کم مصرف مورد استفاده گیاه تعیین شوند (روشنی، ۱۳۹۲). در سیستم‌های کشاورزی مدرن، مدیریت مزرعه متناسب با تغییرات مکانی خصوصیات خاک صورت می‌گیرد که روشی منطقی برای تولیدات کشاورزی و در عین حال حفظ محیط زیست می‌باشد (گوپتا، ۱۹۹۷). بررسی الگوی تغییرات مکانی خصوصیات خاک و تهیه نقشه پراکنش آن‌ها گام مهمی در راستای توسعه کشاورزی پایدار است و وجود نقشه‌های خاک با دقت بالا برای طرح‌های کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست بسیار ضروری هستند.

۱-۲- اهمیت تهیه نقشه حاصلخیزی اراضی کشاورزی

تهیه نقشه حاصلخیزی خاک از نظر مدیریت تولید از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به کمک نقشه حاصلخیزی خاک می‌توان نقاطی از زمین را که در آن عملکرد مطلوب وجود ندارد شناسایی کرده و به

اصلاح آن پرداخت (نظرزاده اوغاز و همکاران، ۱۳۸۷). با تهیه نقشه‌های حاصلخیزی، مقدار عناصر غذایی موجود در مناطق مختلف خاک و نسبت آن‌ها به یکدیگر مشخص می‌شود. همچنین با تهیه این نقشه‌ها امکان اعمال قانون لیپیگ را در تولید انبوه محصولات کشاورزی در سطوح منطقه‌ای فراهم می‌آورد (مومنی، ۱۳۸۰).

یکی از مهم‌ترین اهداف کشاورزی پیشرفته، مصرف صحیح کودهای شیمیایی است و در میان عوامل مؤثر در حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه، کود همچنان مؤثرترین عامل حاصلخیزکننده خاک در جهان بوده و مصرف بهینه کود و تغذیه متعادل گیاه از دغدغه‌های اصلی در بخش کشاورزی می‌باشد (ملکوتی و غیبی، ۱۳۷۹). بدون توجه به میزان حاصلخیزی خاک، مصرف کودهای شیمیایی باعث بهم خوردن تعادل عناصر غذایی در خاک می‌شود (مکرم و بردیده، ۱۳۹۱). در ایران به دلیل ارزان بودن کودهای شیمیایی، مصرف آن‌ها به طور بهینه و اصولی صورت نمی‌گیرد و محیط زیست در معرض خطر جدی آلودگی به آلاینده‌های ناشی از کودهای شیمیایی قرار دارد. نقشه‌های حاصلخیزی خاک یک منطقه، امکان توصیه مقدار کودهای شیمیایی مورد نیاز گیاه را بر پایه تغییرات مکانی عناصر غذایی فراهم می‌آورد (لغوی، ۱۳۸۲). در نتیجه به تغذیه متعادل گیاه، حفظ محیط زیست، کاهش آلودگی و مصرف اقتصادی کودهای شیمیایی کمک می‌کند (روشنی، ۱۳۹۲).

۱-۲-۱- زمین آمار

از اواسط قرن بیستم شاخه‌ای از علم آمار به نام زمین آمار پا به عرصه علوم نهاد که امکان پردازش داده‌ها و توصیف مکانی آن‌ها را به وجود آورد. این علم یکی از دقیق‌ترین روش‌هایی است که علاوه بر توصیف تغییرات مکانی و زمانی داده‌ها، قادر به تهیه نقشه‌های کمی پراکنش عناصر با حداقل واریانس ممکن می‌باشد (ایساک، ۱۹۸۹).

تفاوت اصلی این روش با آمار کلاسیک این است که در آمار کلاسیک نمونه‌های گرفته شده از یک جامعه آماری مستقل از یکدیگر بوده و وجود یک نمونه هیچ‌گونه اطلاعاتی درباره نمونه بعدی نمی‌دهد.

اما روش‌های زمین آماری، همبستگی مکانی بین مقادیر یک متغیر در یک ناحیه را بررسی می‌نماید و امکان محاسبه خطای تخمین را فراهم می‌آورد. به طور کلی می‌توان گفت زمین آمار به بررسی آن دسته از متغیرهایی می‌پردازد که دارای ساختار مکانی هستند و یا به عبارتی بین مقادیر مختلف، فاصله و جهت قرار گرفتن آن‌ها یک ارتباط فضایی وجود دارد (حسنی پاک، ۱۳۸۶).

یکی از فواید بسیار مثبت علم زمین آمار برآورد میزان عناصر غذایی موجود در خاک و ارزیابی کیفیت و کمیت پراکنش آن‌ها در خاک می‌باشد. امروزه به منظور تخمین متغیرهای مکانی یک منطقه از روش‌های زمین آماری استفاده می‌گردد که بسته به نوع متغیر، دقت متفاوتی را نشان می‌دهند. این علم قادر به ارائه مجموعه وسیعی از تخمینگرهای آماری به منظور برآورد خصوصیت مورد نظر در مکان‌های نمونه برداری نشده با استفاده از اطلاعات حاصل از نقاط نمونه برداری شده می‌باشد (تاچگران و همکاران، ۱۳۸۶؛ جوانگ و همکاران، ۲۰۰۰). مک برانتی و وبستر (۱۹۸۳) از جمله اولین کسانی بودند که کاربرد علم زمین آمار را برای تخمین پراکنش مکانی خصوصیات شیمیایی و تهیه نقشه حاصلخیزی خاک توصیه نمودند.

۱-۳- ضرورت انجام کار

استان گلستان یکی از قطب‌های مهم کشاورزی کشور است که با سرمایه گذاری اندک در زمینه مهار آب‌های سطحی و استفاده بهینه از آن، می‌توان بخشی از اهداف و برنامه‌های توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور را تحقق بخشید. در کشور ما زیتون یکی از محصولات مهم و استراتژیک بوده و دولت نیز در سال‌های اخیر برای گسترش زیتون‌کاری با توجه به پتانسیل‌های اقلیمی و محیطی، اقدامات وسیعی را آغاز نموده است. از جمله فعالیت‌های مورد تاکید بخش کشاورزی استان در سال‌های اخیر، توسعه کشت زیتون در قالب طرح طوبی بوده است. در طرح طوبی مقرر گردیده بود که با شناسایی عرصه‌های مستعد باغبانی به تولید زیتون دست یابیم. زیرا از یک سو زیتون در مقایسه با سایر دانه‌های روغنی به آب کمتری احتیاج دارد و از سوی دیگر درخت زیتون را می‌توان در تپه ماهورهای با شیب نسبتاً زیاد

نیز کشت نمود و از فرسایش خاک و ایجاد سیلاب نیز جلوگیری کرد. ضمن اینکه مصرف روغن زیتون علاوه بر کاهش وابستگی به واردات روغن‌های خوراکی، سبب افزایش سلامت عمومی مردم نیز می‌گردد. همچنین قدرت سازگاری بالا با شرایط متنوع محیطی، کاربری دو منظوره (روغنی و کنسروی) و خواص درمانی فراوان این گیاه موجب شده که افزایش سطح زیر کشت زیتون در برنامه‌های توسعه کشور قرار گیرد (صادقی، ۱۳۸۱).

با توجه به این‌که در کشاورزی پیشرفته، مدیریت مصرف کود یکی از مهم‌ترین پارامترها به شمار می‌رود و سالانه هزینه‌های بسیار زیادی صرف واردات کود به ایران شده و این کودها بدون آزمون خاک و مدیریت صحیح، به صورت بی‌رویه در سطح مزارع کشور استفاده می‌شود، انجام این پژوهش و تهیه نقشه‌های حاصلخیزی خاک می‌تواند از نظر اقتصادی، زیست محیطی و جلوگیری از آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی و از جنبه سلامت و کیفیت محصول تولید شده از طریق مصرف مقدار مورد نیاز مواد مغذی یا اصلاحی خاک دارای اهمیت باشد. به همین منظور ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای باغ‌های تجاری موجود امری ضروری است.

۴-۱- هدف از انجام مطالعه

- ✓ بررسی برخی از خصوصیات حاصلخیزی اراضی شرکت تعاونی تنگلی
- ✓ تعمیم نتایج آزمون خاک برای اراضی مشابه در منطقه
- ✓ برآورد نهاده‌های کشاورزی (کود شیمیایی) و مصرف بهینه آن
- ✓ تهیه نقشه توزیع مکانی در محدوده اراضی مورد مطالعه
- ✓ تعیین اولویت‌های تحقیقاتی و برنامه‌ریزی‌های اجرایی
- ✓ استفاده بهینه از منابع تولید و دستیابی به کشاورزی پایدار

فصل دوم

مرور منابع

۲-۱-زیتون

۲-۱-۱-تاریخچه

زیتون یکی از قدیمی‌ترین محصولات درختی است که از هزاران سال پیش در منطقه شرق مدیترانه با کشت جمعیت‌های وحشی آن رشد کرده و از دیرباز به عنوان یکی از منابع تامین کننده مواد غذایی بشر به شمار می‌آید (برتینی، ۱۹۶۰). نتایج تحقیقات صورت گرفته نشان می‌دهد قدمت گیاه زیتون بیش از ۶۰۰۰ سال بوده ولی کشت آن در ایران به ۹۰۰ سال پیش می‌رسد (تامرادی و همکاران، ۱۳۸۸).

درخت زیتون به دلیل مقاومت به کم آبی و سازگاری با خاک‌های کم بازده و فقیر و تولید محصول با ارزش و کم هزینه، از نظر اقتصادی بسیار حائز اهمیت بوده و به محصول ثروتمند خاک‌های فقیر مشهور است. درخت زیتون همیشه سبز بوده و طول دوره باردهی اقتصادی آن، بسیار طولانی می‌باشد. روغن و میوه از مهم‌ترین فرآورده‌های آن محسوب می‌شوند (مشیری و معروف نژاد، ۱۳۹۱).

۲-۱-۲-مشخصات گیاه‌شناسی

درخت زیتون از خانواده Oleacea و از جنس Olea می‌باشد. این خانواده از ۲۹ جنس و حدود ۶۰۰ گونه تشکیل شده است که اکثراً در مناطق گرمسیری دنیا پراکنده‌اند و به صورت درختان زینتی و صنعتی هستند. فقط گونه زیتون Oleae Europea دارای میوه خوراکی است که جهت روغن‌کشی از میوه آن نیز استفاده می‌شود (خانیک، ۱۳۸۶).

۲-۱-۳-ارقام

زیتون دارای ارقام بسیار متنوعی است به طوری که بیش از ۱۲۰۰ رقم زیتون شناخته شده در جهان تحت ۳۰۰۰ اسم مختلف نام‌گذاری شده‌اند (بارتولینی و همکاران، ۱۹۹۸). بیشتر باغ‌های اقتصادی

زیتون ایران از ارقام زرد و روغنی محلی تشکیل شده‌اند و ارقام فیشمی، شنگه و ماری در سطوح محدودی مشاهده می‌گردند (هماپور و همکاران، ۱۳۹۳). در این تحقیق، زیتون رقم زرد مورد پژوهش قرار گرفته است. زیتون رقم زرد، پر محصول و دو منظوره است و به دلیل درصد روغن زیاد برای استفاده در کنسروسازی و روغن‌کشی برداشت می‌شود. این رقم، بومی ایران بوده و بیشترین سطح زیر کشت زیتون کشور را تشکیل می‌دهد (صادقی، ۱۳۸۱).

۲-۱-۴- روغن

روغن زیتون بخشی از نیازهای غذایی کشور ما را تأمین می‌کند که اگر از میوه سالم و با اصول صحیح، استخراج و نگهداری شود علاوه بر خودکفایی غذایی، در پیشگیری و درمان بسیاری از بیماری‌ها و بالا بردن سلامت جامعه نیز مؤثر خواهد بود. نتایج تحقیق هماپور و همکاران (۱۳۹۳) نشان داد کیفیت روغن زیتون تابعی از نوع رقم و اقلیم کشت آن می‌باشد.

۲-۱-۵- فواید

در تجارت بین‌المللی، ترکیب اسیدهای چرب مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده کیفیت روغن زیتون است. اولئیک اسید بیشترین و مهم‌ترین جزء تشکیل‌دهنده روغن زیتون می‌باشد و بالا بودن میزان آن به عنوان یک اسید چرب تک غیراشباعی برای زیتون یک مزیت مهم به شمار می‌رود. زیرا سبب افزایش پایداری اکسیداتیو روغن زیتون می‌گردد و همچنین ثابت شده است بین مصرف بالای روغن‌های تک غیراشباعی و کاهش کلسترول خون رابطه مستقیم وجود دارد (پسالتوپولو و همکاران، ۲۰۰۴). اولئوروپین یکی از فراوان‌ترین و مهم‌ترین ترکیب‌های فنلی موجود در میوه و برگ‌های زیتون است که تلخی میوه زیتون نیز ناشی از حضور اولئوروپین در آن می‌باشد (استی و همکاران، ۱۹۹۸)؛ آندروس و همکاران، ۲۰۰۳). اولئوروپین و ترکیبات مربوط به آن نقش به‌سزایی در سلامت دارد. این ترکیبات به عنوان آنتی‌اکسیدان، خطر ابتلا به بیماری کرونری قلب (انسداد شرایین) را کاهش می‌دهند (مانا و

همکاران، ۲۰۰۴). همچنین اهمیت فراوانی در کاهش سرطان‌های مختلف دارند (تریپولی و همکاران، ۲۰۰۵؛ اوون و همکاران، ۲۰۰۰) و می‌توانند فعالیت‌های ضد میکروبی و ضد ویروسی داشته باشند (فدریکی و بونگی، ۱۹۸۳؛ بیسینگانو و همکاران، ۱۹۹۹).

۲-۲- نیاز اقلیمی برای رشد درخت زیتون

۲-۲-۱- دما و بارش

درجه حرارت مهم‌ترین عامل محیطی برای رشد و باردهی درخت زیتون می‌باشد. درخت زیتون، بیشترین رشد و بهترین کیفیت روغن را در شرایط آب و هوایی مدیترانه‌ای و در مناطقی با زمستان‌های معتدل و تابستان‌های گرم و خشک دارد. مناسب‌ترین دما در فصل رشد برای مناطق زیتون‌کاری، بین ۱۶ الی ۲۲ درجه سانتی‌گراد است (محمدی دانش و کیلی، ۱۳۸۵). دمای کمتر از ۷- درجه سانتی‌گراد، گیاه را دچار یخ‌زدگی و اختلال بیولوژیکی می‌کند (درویشیان، ۱۳۷۶). درخت زیتون نسبت به خشکی مقاومت خوبی نشان می‌دهد، اما برای تولید محصول مرغوب به آب کافی نیاز دارد و در مناطقی که بارندگی سالیانه بین ۵۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌متر باشد، به صورت دیم رشد و نمو کرده و محصول قابل قبولی تولید می‌کند (میرمنصوری، ۱۳۷۹).

۲-۲-۲- ارتفاع از سطح دریا

ارتفاع از سطح دریا یکی از عواملی است که بر کیفیت عوارض جوی نظیر درجه حرارت، بارش و سایر عوارض جوی تاثیر می‌گذارد. کشت زیتون، تا ارتفاع ۸۰۰ الی ۱۲۰۰ متر از سطح دریا توصیه می‌شود (صادقی، ۱۳۵۹).

۳-۲-۲- نیازمندی‌های خاک

درخت زیتون اگر چه به طیف وسیعی از خاک‌ها سازگار است اما در خاک‌هایی که بتواند بدون محدودیت‌های فیزیکی و شیمیایی ریشه‌های خود را گسترش دهد، بیشترین عملکرد را خواهد داشت. ریشه درخت زیتون نسبتاً سطحی است و حداکثر تا عمق ۱۵۰ سانتی‌متر در زمین فرو می‌رود که به صورت افقی و شبکه مانند گسترش می‌یابد. به همین دلیل برای کاشت روی تپه‌های شیب‌دار بهترین درخت به شمار می‌رود و کمک موثری به تثبیت خاک و جلوگیری از فرسایش خاک و ایجاد سیلاب می‌کند. جدول (۱-۲) شرایط محیطی و عملکرد زیتون را در سطوح مختلف نشان می‌دهد.

جدول ۱-۲- رابطه بین پارامترهای محیطی و عملکرد زیتون (روشن زاده، ۱۳۷۹)

پتانسیل عملکرد	بسیار خوب	خوب	متوسط	ضعیف	غیر قابل قبول
میانگین دمای سالانه C	۱۶ تا ۲۲	۱۵ تا ۱۶	۱۴ تا ۱۵	۱۳ تا ۱۴	کمتر از ۱۳
میانگین بارش سالانه mm	بیشتر از ۵۰۰	۴۰۰ تا ۵۰۰	۳۰۰ تا ۴۰۰	۱۵۰ تا ۳۰۰	کمتر از ۱۵۰
pH خاک	۷ تا ۷/۲	۶ تا ۷	۶ تا ۶/۵	۵ تا ۵/۵	کمتر از ۵
EC خاک ds/m	۲/۸ تا ۰	۳/۸ تا ۲/۸	۵/۵ تا ۳/۸	۵/۵ تا ۸	بیشتر از ۸

۳-۲- بررسی متغیرهای موثر در حاصلخیزی خاک

مهم‌ترین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مورد نظر در این تحقیق شامل بافت، هدایت الکتریکی، اسیدیته، درصد کربن آلی، پتاسیم قابل جذب، منیزیم، روی قابل جذب و گوگرد کل خاک می‌باشد که به شرح زیر می‌باشند:

۳-۲-۱- بافت خاک

بافت خاک، درصد نسبی ذرات شن، سیلت و رس بوده که منعکس کننده برخی از ویژگی‌های خاک نظیر نفوذپذیری، ظرفیت نگهداری رطوبت، ظرفیت تبادل کاتیونی، میزان مواد آلی و رفتار خاک در مقابل شخم و دیگر عملیات خاک‌ورزی است (کسبی و همکاران، ۱۹۸۴).

۲-۳-۲- هدایت الکتریکی خاک

هدایت الکتریکی (EC) محلول خاک نشان دهنده غلظت کل املاح یونیزه شده در خاک می‌باشد و به عنوان شاخص شوری از مهم‌ترین ویژگی‌های شیمیایی خاک است که مقادیر بالای آن افزون بر اثر اسمزی و سمیت ویژه یونی، موجب بروز عدم تعادل تغذیه‌ای در گیاه می‌شود (همایی، ۱۳۸۱). یکی از مهم‌ترین اثرات صدمات شوری، کاهش رشد گیاه است. عدم توازن یونی ناشی از کاهش جذب یون‌های ضروری و انباشتگی یون‌های مضر و کمبود آب ناشی از کاهش جذب آب، منجر به کاهش سنتز پروتئین، تعرق، انتقال یون و در نهایت کاهش محصول خواهد شد (اسلام زاده و خلد برین، ۱۳۸۰). تحمل گیاهان مختلف در برابر شوری با توجه به نوع گیاه، نوع گونه و مرحله رشد گیاه متفاوت است. جدول ۲-۲ تقسیم‌بندی خاک‌ها را بر حسب تغییرات هدایت الکتریکی نشان می‌دهد.

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

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

۲-۳-۳- اسیدیته خاک

اسیدیته (pH) یکی از مهم‌ترین خصوصیات شیمیایی خاک است که میزان یا شدت اسیدی یا قلیایی بودن را مشخص می‌کند. در علم شیمی به لگاریتم معکوس غلظت یون‌های هیدروژن در یک محلول، pH گفته می‌شود. این مقیاس از ۰ الی ۱۴ متغیر است و کمتر از ۷ را اسیدی، بیشتر از ۷ را قلیایی و محدوده ۷ را خنثی در نظر می‌گیرند. از آن‌جا که فعل و انفعالات شیمیایی خاک در بازه‌های مختلف pH نتایج متفاوتی را به دنبال دارند، اندازه‌گیری آن در کشاورزی ضروری است. pH خاک نشان دهنده

نوع کاتیون‌های جذب شده در سطح کلوئیدها می‌باشد. مهم‌ترین نقش آن، کنترل حلالیت عناصر غذایی در خاک است. به عبارت دیگر قابلیت جذب عناصر غذایی وابستگی زیادی به pH خاک دارد. معمولاً با افزایش pH، حلالیت عناصر غذایی به جز مولیبدون کاهش پیدا می‌کند (سلیم و زحمتکش، ۱۳۸۷).

۲-۳-۴- کربن آلی خاک

یکی از چالش‌های مهم پیش روی کشاورزی پایدار به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، تخلیه خاک اراضی کشاورزی از کربن آلی (OC) است که در اکثر مناطق زیر کشت اراضی کشاورزی ایران کمتر از ۱ درصد است (مومنی، ۱۳۸۰). کربن آلی خاک تأثیر زیادی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارد و به عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی کیفیت خاک معرفی شده است (لل، ۲۰۰۴؛ دکستر و همکاران، ۲۰۰۸).

در تمام سیستم‌های کشاورزی، افزایش و پایداری سطح کربن آلی خاک نقش مهمی در تولید پایدار ایفا کرده و از تخریب خاک جلوگیری می‌نماید. در سالیان اخیر پیش‌بینی تغییرات مکانی کربن آلی به دلیل نقش آن در تغییرات اقلیمی و سلامت خاک، به یک مبحث مهم و کلیدی تبدیل شده است (پارکین و همکاران، ۱۹۹۶؛ ارتون و همکاران، ۲۰۱۴). تهیه نقشه کربن آلی خاک، مقدار و محل کمبود آن در اراضی کشاورزی و همچنین امکان بررسی درصد موفقیت پروژه‌های افزایش کربن آلی را نشان خواهد داد (روشنی، ۱۳۹۲). مواد آلی در خاک به عنوان مخزن عناصر غذایی برای گیاهان عمل می‌کند و سهم قابل توجهی در ظرفیت تبادل کاتیونی خاک دارد (چنو و همکاران، ۲۰۰۰؛ هرنانز و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین ضمن ایجاد ساختمان و خصوصیات فیزیکی مناسب، منجر به تولید محصولات زراعی با کیفیت و کمیت بالا گردیده و حاصلخیزی خاک را در حد مطلوبی حفظ می‌نماید. تقسیم بندی درصد کربن آلی خاک بر اساس استانداردهای موسسه تحقیقات خاک و آب کشور به شرح جدول ۲-۳ می‌باشد.

جدول ۲-۳- تقسیم بندی خاکها بر اساس میزان درصد کربن آلی

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

۲-۳-۵- پتاسیم خاک

پتاسیم (K) یکی از عناصر اصلی مورد نیاز گیاهان بوده که در فتوسنتز، تقسیم سلولی و رشد، ساخت پروتئینها و کمیت و کیفیت محصولات نقش بسیار مهمی دارد (سابر و زاناتی، ۱۹۸۱). تعیین پراکنش پتاسیم قابل جذب بسیار با اهمیت است، زیرا پتاسیم دومین عنصر پر مصرف در تغذیه گیاهان است (برناردی و همکاران، ۲۰۰۲). این عنصر به چهار شکل محلول، تبادلی، تثبیت شده و ساختمانی در خاک وجود دارد. در حالی که تنها به دو صورت محلول و تبادلی قابل دسترس برای گیاه می باشد (هابی و همکاران، ۱۹۹۰). هوازدگی کانیهای حاوی پتاسیم و تداوم مصرف کودهای پتاسه باعث ورود پتاسیم به بخش قابل دسترس می شود (لطفالهی و همکاران، ۱۳۸۴). مقدار پتاسیم موجود در خاک تابعی از مواد مادری، درجه هوازادگی، میزان مصرف کودهای پتاسه، میزان جذب توسط گیاه و تلفات ناشی از فرسایش می باشد. اغلب خاکها دارای مقادیر نسبتاً زیاد پتاسیم کل بوده ولی میزان پتاسیم قابل استفاده آنها نسبتاً کم است (دردی پور، ۱۳۸۹).

پتاسیم با تنظیم فشار اسمزی سلولهای روزنه برگ، در باز و بسته شدن روزنه ها، انتقال مواد در آوندهای آبکش، حفظ پتانسیل اسمزی و جذب آب نقش به سزایی دارد و گیاه را در برابر خشکی مقاوم می سازد. همچنین به عنوان فعال کننده بسیاری از آنزیمها در متابولیسم کربوهیدرات و پروتئین شرکت دارد و تحمل گیاه را نسبت به آفات و بیماریها، سرما و خشکی افزایش داده و موجب استحکام گیاه می شود (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۷۷). تقسیم بندی پتاسیم قابل جذب خاک بر اساس استانداردهای موسسه تحقیقات خاک و آب کشور به شرح جدول ۲-۴ است.

جدول ۲-۴- تقسیم بندی خاک‌ها بر اساس میزان پتاسیم قابل جذب

بازده کود پتاسی	وضعیت پتاسیم در خاک	مقدار پتاسیم قابل جذب برحسب mg/kg
خیلی خوب	خیلی کم	۰-۵۰
خوب	کم	۵۰-۱۵۰
متوسط	متوسط	۱۵۰-۲۵۰
کم	زیاد	۲۵۰-۴۰۰
خیلی کم	خیلی زیاد	بیش از ۴۰۰

۲-۳-۶- منیزیم خاک

منیزیم (Mg) مانند کلسیم به مقدار فراوان در خاک وجود دارد و مقدار آن بسته به نوع اقلیم و سنگ مادر متغیر بوده و در بافت سنگین بیشتر است. قابلیت استفاده منیزیم توسط گیاه، تنها تحت تاثیر قدرت ذخیره و رهاسازی خاک نیست، بلکه بیشتر تحت تاثیر نسبت کاتیون‌ها در مکان‌های تبادل قرار دارد و عدم تعادل آن‌ها به دلیل رقابت بین یون‌ها، منجر به کمبود منیزیم خواهد شد. منیزیم تنها عنصر فلزی موجود در کلروفیل است و به عنوان هسته مرکزی سازنده کلروفیل معرفی می‌شود. این عنصر در فعالیت آنزیم‌ها در گیاهان نقش داشته و حامل‌های فسفری را که در جذب سایر عناصر مؤثر هستند، فعال می‌کند و باعث تنظیم جذب فسفر در گیاه می‌شود. همچنین با شرکت در چرخه اسید سیتریک به عنوان یک چرخه متابولیسمی در گیاه، در تنفس گیاهان دخالت دارد و در درختانی مانند زیتون که تولید روغن می‌کنند، نقش مثبتی را در افزایش روغن تولیدی دارد (ملکوتی، ۱۳۷۹).

۲-۳-۷- روی خاک

روی (Zn) جزو عناصر کم مصرف و در مقادیر بسیار کم مورد نیاز گیاه است و به صورت کانی‌های سولفاتی، سیلیکاتی و کربناتی در پوسته زمین وجود دارد. pH خاک مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر قابلیت استفاده از روی برای ریشه‌های گیاه است. افزایش pH خاک سبب تشدید تثبیت روی در سطح ذرات

خاک نظیر کانی‌های رسی و اکسیدهای فلزی می‌شود. تثبیت سطحی عنصر روی، سبب کاهش حلالیت و در پی آن، کاهش قابلیت استفاده آن برای گیاه می‌گردد (برومر و همکاران، ۱۹۸۸؛ بارو و ولان، ۱۹۹۸). همچنین pH قلیایی خاک باعث می‌شود روی با مواد آلی خاک ترکیب شده و مجموعه‌هایی از روی را تشکیل دهند که ممکن است برخی از آن‌ها غیر قابل انحلال باشند (سالاردینی و همکاران، ۱۳۶۷).

عنصر روی نقش متابولیکی مهمی را در گیاه ایفا می‌کند و در بسیاری از سیستم‌های آنزیمی گیاه نقش کاتالیزوری، فعال کننده و یا ساختمانی دارد و در فرایندهای متابولیسم نیتروژن، انتقال انرژی و سنتز و تجزیه پروتئین‌ها دخیل است. در اثر کمبود روی، سنتز پروتئین کاهش و اسیدهای آمینه تجمع می‌یابند که علت آن کاهش انتقال اسیدهای آمینه و همچنین افزایش تجزیه و تخریب RNA است و در نهایت منجر به کاهش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود (جی و همکاران، ۱۹۸۶).

۲-۳-۸- گوگرد خاک

گوگرد (S) چهارمین عنصر ضروری برای گیاهان پس از ازت، فسفر و پتاسیم محسوب می‌شود و به دو شکل معدنی و آلی در خاک یافت می‌شود. نسبت مقدار گوگرد آلی و معدنی بسیار متفاوت است و به pH، وضعیت زهکشی، مقدار مواد آلی، ترکیبات کانی‌ها و عمق پروفیل خاک بستگی دارد (طباطبایی، ۱۹۸۶). این عنصر در بسیاری از فعالیت‌های آنزیمی، تشکیل پروتئین سلولی، اسیدهای آمینه، کلروفیل، و نیز در ساختمان شیمیایی برخی از ویتامین‌ها (بیوتین و تیامین) و مواد ناقل الکترون مانند فردوکسین (مؤثر در احیای جذبی نترات و سولفات) دخالت دارد و باعث افزایش مقاومت گیاهان به امراض، خشکی و سرما می‌شود (خاوازی و ملکوتی، ۱۳۸۰).

ساخت روغن و بهبود کیفیت میوه از دیگر وظایف گوگرد در گیاهان به شمار می‌رود. این عنصر با افزایش حلالیت فسفر، مصرف کودهای فسفاتی را کاهش می‌دهد. همچنین از تجمع نترات در بافت‌های گیاه جلوگیری می‌نماید.

گوگرد متداول‌ترین و مقرون به صرفه‌ترین ماده اسیدزا است (تیسدال و همکاران، ۱۹۸۴؛ گارسیا و همکاران، ۲۰۰۷) که با کاهش pH خاک به انحلال عناصر غذایی در محیط اطراف ریشه‌ها، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و بهبود تغذیه گیاهان منجر می‌شود (بشارتی، ۱۳۷۷). همچنین این عنصر در اصلاح خاک‌های سدیمی و آهکی نقش مهمی دارد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۵).

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های گوگرد، دارا بودن درجات مختلف اکسیداسیون می‌باشد (حجازی راد و همکاران، ۱۳۹۲) که این امر به گردش آن در طبیعت کمک می‌کند. چرخه گوگرد شامل چهار مرحله معدنی شدن، آلی شدن، احیاء شدن و اکسید شدن است. شکل‌های مختلف گوگرد به طور دائم در حال تغییر و تبدیل به یکدیگر بوده و داخل این چرخه در گردش هستند. حضور جمعیت کافی از میکروارگانیزم‌های اکسیدکننده گوگرد در خاک موجبات تشدید اکسیداسیون گوگرد، کاهش pH خاک، افزایش حلالیت عناصر غذایی و در نتیجه افزایش رشد گیاهان می‌شود. مقدار گوگرد در خاک‌های مختلف بسیار متغیر بوده و با مقدار مواد آلی خاک نسبت مستقیم دارد. غلظت آن در خاک‌های شنی کمتر، در خاک‌های رسی تا ۶۰۰ و میانگین آن در حدود ۳۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خاک است که شکل سولفات آن به سهولت برای گیاه قابل استفاده است (سالاردینی، ۱۳۷۲).

۲-۴- آشنایی با سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

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

۲-۴-۱- ویژگی‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی

GIS یک سامانه رایانه‌ای و مجموعه‌ای از سخت‌افزار، نرم‌افزار، داده‌های جغرافیایی و منابع انسانی است که به منظور کسب، ذخیره، پردازش، مدیریت اطلاعات جغرافیایی و نمایش کلیه اشکال اطلاعات با

مرجع جغرافیایی طراحی می‌شود. هدف نهایی یک سامانه اطلاعات جغرافیایی، پشتیبانی برای تصمیم‌گیری‌های بنا شده بر پایه داده‌های جغرافیایی می‌باشد و عملکرد اساسی آن به دست آوردن اطلاعاتی است که از ترکیب لایه‌های متفاوت داده‌ها با روش‌های مختلف و با دیدگاه‌های گوناگون به دست می‌آیند (نصرت پور، ۱۳۹۰).

با استفاده از GIS می‌توان داده‌ها را جمع‌آوری، طبقه‌بندی، تجزیه و تحلیل و به روز نمود و با انجام تحلیل‌های مکانی، اطلاعات سودمندی از وضعیت مکانی عوامل خاکی و روند تغییرات آن‌ها به دست آورد و به صورت نقشه ارائه نمود. این سامانه علاوه بر اطلاعات توصیفی، امکان ورود اطلاعات پیکسلی و یا برداری را از منابع مختلفی از قبیل نقشه، تصاویر هوایی و ماهواره‌ای، GPS، تجهیزات نقشه برداری و غیره دارد. داده‌های ذخیره شده در این سامانه از جنبه‌های گوناگون ارزیابی و جمع‌بندی می‌شوند و می‌توان آن‌ها را در قالب نقشه‌هایی با مقیاس مناسب و دلخواه، گزارش، جدول و نمودار ارائه نمود (نصرت پور، ۱۳۹۰).

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

ایجاد ارتباط بین حجم زیادی از اطلاعات و کیفیت بالای تحلیل داده‌ها در کوتاه‌ترین زمان، سبب استفاده وسیع از GIS در زمینه‌های مختلف مانند ارزیابی توان اکولوژیکی، منابع طبیعی، تغییرات محیط زیست، شناخت تخریب‌ها، ضایعات و آلودگی‌ها و از همه مهمتر برنامه‌ریزی منطقه‌ای یا محیط زیست گردیده است. استفاده از امکانات سامانه اطلاعات جغرافیایی و نقشه‌ها، امکان تلفیق و ادغام لایه‌های اطلاعاتی را برای دقیق کردن مطالعات و بهینه سازی توصیه و مصرف کود در ابعاد دقیق‌تر فراهم نموده است (میلر، ۲۰۰۸).

۲-۵- میان‌یابی

لازمه یک سیستم کشاورزی پایدار ایجاد بانک اطلاعاتی از وضعیت خاک‌های منطقه است. جمع‌آوری تمام داده‌ها برای تهیه نقشه مورد نیاز کشاورزی بسیار گران و زمان‌بر و مشکل است، اما توسعه تکنیک‌های مدرن نظیر ژئواستاتیسیتیک، این مشکل را تا حدودی حل کرده است و می‌توان با جمع‌آوری داده‌های کمتر، نقشه‌های با دقت منطقی تهیه نمود (برگس و وبستر، ۲۰۰۶). تکنیک میان‌یابی به معنی تهیه داده‌های پیوسته از طریق داده‌های گسسته است. منطق میان‌یابی بر این اصل استوار است که احتمال شباهت نقاط مجهول به نزدیک‌ترین نقاط معلوم (کمترین فاصله) بیشتر از نقاطی است که از هم دور می‌باشند (هم، ۱۹۸۹).

روش‌های کلاسیک نظیر تیسن و میانگین حسابی به دلیل در نظر نگرفتن موقعیت و آرایش داده‌ها و همبستگی بین آن‌ها، از دقت کافی برخوردار نمی‌باشند. بنابراین استفاده از تخمین‌گرهای زمین‌آمار می‌تواند دقت محاسبات را (به دلیل در نظر گرفتن موارد فوق‌الذکر) افزایش دهد. از مهم‌ترین این فنون می‌توان به روش‌های وزن معکوس فاصله (IDW)، اسپیلاین (RBF) و کریجینگ (Kriging) اشاره کرد. این روش‌ها به راحتی در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در دسترس هستند و می‌توان با استفاده از متد پهنه‌بندی (Interpolation) و مقادیر اندازه‌گیری شده، نسبت به برآورد مقادیر در نقاطی که فاقد نمونه هستند اقدام و داده‌های مربوط به نقاط نمونه برداری شده به تمامی منطقه تعمیم داده شوند. این امر هزینه تهیه نقشه‌ها را به دلیل کاهش نقاط نمونه برداری کم می‌کند. در نتیجه نقشه‌های تهیه شده علاوه بر کاربرد ساده آن دارای اطلاعات بسیار ارزشمند خواهند بود که به مدیریت بهینه اراضی به ویژه جنبه حاصلخیزی خاک کمک شایانی می‌نماید (اسلامی و همکاران، ۱۳۹۴).

۲-۵-۱- روش وزن معکوس فاصله (IDW)

یکی از روش‌های متداول در مطالعات جغرافیایی و نواحی ناهموار می‌باشد. فرض اساسی این روش بر آن است که تاثیر هر پدیده متناسب با توانی از معکوس فاصله آن است. بنابراین تاثیر پدیده مورد نظر

با افزایش فاصله، کاهش می‌یابد. برای پیش‌بینی در مکان‌هایی که داده‌های آن‌ها اندازه‌گیری نشده است از مقادیر اندازه‌گیری شده پیرامون محل استفاده می‌شود و عامل وزن بر اساس فاصله نقاط از یکدیگر تعیین می‌گردد. به نقاط نزدیک نمونه وزن بیشتر و به نقاط دورتر وزن کمتر اختصاص می‌یابد. معمولاً از این نقاط یک میانگین وزن دار می‌گیریم و نتیجه را برای نقطه مجهول ثبت می‌کنیم.

یکی از عوامل موثر در IDW، تعداد و موقعیت نقاط مجاور و به عبارتی وضعیت واحدهای همسایگی است. از آنجایی که هرچه فاصله نقطه مجهول از نقاط معلوم کاهش یابد، شباهت و وزن آن افزایش می‌یابد و مکان‌های دورتر تاثیر کمتر داشته، می‌توان آن‌ها را از محاسبات خارج نمود تا با کاهش میزان خطا، سرعت محاسبات افزایش یابد. بنابراین انتخاب و محدود کردن تعداد نقاط مجاور و به عبارتی پنجره جستجو برای نقاط مجاور در تحلیل‌ها مهم است.

۲-۵-۲- روش اسپیلاین یا توابع شعاع محور (RBF)

این روش برای نواحی مسطح که ناهمواری کم و تغییرات شیب تدریجی دارند مناسب می‌باشد. در این روش از چند جمله‌ای‌ها استفاده می‌شود و با برازش یک تابع چند جمله‌ای بر اساس داده‌های نمونه، مقادیر نقاط نامعلوم برآورد می‌گردند. ویژگی اساسی اسپیلاین در این است که بر اساس یک تابع ریاضی، میزان خمیدگی و انحناء کلی سطح را به حداقل رسانده و یک سطح نرم و یکنواخت را ایجاد می‌نماید که سطح ایجاد شده از نظر مقدار همواره در محدوده‌ای بین حداقل و حداکثر نقاط نمونه برداری شده ورودی قرار می‌گیرد. در معادلات درجه دوم و سوم این انحناها به حداقل خود رسیده و در نتیجه یک سطح همواری به دست می‌آید. با توجه به تاثیر درجه بر دقت داده‌ها در میان‌یابی، هر چه درجه بالاتری انتخاب شود شکل حاصل هموارتر خواهد بود اما به میزان قابل توجهی از دقت مدل کاسته می‌شود.

۲-۵-۳- روش کریجینگ (Kriging)

کریجینگ مهم‌ترین و گسترده‌ترین روش میان‌یابی است که بر پایه مدل‌ها و روابط آماری بنا شده است. لایه رستری تولید شده از این روش، سطحی بسیار دقیق را نمایش می‌دهد و در مناطق کوهستانی

بهترین و دقیق‌ترین خروجی را تولید می‌کند. روش Kriging بر خلاف روش IDW که یک روش میان‌یابی محلی است، روشی جهانی می‌باشد. به این معنا که در این روش تمامی مشاهدات منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرند (نورزاده حداد و همکاران، ۱۳۹۲).

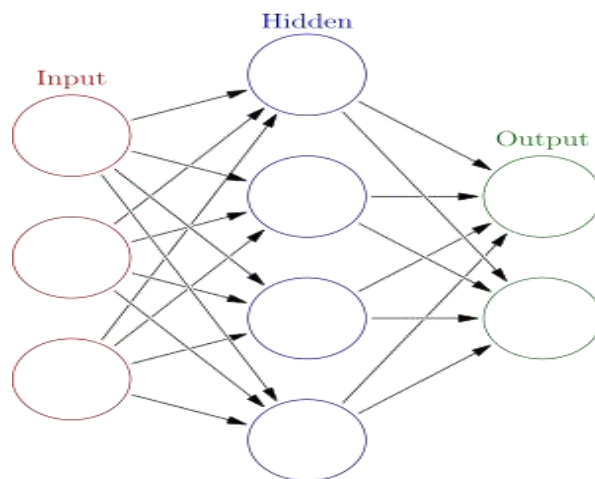
کریجینگ روش پیشرفته‌ای است که در مقایسه با سایر روش‌های میان‌یابی، محاسبات آن نیازمند زمان بیشتری است و با توجه به فرضیات پایه آن، معمولاً در سطوح کوچک به کار گرفته می‌شود. کریجینگ یک روش زمین‌آمار برای میان‌یابی داده‌ها براساس واریانس فضایی و بهترین تخمینگر خطی ناریب در مفهوم حداقل پراکندگی واریانس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

برای برآورد مقادیر بر اساس کریجینگ روش‌های مختلفی وجود دارد که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به روش‌های کریجینگ معمولی، کوکریجینگ و کریجی نگ رگرسیون اشاره کرد. در این تحقیق برای برآورد مقادیر نقاط مجهول و تهیه نقشه پراکنش مکانی از روش کریجینگ معمولی استفاده گردیده است. در کریجینگ معمولی برای برآورد وزن از توابع دایره‌ای، نمایی، گوسین و کروی استفاده می‌شود که با توجه به نوع تابع، مقدار برآورد شده متفاوت خواهد بود (اخوان و همکاران، ۱۳۹۰).

۲-۶- آشنایی با شبکه عصبی مصنوعی (ANN)

شبکه عصبی مصنوعی (Artificial Neural Network-ANN) با شناخت توانایی سلول‌های عصبی در مغز انسان و شبیه‌سازی این روند در سیستم‌های کامپیوتری، برای نخستین بار در سال ۱۹۴۳ توسط مک کالوخ (عصب‌شناس) و پیت (ریاضیدان) به وجود آمد و از آنجایی که مفاهیم پایه و مباحث آن از اساس ریاضی قابل اعتمادی برخوردار بود، بعدها به طور گسترده‌ای مورد اقبال عمومی پژوهشگران در مدل‌سازی تجربی فرآیندهای شدیداً غیرخطی قرار گرفت (هایکین، ۱۹۹۹).

مهم‌ترین بخش یک شبکه عصبی نرون (Neuron) است. نرون‌ها سلول‌های تشکیل‌دهنده دستگاه عصبی انسان هستند. به طور کلی، نرون کوچک‌ترین واحد پردازشگر اطلاعات است که اساس عملکرد شبکه‌های عصبی را تشکیل می‌دهند. نرون می‌تواند یک تابع ریاضی غیرخطی باشد. در نتیجه یک شبکه عصبی که از اجتماع این نرون‌ها تشکیل می‌شود نیز می‌تواند یک سامانه کاملاً پیچیده و غیرخطی باشد. شبکه‌های عصبی مصنوعی علی‌رغم تنوع، از ساختار مشابهی برخوردار می‌باشند و معمولاً از سه لایه ورودی، پنهان و خروجی تشکیل شده‌اند. در هر لایه، یک یا چند عنصر پردازشگر (نرون) وجود دارد که عملکرد آن‌ها مشابه عملکرد نرون‌های مغز انسان می‌باشد. علاوه بر این هر لایه دارای وزنی است که بیانگر میزان تاثیر دو نرون بر یکدیگر است. یک شبکه عصبی مصنوعی مجموعه‌ای از نرون‌هایی است که در آن هر نرون با کلیه نرون‌های لایه‌های دیگر مرتبط است و با پردازشی بسیار بزرگ و به هم پیوسته، در حل موازی مسائل ویژه مشغول به کارند. با استفاده از دانش برنامه‌نویسی رایانه می‌توان ساختار داده‌ای طراحی کرد که همانند یک نرون عمل نماید. سپس با ایجاد شبکه‌ای از این نرون‌های مصنوعی به هم پیوسته و ایجاد یک الگوریتم آموزشی و اعمال این الگوریتم به شبکه، آن را آموزش داد (منهاج، ۱۳۷۷). شکل (۳-۴) نمای کلی از یک شبکه عصبی مصنوعی را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱- نمای کلی از یک شبکه عصبی مصنوعی

۲-۶-۱- ویژگی‌های شبکه عصبی مصنوعی

شبکه‌های عصبی مصنوعی سیستم‌ها و روش‌های محاسباتی نوینی هستند که در استنتاج معانی از داده‌های پیچیده یا مبهم برای استخراج الگو و شناسایی روند، مورد استفاده قرار می‌گیرند (هایکین، ۱۹۹۹). شبکه عصبی مصنوعی، تقلیدی از مغز و شبکه اعصاب انسان می‌باشد و به دنبال تهیه ساختاری همانند مغز انسان است که قدرت یادگیری، تعمیم دهی و تصمیم‌گیری داشته باشد. در این گونه ساختارها هدف این است که با معرفی عملکرد یک سیستم دینامیکی، مدل را آموزش داده، چگونگی عملکرد در حافظه مدل ذخیره و از آن برای مواردی که قبلاً با آن مواجه نشده است، استفاده شود (منهاج، ۱۳۷۷).

مهم‌ترین مزیت شبکه‌های عصبی مصنوعی نسبت به سایر روش‌ها این است که از توزیع آماری داده‌ها مستقل بوده و نیازمند تعیین یک تابع خاص برای بیان رابطه میان داده‌های ورودی و خروجی نیست و از طریق فرآیند آموزش به دست می‌آید (اسچاپ و همکاران ۱۹۹۸). مزیت دیگر نسبت به سیستم‌های هوشمند، قدرت یادگیری آن‌ها در مقیاس خیلی کوچک از محیط پیرامونشان و توانایی تعمیم این یادگیری است. به طور کلی، در این روش سعی می‌شود بر اساس روابط ذاتی میان داده‌ها، مدلی خطی یا غیرخطی بین متغیرهای مستقل و وابسته برقرار گردد. خاصیت تعمیم‌دهی، شبکه را قادر می‌سازد تا ضمن برخورد با تعداد محدودی نمونه، یک قانون کلی از آن به دست آورده و نتایج این آموخته‌ها را به موارد مشاهده شده از قبل تعمیم دهد. امروزه شبکه‌های عصبی مصنوعی به دلیل توانایی شبیه‌سازی فرآیندهای پیچیده که در آن‌ها تعداد عوامل تاثیرگذار زیاد است، در علوم کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند (منهاج، ۱۳۸۱).

محاسبات در شبکه‌های عصبی مصنوعی به صورت موازی و توسط سخت‌افزارهای مخصوصی که طراحی و ساخت آن برای دریافت نتایج بهینه است، انجام می‌گیرد و برای آنالیز صحت داده‌ها به بررسی کمتری در قیاس با روش‌های آماری نیاز دارند (کانیانی، ۲۰۰۸). شبکه‌های عصبی می‌توانند پیش‌بینی‌هایی با خطاهای کمتر نسبت به روش‌های متداول رگرسیونی ارائه دهند (اسچاپ و همکاران، ۱۹۹۸) و همچنین

به عنوان یک روش دقیق مدل‌سازی در تخمین پارامترهای دیرپافت خاک مورد استفاده قرار گیرند (لیزنار و نیرینگ، ۲۰۰۲؛ شارما و همکاران، ۲۰۰۳؛ مردون، ۲۰۰۸).

۲-۷- سابقه مطالعات انجام شده

۲-۷-۱- مطالعات انجام شده در ارتباط با استفاده از GIS

مک براتنی و وبستر (۱۹۸۳) از جمله اولین کسانی بودند که کاربرد تکنیک کریجینگ را برای تخمین ساختار مکانی خواص خاک و توسعه کشاورزی دقیق توصیه نمودند. وایت و همکاران (۱۹۹۷) نقشه پراکنش روی را با استفاده از روش های ژئواستاتستیک و سامانه اطلاعات جغرافیایی برای ایالات متحده آمریکا تهیه نمودند. ایستمن و همکاران (۱۹۹۸) تناسب اراضی مناطقی از نپال را برای توسعه کشاورزی صنعتی با استفاده از تکنیک‌های زمین آماری و سامانه اطلاعات جغرافیایی مشخص نمودند.

مالارینو و ویتتری (۲۰۰۰) در مقاله‌ای با عنوان چگونه می‌توانیم با استفاده از تکنولوژی‌های جدید، نمونه- برداری خاک را متمرکز کرده و کوددهی پتاسیم و فسفر را مقرون به صرفه کنیم؟ سامانه اطلاعات جغرافیایی را به عنوان ابزاری مناسب برای این امر معرفی کردند. والتر (۲۰۰۱) نقشه پهنه‌بندی شوری خاک را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و زمین آمار تهیه نمود. نارایان مندال (۲۰۰۲) بررسی وضعیت فعلی حاصلخیزی خاک قسمتی از اراضی نپال را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام داد. لین و لیو (۲۰۰۲) مدیریت مکانی کود در مزارع برنج را بر اساس اطلاعات به‌دست آمده از خاک و از طریق سامانه اطلاعات جغرافیایی در تایوان انجام دادند. استال و همکاران (۲۰۰۳) تجزیه و تحلیل مکانی مدیریت حاصلخیزی خاک را با استفاده از داده‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی در مرکز و غرب کنیا انجام دادند. ونگ و همکاران (۲۰۰۶) بهبود مدیریت موادغذایی خاک را بر پایه تکنولوژی اطلاعات در ایالت شانچی چین با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی انجام دادند.

اختر و همکاران (۲۰۱۰) نقشه حاصلخیزی خاک را با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی در اراضی حیدرآباد پاکستان تهیه نمودند. استفاده نامتوازن از کودهای شیمیایی، غیر قابل دسترس شدن عناصر

غذایی و کاهش کیفیت آب آبیاری از جمله عوامل کاهش حاصلخیزی اراضی مورد مطالعه بود. به منظور تهیه نقشه حاصلخیزی خاک نسبت به آنالیز نمونه‌های خاک شامل عناصر پر مصرف و کم مصرف، بافت، هدایت الکتریکی و اسیدیته خاک اقدام نمودند. نقشه‌های میان‌یابی شده با استفاده از قابلیت‌های GIS، وضعیت عناصر غذایی قابل دسترس در این مناطق را مشخص نمود و مبنای توصیه کودی، الگوی کشت، تناوب زراعی، عملیات آبیاری و مجموعه اقدامات کشاورزی گردید.

میشرا و همکاران (۲۰۱۴) نقشه‌های پراکنش مکانی برخی عناصر پر مصرف و کم مصرف خاک را با استفاده از GIS در استان اودیشا هندوستان، به منظور توصیه کودهای شیمیایی بر اساس آزمون خاک و مدیریت تغذیه در جهت افزایش تولید و کشاورزی پایدار تهیه نمودند. بالامورگان و همکاران (۲۰۱۴) به منظور ارزیابی آلودگی خاک در منطقه پامال هندوستان با استفاده از GIS و تکنیک‌های مختلف میان‌یابی نسبت به تهیه نقشه پیوسته آلودگی خاک‌های منطقه اقدام نمودن و روش IDW به عنوان بهترین روش میان‌یابی برای کلیه پارامترهای شیمیایی مورد بررسی تشخیص داده شد.

۲-۷-۲- مطالعات انجام شده در ارتباط با استفاده از GIS در ایران

محمدی و چیت‌ساز (۱۳۸۱) با استفاده از تخمینگرهای زمین آماری و با کمک گرفتن از GIS، تغییرات مکانی برخی خصوصیات خاک را با استفاده از روش‌های مختلف آماری شامل کوکریجینگ، کریجینگ و رگرسیون خطی بررسی نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد که تخمینگرهای زمین آماری نسبت به روابط همبستگی خطی از برتری نسبی برخوردار بوده و روش کریجینگ به عنوان روش برتر برآورد داده‌های مکانی پارامترهای خاک معرفی شد. امینی (۱۳۸۲) نسبت به تهیه نقشه پهنه‌بندی آلودگی خاک‌های استان اصفهان اقدام نمود.

سکوتی اسکویی و همکاران (۱۳۸۴) توزیع مکانی برخی از ویژگی‌های مؤثر در حاصلخیزی خاک را در بخش جنوبی دشت ارومیه در سطحی معادل ۳۶۶۹۰ هکتار مورد بررسی قرار دادند. برای بررسی خصوصیات خاکی در نقاط نمونه‌برداری نشده از روش‌های کریجینگ، میانگین متحرک وزنی و

کوکرچینگ در محیط GIS و جهت مقایسه کارایی تخمینگرهای مکانی و انتخاب روش مناسب میان-یابی، متغیرهای آماری MAE و MBE را به کار گرفتند. نتایج تحقیقات نشان داد روش کوریجینگ بالاترین دقت را در برآورد شاخص‌های خاک دارد و سپس نقشه‌های پراکنش مکانی خصوصیات خاک را تهیه نمودند. شهبازی و همکاران (۱۳۸۴) نقشه پراکنش مکانی برخی خصوصیات حاصلخیزی خاک را در دشت‌های استان گلستان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی تهیه نمودند. صادقی و روشنی (۱۳۸۶) بانک اطلاعات مکان‌دار حاصلخیزی خاک را در استان گلستان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی تهیه کردند.

بنی نعمه و مومنی (۱۳۹۰) نسبت به تهیه نقشه حاصلخیزی خاک‌های شور و ماندابی اراضی تحت کشت آبی در سطحی معادل ۲۰۰۰ هکتار با اعمال تکنیک‌های زمین آمار و GIS در استان خوزستان اقدام نمودند. پس از تشکیل بانک اطلاعات مکان‌دار از نمونه‌های برداشت شده و بررسی‌های آماری توسط نرم افزارهای پهنه‌بندی، اقدام به تهیه نقشه حاصلخیزی خاک نمودند. در این تحقیق میان‌یابی داده‌ها به روش وزن معکوس فاصله به عنوان روش برتر مورد استفاده قرار گرفت.

وحیدی و همکاران (۱۳۹۰) وضعیت حاصلخیزی خاک‌های شهرستان اهر را به منظور توصیه الگوی کشت مناسب، با استفاده از GIS بررسی نمودند. در این مطالعه تعداد ۸۰۰ نمونه از نقاط مختلف منطقه تهیه و مقادیر متغیرهای موثر در حاصلخیزی خاک از جمله ازت، فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی، مس، بر، بافت، کربن آلی، کربنات کلسیم معادل، اشباع رطوبتی، pH و EC را اندازه‌گیری نمودند. سپس از طریق میان‌یابی متغیرها در نرم افزار GIS، وضعیت حاصلخیزی خاک‌های منطقه را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج حاصله نشان داد که استفاده از GIS در این تحقیق سبب افزایش دقت، سرعت و سهولت دستیابی مکانی گردید و با توجه به بررسی‌های انجام شده، استفاده از آزمون خاک، افزودن مواد آلی به خاک، استفاده از زمین بر اساس تناسب اراضی، حفظ واکنش خاک در حد مطلوب و اجتناب از مصرف بی‌رویه و غیر علمی کودهای شیمیایی در منطقه از جمله راهکارهای افزایش بهره‌وری و کیفیت محصول و داشتن کشاورزی پایدار می‌باشد.

کاظمی پشت مساوی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی با عنوان ارزیابی روش‌های زمین آمار جهت تخمین و پهنه‌بندی عناصر غذایی در اراضی کشاورزی استان گلستان نشان دادند که کریجینگ، بهترین روش میان‌یابی برای تخمین نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل جذب در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. یزدانی نژاد و ترابی گل سفیدی (۱۳۹۲) در سطحی معادل ۲۰۰۰۰ هکتار از اراضی جنوب تهران، نسبت به بررسی تغییرات مکانی و پهنه‌بندی شوری اراضی فوق، با استفاده از کریجینگ و GIS اقدام نمودند. جلالی و همکاران (۱۳۹۲) به منظور تهیه نقشه پراکنش مکانی برخی از عناصر غذایی در شرق استان مازندران، به مقایسه روش‌های مختلف میان‌یابی با استفاده از نرم افزار GIS پرداختند و میزان دقت نقشه پراکنش مکانی متغیرها را به کمک معیارهای آماری MAE، MBE و RMSE محاسبه نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد که اگر فاصله نقاط نمونه برداری مناسب و تعداد نمونه کافی باشد، روش کریجینگ جهت تهیه نقشه پراکنش مکانی متغیرهای خاک مناسب می‌باشد.

جعفری و همکاران (۱۳۹۴) نقشه پهنه‌بندی عمقی گچ در دشت اریض خوزستان و اسلامی و همکاران (۱۳۹۴) نقشه حاصلخیزی خاک در اراضی تعاونی پیوند را با استفاده از نرم افزار GIS تهیه نمودند. سیدمحمدی و همکاران (۱۳۹۴) نسبت به تهیه نقشه پراکنش مکانی عناصر غذایی با استفاده از روش میان‌یابی کریجینگ و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای مدیریت بهینه حاصلخیزی خاک‌های شالیزار نواحی مرکزی گیلان اقدام نمودند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد تهیه نقشه مناسب از ویژگی‌های مؤثر در حاصلخیزی خاک، می‌تواند در مدیریت بهینه مصرف کودها و حاصلخیزی خاک‌های شالیزار کمک قابل ملاحظه‌ای نماید.

۲-۷-۳- مطالعات انجام شده در ارتباط با استفاده از ANN

شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌طور گسترده‌ای برای پیش‌بینی خصوصیات هیدرولیکی خاک (اسچاپ و همکاران، ۱۹۹۸؛ پاچپسکی و راولز، ۱۹۹۹؛ میناسنی و همکاران، ۲۰۰۴؛ گارسیا و شیجیدی، ۲۰۰۶)، نقشه‌های دیجیتال خاک (مک براتنی و همکاران، ۲۰۰۳؛ بهرنس و همکاران، ۲۰۰۵) و مدل‌سازی رفتار

عناصر کمیاب (بوسزوسکی و کووالکوسکی، ۲۰۰۶؛ اناگو و همکاران، ۲۰۰۹؛ گندهیمتی و مینامبال، ۲۰۱۲) مورد استفاده قرار گرفته است.

تاماری و همکاران (۱۹۹۶) نشان دادند که شبکه عصبی مصنوعی مقدار RMSE کمتری از برآورد خصوصیات خاک نسبت به رگرسیون خطی چندگانه می‌دهد. مارسل و فیک (۱۹۹۸) از شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی خصوصیات هیدرولیکی خاک استفاده نمودند. نتایج آن‌ها تأییدکننده کارایی بالای این مدل می‌باشد.

امینی و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و مدل‌های رگرسیونی به برآورد میزان CEC پرداختند. نتایج این تحقیق برتری شبکه عصبی را نسبت به سایر روش‌ها نشان داد. سیتهارام و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی روش‌های زمین‌آمار، شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان را با هم مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که شبکه عصبی نسبت به دو روش دیگر از دقت و توانایی‌های بالاتری برخوردار است. ژائو و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی، مقادیر شن و رس خاک را بر اساس پارامترهای به دست آمده از نقشه ارتفاعی رقومی برآورد کرده و مشاهده کردند که دقت نسبی برای مقدار رس ۸۸ درصد و برای شن ۸۱ درصد بود.

سرمیدیان و کشاورزی (۲۰۱۰) از شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون خطی چند متغیره برای پیش‌بینی تعدادی از خصوصیات خاک استفاده نمودند. نتایج این پژوهش کارایی بالاتر مدل شبکه عصبی مصنوعی را نشان داد. تانگ و همکاران (۲۰۱۰) از شبکه‌های عصبی توابع پایه شعاعی برای پیش‌بینی CEC استفاده کردند و نتیجه گرفتند که شبکه‌های عصبی مصنوعی با دقت بیشتری نسبت به مدل‌های رگرسیونی چندمتغیره عمل می‌کنند.

اصغری مقدم و همکاران (۲۰۱۰) برای پیش‌بینی مکانی غلظت فلوراید از دو روش شبکه عصبی مصنوعی و زمین‌آمار در دشت‌های بازرگان و پلدشت در شمال غرب ایران استفاده کردند. نتایج آن‌ها بیانگر دقت بهتر برآوردهای شبکه عصبی مصنوعی در مقایسه با تخمین‌های زمین‌آمار کریجینگ و

کوکرچینگ بود. فلامکی (۲۰۱۳) در تحقیقی با عنوان پیش‌بینی توزیع مکانی نیکل خاک، مشاهده کرد که دقت مدل شبکه عصبی بهتر از روش اسپیلاین بود.

۲-۷-۴- مطالعات انجام شده در ارتباط با استفاده از ANN در ایران

امامی و همکاران (۱۳۸۶) در پژوهشی با عنوان ارزیابی کارایی شبکه‌های عصبی مصنوعی در برآورد منحنی رطوبتی در خاک‌های شور و آهکی ایران، با استفاده از پارامترهای ضریب همبستگی، ضریب تبیین و مقادیر خطا، به بررسی شبکه عصبی پرداختند و به همبستگی مثبت و معنی دار بین مقدار رطوبت تخمینی و اندازه‌گیری شده در سطح آماری ۱ درصد دست پیدا کردند.

صفاری و همکاران (۱۳۸۸) به مقایسه روش میان‌یابی کریجینگ و مدل شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی تغییرات مکانی خصوصیات شیمیایی شامل هدایت الکتریکی، کلسیم، منیزیم و پتاسیم خاک پرداختند و برای مقایسه و بررسی دقت مدل‌ها از پارامترهای MAE، RMSE و R^2 استفاده شد. نتایج این پژوهش برتری مدل شبکه عصبی مصنوعی با روش پس انتشار خطا نسبت به رگرسیون خطی را نشان داد. مهاجر و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از فاکتورهای درصد رس، درصد ماده آلی و درصد رطوبت خاک به تخمین CEC خاک پرداختند. نتایج به دست آمده نشان دهنده ضریب تبیین بیشتر و خطای کمتر شبکه عصبی مصنوعی نسبت به روش رگرسیونی بود و تفکیک داده‌ها برحسب لایه باعث افزایش دقت و صحت توابع گردید.

مهربانیان و همکاران (۱۳۸۹) به منظور تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌های آهکی و گچی استان یزد با اندازه‌گیری پارامترهای اجزا بافت خاک و درصد کربن آلی خاک به پیش‌بینی ظرفیت تبادل کاتیونی با مدل شبکه عصبی مصنوعی، رگرسیون چند متغیره و توابع انتقالی پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی کارایی بالاتری نسبت به رگرسیون پایه دارد که احتمالاً به علت وجود روابط غیرخطی میان متغیرهای وابسته و پیش‌بینی شونده می‌باشد.

صمدی و همکاران (۱۳۹۲) نسبت به پهنه‌بندی عناصر غذایی خاک با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و زمین‌آمار در دشت ارومیه اقدام نمودند. در این تحقیق تعداد ۸۲ نمونه خاک سطحی از منطقه دشت ارومیه جمع‌آوری و متغیرهای کربن آلی، کربنات کلسیم معادل، هدایت الکتریکی، فسفر، پتاسیم، آهن، روی و منگنز قابل دسترس خاک اندازه‌گیری گردید. همچنین به منظور پیش‌بینی تغییرات مکانی عناصر از شبکه عصبی LVQ4a2 استفاده شد. 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 به‌کار برده شود.

غلامعلی زاده آهنگر و همکاران (۱۳۹۳) به مقایسه روش‌های رگرسیون خطی، زمین‌آمار و شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی کربن آلی پرداختند. در راستای میان‌یابی و پهنه‌بندی کربن آلی منطقه، دقت تخمین آن با استفاده از روش‌های رگرسیون خطی، زمین‌آمار و شبکه عصبی مصنوعی مقایسه گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که مدل شبکه عصبی نتایج بسیار بهتر و دقیق‌تری را نسبت به روش‌های رگرسیونی و زمین‌آمار در تخمین کربن آلی منطقه مورد مطالعه ارائه می‌دهد.

پهلوان راد و همکاران (۱۳۹۵) تغییرات مکانی شوری و رس خاک را با استفاده از روش‌های زمین‌آمار و شبکه عصبی مصنوعی در بخشی از اراضی شهرستان زهک منطقه سیستان مورد بررسی قرار دادند. بدین منظور تعداد ۱۲۱ نمونه خاک با فواصل ۷۵۰ متر از عمق ۳۰-۰ سانتی متر برداشت و مقادیر شوری و درصد رس خاک تعیین شد. سپس مدل‌های مختلف زمین‌آمار و شبکه عصبی مصنوعی برآزش و با استفاده از اعتبارسنجی مستقل، دقت دو روش با هم مقایسه گردید. نتایج سعی و خطا بین انواع مدل‌های شبکه عصبی نشان داد که بهترین نوع شبکه پس انتشار است که با نتایج زو و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت داشت. همچنین بهترین تعداد لایه پنهان، ۱ با تعداد ۴۰ نرون تشخیص داده شد. در انتها مقایسه دو روش مذکور نشان داد که شبکه عصبی با مقدار R^2 برابر با ۰/۶۸ نسبت به روش زمین‌آمار با مقدار R^2 برابر با ۰/۶۲ دقت بیشتری در پیش‌بینی رس خاک دارد.

فصل سوم

مواد و روش ها

۳-۱- مشخصات منطقه مورد مطالعه

۳-۱-۱- موقعیت جغرافیایی

منطقه مورد مطالعه به وسعت حدود ۱۰۰ هکتار در استان گلستان واقع در غرب روستای تنگلی از توابع اینچه برون با کاربری باغ زیتون می‌باشد. این منطقه بین مختصات جغرافیایی $37^{\circ} 24.150'N$ و $54^{\circ} 37.496'E$ قرار دارد.

شکل ۳-۱ موقعیت محدوده مورد مطالعه در Google Earth را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه در Google Earth

۳-۱-۲- شرایط آب و هوایی

بر اساس آمار استخراج شده از ایستگاه هواشناسی شهرستان آق قلا، منطقه مورد آزمایش دارای ارتفاع ۵۲ متر از سطح دریا، متوسط بارندگی سالیانه ۵۰۰ میلی‌متر، میانگین سالانه دما $18/6$ درجه سانتی-گراد، میانگین سالانه رطوبت نسبی هوا ۶۵ درصد و آب و هوای غالب استپی محلی می‌باشد.

۳-۱-۳- وضعیت کشاورزی در سال‌های پیشین

پس از واگذاری اراضی مزبور به شرکت تعاونی تنگلی طی ۱۲ سال گذشته کشت اصلی محدوده مورد مطالعه، زیتون رقم زرد با فواصل ۷×۷ در سطح ۱۰۰ هکتار جهت کنسرو و روغن بوده است.

۳-۱-۴- وضعیت منابع آب و آبیاری

منابع آبی منطقه، از تالاب آچی گل و سیلاب‌های فصلی رودخانه اترک بوده که از طریق ایستگاه پمپاژ به آب‌بندان ۱۰ هکتاری حاشیه جنوبی اراضی مزبور منتقل می‌گردد که به منظور استفاده بهینه و بهره‌وری حداکثر از آب موجود، از سیستم آبیاری قطره‌ای در باغ زیتون مزبور استفاده می‌شود.

۳-۲- تعداد و موقعیت نقاط نمونه برداری

تعداد نمونه لازم برای تهیه نقشه حاصلخیزی خاک، متناسب با اهداف و برنامه‌ریزی مدیریت مزرعه و امکانات موجود تعیین می‌گردد. تعداد نمونه بیشتر از آنچه که برای برنامه‌ریزی مدیریت مزرعه لازم است باعث هدررفت وقت و سرمایه خواهد بود. از طرف دیگر تعداد نمونه کم نیز تغییرپذیری متغیرهای مورد نظر را به درستی آشکار نمی‌کند و در نتیجه باعث هدر دادن نهاده‌های کشاورزی خواهد شد (روشنی، ۱۳۹۲).

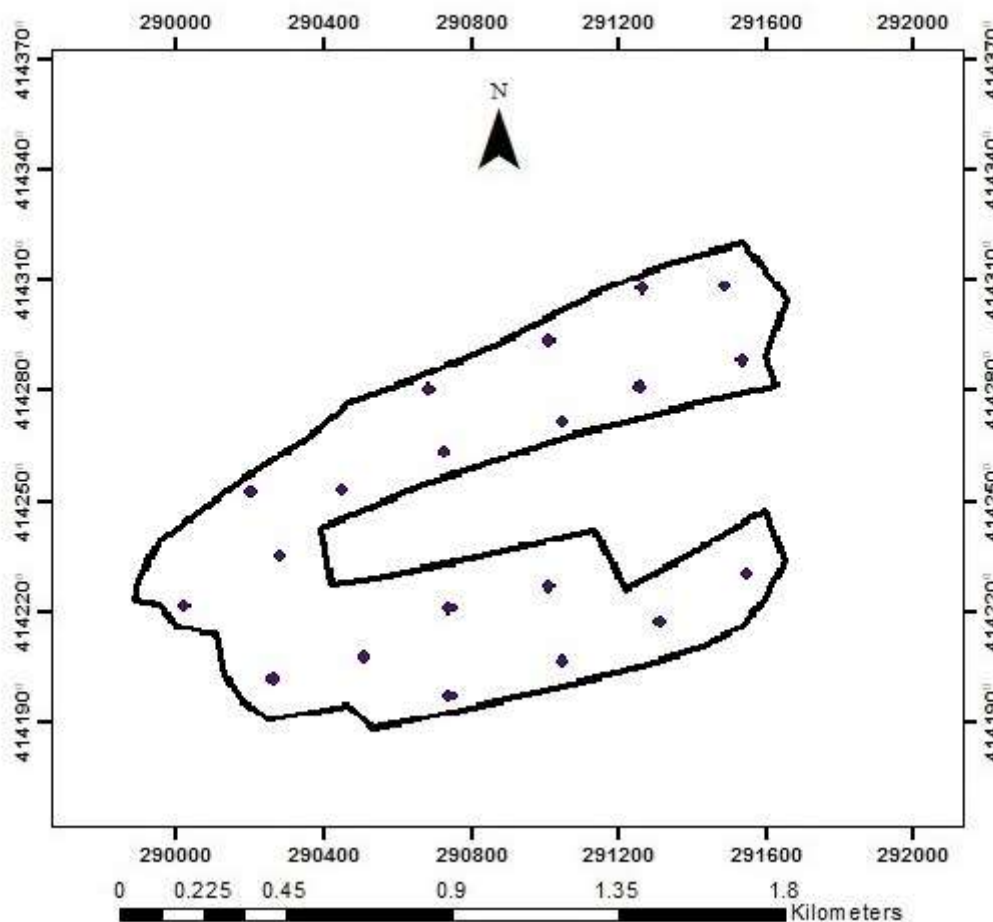
در طراحی روش نمونه برداری در کشاورزی دقیق لازم است حداقل از هر هکتار یک نمونه تهیه شود. تحقیقات نشان داده است در سیستم کشاورزی ایران که بر پایه روش‌های سنتی استوار است، دامنه تغییرات متغیرهای خاک بسیار فراتر از مرز یک هکتار می‌باشد و تهیه نمونه خاک در فواصل کمتر از حد مشخص شده مستلزم هزینه اضافی است بدون آن که بر دقت کار بیافزاید (مومنی و زینک، ۱۹۹۹). در ایران که هنوز اطلاعات کاملی در مورد پراکنش مکانی تغییرات حاصلخیزی خاک حتی در سطوح

منطقه‌ای وجود ندارد و برنامه‌ای برای اعمال کشاورزی دقیق طراحی نشده است، دانستن اطلاعاتی با درجه تفکیک ۱×۱ کیلومتر، به بهبود مدیریت کشاورزی موجود که بر پایه اعمال یکنواخت نهاده‌های کشاورزی استوار است، کمک شایانی می‌نماید (مومنی و همکاران، ۱۳۸۹).

نمونه‌های اخذ شده در پژوهش حاضر با توجه به وضعیت اراضی از نظر نوع، انبوهی و تراکم کشت، منابع آب، توپوگرافی و سایر فاکتورهای تاثیرگذار به عنوان پوشش کاملی از وضعیت مختلف اراضی مورد آزمایش می‌باشد و از سوی دیگر دقت لازم را در تهیه نقشه‌ها تامین می‌نماید. بر این اساس با توجه به مساحت تحت پوشش اراضی کشاورزی محدوده مورد مطالعه، به‌طور میانگین در هر ۵ هکتار یک پروفیل حفر گردید.

۳-۳- نمونه برداری و آماده سازی نمونه

پس از انتخاب نقاط نمونه برداری و مکان‌دار کردن آن‌ها، به منظور اندازه‌گیری متغیرهای فیزیکی و شیمیایی موثر در حاصلخیزی خاک، تعداد ۲۰ پروفیل با فاصله ۵ هکتار در منطقه آزمایشی مورد نظر حفر و از ۳ عمق موثر زراعی (۶۰-۹۰، ۳۰-۶۰، ۰-۳۰ سانتی‌متری) نمونه‌گیری شد. برای تعیین موقعیت دقیق نمونه برداری‌ها از دستگاه مکان‌یاب جهانی (GPS) استفاده گردید. جهت افزایش دقت و کنترل نتایج آزمایشگاهی، در محل تعدادی از نمونه‌ها دو نمونه خاک تهیه و پس از انجام آزمایشات، نتایج مقایسه گردید. شکل ۲-۳ نقشه پراکنش نقاط نمونه برداری در محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



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

تعداد ۶۰ نمونه خاک بعد از هوا خشک شدن در محیط آزمایشگاه، کوبیده و از الک ۲ میلی متری عبور داده شده و جهت آزمایشات بافت، اسیدیته، هدایت الکتریکی، درصد کربن آلی، پتاسیم قابل جذب، روی قابل جذب و گوگرد کل (آلی و معدنی) آماده گردیدند.

۳-۴- اندازه‌گیری متغیرهای فیزیکی و شیمیایی موثر در حاصلخیزی خاک

در این تحقیق، اندازه‌گیری بافت از روش هیدرومتر (بایوکاس، ۱۹۶۲)، اسیدیته به روش عصاره گل اشباع (اسپارکس، ۱۹۹۵)، هدایت الکتریکی به روش عصاره گل اشباع (رودس، ۱۹۸۲)، کربن آلی به روش والکی و بلک (۱۹۳۴)، پتاسیم به روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم و با استفاده از دستگاه فلیم

فتومتر (پیچ و همکاران، ۱۹۸۲)، منیزیم به روش تیتراسیون و توسط محلول EDTA (غازان شاهی، ۱۳۷۶)، روی قابل جذب به روش عصاره‌گیری با محلول DTPA و با استفاده از دستگاه جذب اتمی (لیندسی و نورول، ۱۹۷۸) و گوگرد کل از روش کدورت سنجی و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (طباطبایی، ۱۹۸۶) اندازه‌گیری شد.

۳-۵- اجرای مدل GIS

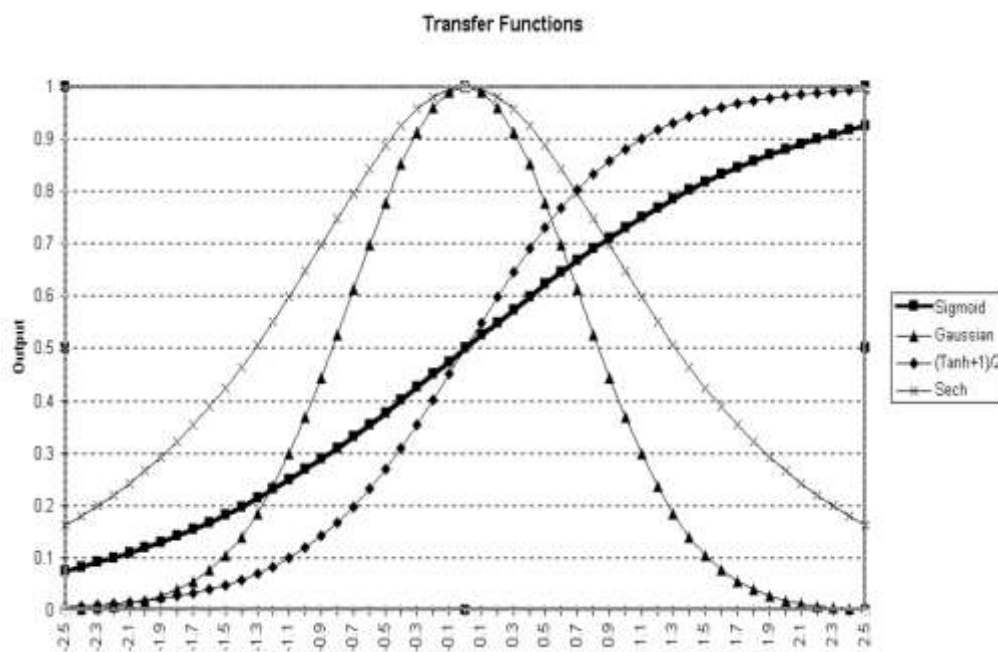
در این پژوهش از نرم افزار ArcGIS جهت تهیه نقشه حاصلخیزی منطقه استفاده شده است. نتایج مربوط به تجزیه‌های آزمایشگاهی برخی متغیرهای شیمیایی شامل درصد کربن آلی، پتاسیم قابل جذب، منیزیم، روی قابل جذب و گوگرد کل خاک در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری و اطلاعات مکانی داده‌ها (x,y) به عنوان پارامترهای ورودی در نرم افزار ArcGIS وارد شد. سپس دقت روش‌های مختلف میان-یابی شامل وزن معکوس فاصله، اسپیلاین و کریجینگ با برازش مدل‌های خطی، نمایی، گوسین و کروی برای متغیرهای فوق مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت بهترین روش میان‌یابی بر اساس پارامترهای آماری انتخاب شد.

۳-۶- اجرای مدل ANN

در این تحقیق از نرم افزار Qnet جهت اجرای مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردید. در این راستا متغیرهای شیمیایی اندازه‌گیری شده و اطلاعات مکانی داده‌ها (x,y) به عنوان پارامترهای ورودی به مدل جهت پیش‌بینی عناصر فوق، استفاده گردید. سپس توابع انتقال سیگموئید، گوسین، تانژانت هیپربولیک و سکانت هیپربولیک با یک لایه پنهان برای هر متغیر مورد بررسی قرار گرفتند. سپس بهترین ساختار شبکه عصبی مصنوعی بر اساس پارامترهای آماری انتخاب گردید.

۳-۶-۱- توابع محرک

نرون‌ها می‌توانند از توابع محرک متفاوتی جهت تولید خروجی استفاده کنند. نرم افزار Qnet دارای چهار تابع انتقال سیگموئید، گوسین، تانژانت هایپربولیک و سکانت هایپربولیک بوده که از این بین تابع سیگموئید، تابع پیش فرض می‌باشد و به طور وسیعی در شبکه‌های عصبی انتشار برگشتی کاربرد دارد. این تابع مقادیر ورودی را بین صفر و یک محدود می‌کند با این تفاوت که میزان تغییرات آن غیر خطی است. مزیت این تابع در عملکرد آن با ورودی‌های بزرگ و یا کوچک است. هنگامی که مقادیر ورودی به سمت اعداد منفی بزرگ میل کند مقدار صفر و هنگامی که مقادیر ورودی به سمت صفر میل کند مقدار تابع به سمت ۰/۵ و هنگامی که مقادیر ورودی به سمت مقادیر مثبت بزرگ میل کند مقدار تابع به سمت یک میل خواهد کرد. شکل (۳-۵) رفتار هر تابع را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۳- توابع انتقال سیگموئید، گوسین، تانژانت هایپربولیک و سکانت هایپربولیک (راهنمای نرم افزار Qnet)

۳-۷- پارامترهای آماری

به منظور مقایسه روش‌های میان‌یابی در نرم افزار ArcGIS و ارزیابی توابع در نرم افزار Qnet از پارامترهای آماری میانگین قدر مطلق خطا (Mean Absolute Error, MAE)، ریشه میانگین مربعات خطا (Root Mean Squared Error, RMSE) و ضریب تبیین (R squared, R²) استفاده شد.

۳-۷-۱- میانگین قدر مطلق خطا

مقدار MAE معرف خطا است که هر چه به صفر نزدیکتر باشد، دقت بیشتر روش را نشان می‌دهد. ایساک و سریواستوا (۱۹۸۹) پیشنهاد کردند MAE می‌تواند به عنوان معیاری که دو ویژگی دقت و انحراف را در بردارد برای مقایسه روش‌ها به کار رود. مقدار این معیار همواره مثبت است و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \hat{y}_j - y_j \right| \quad (1-3)$$

۳-۷-۲- ریشه میانگین مربعات خطا

مقدار RMSE نیز هرچه به صفر نزدیکتر باشد نشان‌دهنده دقت بیشتر روش است. مقدار این پارامتر از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_j - y_j)^2}{n} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2-3)$$

۳-۷-۳- ضریب تبیین

مقدار این ضریب همواره بین صفر و یک می‌باشد. هر چه مقدار R^2 بالاتر باشد نشان دهنده دقت

بیشتر و عملکرد بهتر مدل است که از رابطه زیر به دست می‌آید:

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

(۳-۳)

که در آن‌ها y_i و \hat{y}_i مقادیر پیش‌بینی شده و y_i مقادیر مشاهداتی، \bar{y} متوسط مقادیر مشاهداتی و

n تعداد داده‌ها می‌باشد (نصری، ۲۰۰۶).

فصل ہمارم

نتیجہ و بحث

۴-۱- نتایج اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

به منظور بررسی چگونگی توزیع داده‌ها و دستیابی به خلاصه‌ای از اطلاعات آماری و ویژگی‌های آن شامل حداقل، حداکثر، میانگین، دامنه تغییرات، انحراف معیار، واریانس، چولگی و کشیدگی، توسط نرم افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفت. جداول ۴-۱، ۴-۲ و ۴-۳ توصیف آماری متغیرهای فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در سه عمق خاک را نشان می‌دهند.

جدول ۴-۱- توصیف آماری متغیرهای فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک

پارامتر	واحد	حداقل	حداکثر	میانگین	دامنه تغییرات	انحراف معیار	واریانس	چولگی	کشیدگی
رس	%	۵/۰۰	۲۴/۰۰	۱۶/۱۰	۱۹/۰۰	۵/۲۵	۲۷/۵۷	-۰/۳۳	-۰/۶۹
سیلت	%	۵۰/۰۰	۶۵/۰۰	۵۴/۷۵	۱۵/۰۰	۳/۵۲	۱۲/۴۱	۱/۴۰	۲/۵۰
شن	%	۲۰/۰۰	۳۹/۰۰	۲۹/۱۵	۱۹/۰۰	۶/۳۷	۴۰/۵۶	۰/۱۵	-۱/۲۹
هدایت الکتریکی	dS/m	۲/۳۲	۲۰/۵۰	۱۰/۹۶	۱۸/۱۸	۳/۷۹	۱۴/۳۳	۰/۱۸	۱/۹۰
اسیدیته	-log[H ⁺]	۷/۶۶	۸/۸۰	۸/۰۶	۱/۱۴	۰/۳۳	۰/۱۱	۰/۸۸	۰/۰۷
کربن آلی	%	۰/۱۶	۰/۶۶	۰/۳۷	۰/۵۰	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۴۰	-۰/۵۸
پتاسیم قابل جذب	mg/kg soil	۶۸/۰۰	۳۲۴/۰۰	۲۰۰/۰۰	۲۵۶/۰۰	۵۹/۸۵	۳۵۲/۱۱	-۰/۰۶	۰/۵۱
منیزیم	mg/kg soil	۱۰۳/۰۰	۱۴۸/۰۰	۱۱۹/۴۰	۴۵/۰۰	۴۱/۷۸	۱۳۱۵/۴۳	۱/۱۸	۰/۹۸
روی قابل جذب	mg/kg soil	۰/۲۴	۰/۵۷	۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۰۷	۰/۰۰	۱/۸۱	۲/۰۴
گوگرد کل	mg/kg soil	۹۴/۰۰	۲۶۵/۰۰	۱۳۴/۱۰	۱۷۱/۰۰	۴۴/۶۵	۱۹۳/۸۸	۱/۹۹	۲/۷۸

جدول ۴-۲- توصیف آماری متغیرهای فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در عمق ۳۰-۶۰ سانتی متری

پارامتر	واحد	حداقل	حداکثر	میانگین	دامنه تغییرات	انحراف معیار	واریانس	چولگی	کشیدگی
رس	%	۶/۰۰	۲۲/۰۰	۱۲/۶۰	۱۶/۰۰	۴/۵۲	۲۰/۴۶	۰/۶۴	-۰/۳۶
سیلت	%	۳۶/۰۰	۶۶/۰۰	۵۵/۲۰	۳۰/۰۰	۶/۳۵	۴۰/۲۷	-۱/۰۳	۳/۸۶
شن	%	۲۰/۰۰	۴۴/۰۰	۳۲/۲۰	۲۴/۰۰	۶/۵۲	۴۲/۴۸	-۰/۰۱	-۰/۷۴
هدایت الکتریکی	dS/m	۲/۹۸	۲۸/۹۰	۱۴/۷۷	۵/۹۲	۵/۱۶	۲۶/۶۶	۰/۴۵	۲/۷۹
اسیدیته	-log[H+]	۷/۴۶	۸/۵۰	۷/۹۶	۱/۰۴	۰/۲۵	۰/۰۶	۰/۲۷	۰/۲۴
کربن آلی	%	۰/۰۴	۰/۴۰	۰/۱۸	۰/۳۶	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۵۷	۰/۴۸
پتاسیم قابل جذب	mg/kg soil	۵۲/۰۰	۱۶۲/۰۰	۸۴/۷۰	۱۱۰/۰۰	۲۷/۰۹	۷۳۳/۹۱	۱/۳۷	۲/۳۲
منیزیم	mg/kg soil	۱۹۳/۰۰	۲۵۸/۰۰	۲۲۱/۱۷	۶۵/۰۰	۱۶/۳۱	۳۹۴/۸۰	۰/۹۹	۰/۲۹
روی قابل جذب	mg/kg soil	۰/۳۰	۰/۵۲	۰/۳۹	۰/۲۲	۰/۰۵	۰/۰۰	۰/۶۶	۱/۴۴
گوگرد کل	mg/kg soil	۵۸/۰۰	۱۱۵/۰۰	۷۶/۵۰	۵۷/۰۰	۱۳/۶۶	۱۸۶/۴۷	۱/۱۸	۲/۱۶

جدول ۴-۳- توصیف آماری متغیرهای فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در عمق ۶۰-۹۰ سانتی متری خاک

پارامتر	واحد	حداقل	حداکثر	میانگین	دامنه تغییرات	انحراف معیار	واریانس	چولگی	کشیدگی
رس	%	۶/۰۰	۱۹/۰۰	۱۱/۴۵	۱۳/۰۰	۳/۷۹	۱۴/۳۷	۰/۳۳	-۰/۷۹
سیلت	%	۴۶/۰۰	۶۴/۰۰	۵۵/۵۰	۱۸/۰۰	۵/۵۹	۳۱/۲۱	-۰/۳۹	-۰/۵۶
شن	%	۲۰/۰۰	۴۶/۰۰	۳۲/۹۵	۲۶/۰۰	۷/۸۰	۶۰/۸۹	۰/۱۵	-۰/۶۸
هدایت الکتریکی	dS/m	۶/۶۱	۳۲/۶۰	۱۹/۴۸	۲۵/۹۹	۵/۳۱	۲۸/۲۳	۰/۲۳	۲/۴۱
اسیدیته	-log[H+]	۷/۴۳	۸/۱۵	۷/۷۹	۰/۷۲	۰/۱۶	۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۴۱
کربن آلی	%	۰/۰۲	۰/۲۳	۰/۱۱	۰/۲۱	۰/۰۶	۰/۰۰	۰/۱۵	-۰/۹۷
پتاسیم قابل جذب	mg/kg soil	۳۸/۰۰	۸۰/۰۰	۵۹/۹۰	۴۲/۰۰	۱۲/۲۴	۱۴۹/۸۸	-۰/۱۹	-۱/۰۵
منیزیم	mg/kg soil	۳۲۲/۰۰	۴۱۵/۰۰	۳۷۵/۲۷	۹۳/۰۰	۲۲/۷۶	۲۴۵/۷۳	۰/۵۱	-۰/۷۹
روی قابل جذب	mg/kg soil	۰/۳۸	۰/۵۰	۰/۴۴	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۰۰	۰/۱۸	-۱/۰۷
گوگرد کل	mg/kg soil	۲۷/۰۰	۴۵/۰۰	۳۵/۱۰	۱۸/۰۰	۵/۸۳	۳۳/۹۹	۰/۴۸	-۰/۹۷

برای بررسی نرمال بودن داده‌ها می‌توان از ضریب چولگی و ضریب کشیدگی داده‌ها استفاده نمود. اگر ضریب چولگی بین مقادیر $+2$ و -2 و ضریب کشیدگی بین مقادیر $+3$ و -3 باشد، داده‌ها نرمال بوده و نیازی به نرمال سازی نمی‌باشد (جورج و مالری، ۲۰۱۰). همان‌طور که جدول ۱-۴، ۲-۴ و ۳-۴ نشان می‌دهد، مقادیر ضریب چولگی و کشیدگی در دامنه اعداد ذکر شده قرار دارند، بنابراین در این پژوهش، داده‌های مورد استفاده برای دو مدل GIS و ANN، بدون نرمال سازی مورد استفاده قرار گرفتند.

۴-۲-۱- وضعیت بافت

با توجه به جدول ۱-۴ مقادیر میانگین درصد رس، سیلت و شن در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک به ترتیب ۱۶/۱۰، ۵۴/۷۵ و ۲۹/۱۵، در عمق ۳۰-۶۰ سانتی‌متری با مقادیر ۱۲/۶۰، ۵۵/۲۰ و ۳۲/۲۰ (جدول ۲-۴) و در عمق ۶۰-۹۰ سانتی‌متری با مقادیر ۱۱/۴۵، ۵۵/۵۰ و ۳۲/۹۵ (جدول ۳-۴) دارای بافت غالب لوم سیلتی می‌باشد که برای کشاورزی مناسب است.

۴-۲-۲- وضعیت اسیدیته

در جدول ۱-۴ نشان داده شده است که pH خاک سطحی دارای مقدار میانگین ۸/۰۶ و در عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری به ترتیب دارای مقدار میانگین ۷/۹۶ (جدول ۲-۴) و ۷/۷۹ (جدول ۳-۴) می‌باشد. با توجه به این که مناسب‌ترین pH برای اغلب گیاهان زراعی و واکنش‌های بیولوژیکی ۶ الی ۷ می‌باشد و بهترین حدود آن برای رشد زیتون ۷ تا ۷/۲ است (جدول ۱-۲) و بالا بودن آن موجب اختلال در جذب برخی عناصر غذایی مانند فسفر، آهن، روی و منگنز می‌شود (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳)، لذا بایستی نسبت به کاهش pH خاک اقدام نمود.

۳-۲-۴- وضعیت هدایت الکتریکی

جدول ۱-۴، ۲-۴ و ۳-۴ نشان می‌دهند که منطقه مورد مطالعه دارای EC زیاد (بیشتر از ۸ dS/m) می‌باشد که برای اکثر محصولات زراعی نامطلوب بوده و فقط تعداد محدودی از گیاهان توانایی رشد دارند (جدول ۲-۲). همچنین با توجه به این که بهترین حدود EC خاک برای رشد زیتون ۰ تا ۲/۸ dS/m است (جدول ۱-۲)، بنابراین اقدامات و برنامه‌ریزی‌های لازم برای اصلاح خاک و کاهش شوری در این مناطق ضروری می‌باشد.

۴-۲-۴- وضعیت درصد کربن آلی

بررسی جداول ۱-۴، ۲-۴ و ۳-۴ بیانگر این است که اراضی مورد مطالعه در سه عمق خاک دارای میانگین کربن آلی کمتر از ۰/۵ درصد بوده که با توجه به تقسیم بندی درصد کربن آلی خاک بر اساس استانداردهای موسسه تحقیقات خاک و آب کشور (جدول ۳-۲) از نظر کربن آلی فقیر می‌باشند. با توجه به نقش کربن آلی خاک به عنوان یکی از فاکتورهای مهم در فرایند رشد و نمو گیاهان، بررسی و تهیه پروژه‌ها و راهکارهای افزایش کربن آلی خاک ضروری است.

۵-۲-۴- وضعیت پتاسیم قابل جذب

روند توزیع و پراکندگی پتاسیم در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری سطح اراضی مورد مطالعه نشان می‌دهد که پتاسیم قابل جذب گیاه دارای مقدار میانگین ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد (جدول ۱-۴) که با توجه به تقسیم‌بندی پتاسیم قابل جذب خاک بر اساس استانداردهای موسسه تحقیقات خاک و آب کشور (جدول ۴-۲) در طبقه متوسط قرار دارد. همچنین نتایج جدول ۲-۴ و ۳-۴ نشان می‌دهد که مقدار این عنصر در اعماق ۳۰-۶۰ و ۶۰-۹۰ سانتی‌متری خاک به ترتیب دارای مقدار میانگین ۸۴/۷۰ و ۵۹/۹۰ می‌باشد و نیاز به کودهای پتاسه دارند.

۴-۲-۶- وضعیت منیزیم

همان‌طور که در جدول ۴-۱ نشان داده شده است مقدار میانگین منیزیم در خاک سطحی برابر ۱۱۹/۴ می‌باشد. همچنین در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری مقدار میانگین منیزیم، ۲۲۱/۱۷ (جدول ۴-۲) و در نهایت در عمق ۹۰-۶۰ سانتی‌متری خاک به مقدار میانگین ۳۷۵/۲۷ می‌رسد (جدول ۴-۳). بررسی‌ها نشان می‌دهد که برای رشد مطلوب گیاه، وجود مقدار ۵۰۰ میلی‌گرم منیزیم در کیلوگرم خاک ضروری می‌باشد (ملکوتی، ۱۳۹۳) و بایستی برای افزایش منیزیم خاک اراضی مورد مطالعه اقدام گردد.

۴-۲-۷- وضعیت روی قابل جذب خاک

جداول ۴-۱، ۴-۲ و ۴-۳ نشان می‌دهد که اراضی مورد پژوهش دارای مقدار روی کمتر از ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک است که کمتر از غلظت حد بحرانی می‌باشد (ملکوتی، ۱۳۹۳). با توجه به مقدار اندک روی در خاک و کمک به بهبود رشد گیاه، افزودن کودهای حاوی روی توصیه می‌شود.

۴-۲-۸- وضعیت گوگرد کل خاک

گوگرد کل خاک در خاک سطحی با مقدار میانگین ۱۳۴/۱۰ (جدول ۴-۱)، در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری به مقدار ۷۶/۵۰ (جدول ۴-۲) و در عمق ۹۰-۶۰ سانتی‌متری خاک به مقدار ۳۵/۱۰ (جدول ۴-۳) وجود دارد. تحقیقات نشان می‌دهد که غلظت حد بحرانی برای گوگرد کل (آلی و معدنی)، ۳۰۰ تا ۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد (غنی و همکاران، ۱۹۹۳). لذا استفاده از گوگرد با هدف تأمین سولفات مورد نیاز گیاه (سینگ و چیبیا، ۱۹۹۱؛ سینگ و چائوداری، ۱۹۹۷)، اصلاح شوری خاک (روپلا و تورا، ۱۹۷۳؛ ونکاتاکریشنان و آبرول، ۱۹۸۱)، کاهش pH و افزایش حلالیت برخی از عناصر غذایی و در نهایت بهبود وضعیت تغذیه گیاهان توصیه می‌گردد (کاپلان و ارمان، ۱۹۹۸؛ رازتو، ۱۹۸۲؛ کلباسی و همکاران، ۱۹۹۸).

۳-۴- میان‌یابی با استفاده از مدل GIS

روش‌های مختلف میان‌یابی شامل وزن معکوس فاصله، اسپیلاین و کریجینگ معمولی با توابع دایره‌ای، نمایی، گوسن و کروی توسط قابلیت‌های نرم افزار ArcGIS برای متغیرهای درصد کربن آلی، پتاسیم قابل جذب، منیزیم، روی قابل جذب و گوگرد کل خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک انجام شد. سپس با استفاده از پارامترهای آماری میانگین قدر مطلق خطا (MAE)، میانگین مجذور ریشه خطا (RMSE) و ضریب تبیین (R^2)، بهترین روش میان‌یابی انتخاب و نسبت به تهیه نقشه‌های پراکنش مکانی هر یک از متغیرهای فوق در محیط GIS اقدام گردید. نتایج مقایسه روش‌های مختلف میان‌یابی در جداول ۴-۴ الی ۴-۸ ارائه گردیده است.

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

نام الگو	علامت اختصاری	MAE	RMSE	R^2
وزن معکوس فاصله	IDW	۰/۰۵۶	۰/۰۷۳	۰/۶۹۳
اسپیلاین	RBF	۰/۱۰۲	۰/۱۲۴	۰/۱۰۳
کریجینگ معمولی - کروی	KO	۰/۰۹۸	۰/۱۲۳	۰/۱۲۳
کریجینگ معمولی - بسل	KO	۰/۰۹۸	۰/۱۲۲	۰/۱۲۸
کریجینگ معمولی - گوسین	KO	۰/۰۹۷	۰/۱۲۲	۰/۱۴۰
کریجینگ معمولی - نمایی	KO	۰/۱۰۲	۰/۱۲۳	۰/۱۲۳

جدول ۴-۵- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای پتاسیم قابل جذب

نام الگو	علامت اختصاری	MAE	RMSE	R^2
وزن معکوس فاصله	IDW	۴۴/۵۱۷	۵۶/۴۸۶	۰/۱۷۵
اسپیلاین	RBF	۴۵/۷۳۳	۵۷/۰۸۴	۰/۱۷۳
کریجینگ معمولی - کروی	KO	۴۵/۴۱۰	۵۷/۷۲۲	۰/۱۶۹
کریجینگ معمولی - بسل	KO	۴۴/۸۳۴	۵۷/۳۰۶	۰/۱۷۷
کریجینگ معمولی - گوسین	KO	۴۵/۱۱۰	۵۴/۴۳۸	۰/۱۷۶
کریجینگ معمولی - نمایی	KO	۴۴/۱۲۵	۵۲/۵۶۳	۰/۱۸۲

جدول ۴-۶- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای منیزیم

نام الگو	علامت اختصاری	MAE	RMSE	R ²
وزن معکوس فاصله	IDW	۴/۴۴۵	۵/۴۱۴	۰/۱۸۶
اسپیلاین	RBF	۴/۰۳۹	۴/۹۲۵	۰/۲۸۸
کریجینگ معمولی - کروی	KO	۴/۴۵۴	۵/۳۸۸	۰/۱۲۹
کریجینگ معمولی - بسل	KO	۴/۲۰۲	۵/۰۹۶	۰/۱۹۷
کریجینگ معمولی - گوسین	KO	۴/۲۹۹	۵/۱۸۰	۰/۱۷۱
کریجینگ معمولی - نمایی	KO	۴/۳۵۴	۵/۳۱۲	۰/۱۲۰

جدول ۴-۷- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای روی

نام الگو	علامت اختصاری	MAE	RMSE	R ²
وزن معکوس فاصله	IDW	۰/۰۳۴	۰/۰۵۶	۰/۲۶۱
اسپیلاین	RBF	۰/۰۳۷	۰/۰۵۷	۰/۲۵۸
کریجینگ معمولی - کروی	KO	۰/۰۳۸	۰/۰۵۸	۰/۲۶۱
کریجینگ معمولی - بسل	KO	۰/۰۳۸	۰/۰۵۷	۰/۲۶۰
کریجینگ معمولی - گوسین	KO	۰/۰۳۸	۰/۰۵۷	۰/۲۵۲
کریجینگ معمولی - نمایی	KO	۰/۰۵۷	۰/۰۳۷	۰/۲۴۴

جدول ۴-۸- ارزیابی خطا به روش‌های مختلف میان‌یابی برای گوگرد کل

نام الگو	علامت اختصاری	MAE	RMSE	R ²
وزن معکوس فاصله	IDW	۳۸/۳۴۱	۵۱/۷۷۷	۰/۱۱۱
اسپیلاین	RBF	۳۲/۶۴۵	۴۲/۲۰۲	۰/۱۳۴
کریجینگ معمولی - کروی	KO	۳۳/۲۱۷	۴۵/۴۲۷	۰/۱۲۱
کریجینگ معمولی - بسل	KO	۳۳/۲۱۷	۴۵/۴۲۷	۰/۱۲۱
کریجینگ معمولی - گوسین	KO	۳۳/۲۱۷	۴۵/۴۲۷	۰/۱۲۱
کریجینگ معمولی - نمایی	KO	۳۳/۲۱۷	۴۵/۴۲۷	۰/۱۲۱

در جدول ۴-۴ مشاهده می‌شود، نرم افزار GIS برای متغیر درصد کربن آلی با روش میان‌یابی وزن معکوس فاصله به ترتیب با مقادیر MAE، RMSE و R^2 برابر با ۰/۰۵۶، ۰/۰۷۳ و ۰/۶۹۳، نسبت به سایر روش‌های میان‌یابی بهتر عمل نموده است. همچنین بهترین روش میان‌یابی برای پتاسیم قابل جذب، کریجینگ-نمایی با مقادیر ۴۲/۱۲۵، ۵۲/۵۶۳، ۰/۱۸۲ (جدول ۴-۵)، و برای منیزیم با روش میان‌یابی اسپیلاین با مقادیر ۴/۰۳۹، ۴/۹۲۵ و ۰/۲۸۸ (جدول ۴-۶)، پیش‌بینی‌هایی با خطای کمتر و همبستگی بالاتری ارائه نموده است. بررسی جدول ۴-۷ نشان می‌دهد که بهترین روش میان‌یابی برای روی قابل جذب، وزن معکوس فاصله با مقادیر ۰/۰۳۴، ۰/۰۵۶ و ۰/۲۶۱، با فاصله کمی از روش کریجینگ معمولی-کروی با مقادیر ۰/۰۳۸، ۰/۰۵۸ و ۰/۲۶۱، پیش‌بینی بهتری انجام داده است و روش میان‌یابی اسپیلاین برای گوگرد کل خاک با مقادیر ۳۲/۶۴۵، ۴۲/۲۰۲، ۰/۱۳۴، دارای کمترین میزان خطا (MAE و RMSE) و بالاترین ضریب تبیین (R^2) می‌باشد.

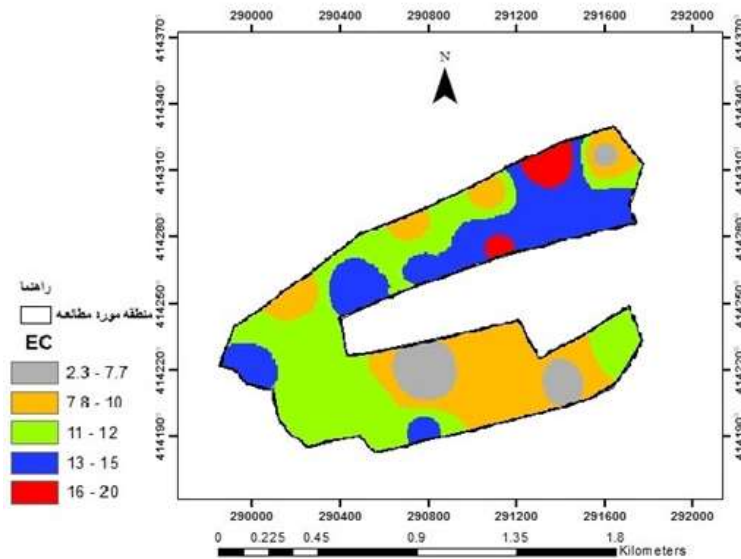
بر اساس نتایج حاصله بهترین تکنیک میان‌یابی برای متغیر درصد کربن آلی روش وزن معکوس فاصله می‌باشد که با تحقیقات بنی نعمه و مومنی (۱۳۹۰) در تهیه نقشه حاصلخیزی خاک‌های شور و ماندابی اراضی تحت کشت آبی در استان خوزستان، میشرا و همکاران (۲۰۱۴) در تهیه نقشه حاصلخیزی خاک در اراضی کشور هندوستان،

اسماعیل تبار و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی تغییرپذیری مکانی برخی عناصر شیمیایی خاک سطحی به کمک تکنیک زمین نما در شهرستان بهنمیر استان مازندران مطابقت دارد و روش وزن معکوس فاصله به عنوان بهترین روش میان‌یابی برای کربن آلی خاک انتخاب شده است.

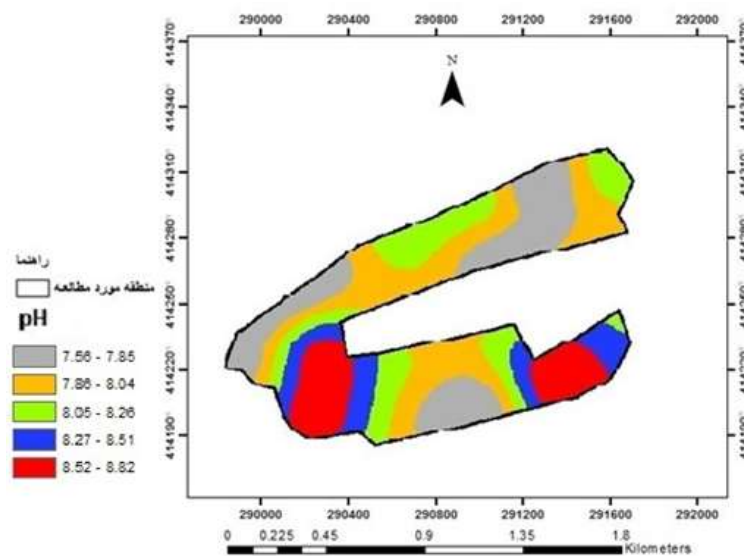
بررسی نتایج ارزیابی خطا نشان می‌دهد که کریجینگ، بهترین تکنیک میان‌یابی برای پتاسیم می‌باشد که با نتایج تحقیقات کاظمی پشت مساوی و همکاران (۱۳۹۱) در ارزیابی روش‌های زمین آمار جهت تخمین و پهنه بندی عناصر غذایی اراضی کشاورزی استان گلستان، جلالی و همکاران (۱۳۹۲) در تهیه نقشه پراکنش مکانی برخی از عناصر غذایی در شرق استان مازندران، اسلامی و همکاران (۱۳۹۴) در تهیه نقشه حاصلخیزی خاک در اراضی تعاونی پیوند مطابقت دارد. همچنین بهترین تکنیک میان‌یابی

برای منیزیم، روی قابل جذب و گوگرد کل خاک، به ترتیب روش‌های اسپیلاین، وزن معکوس فاصله و اسپیلاین می‌باشد.

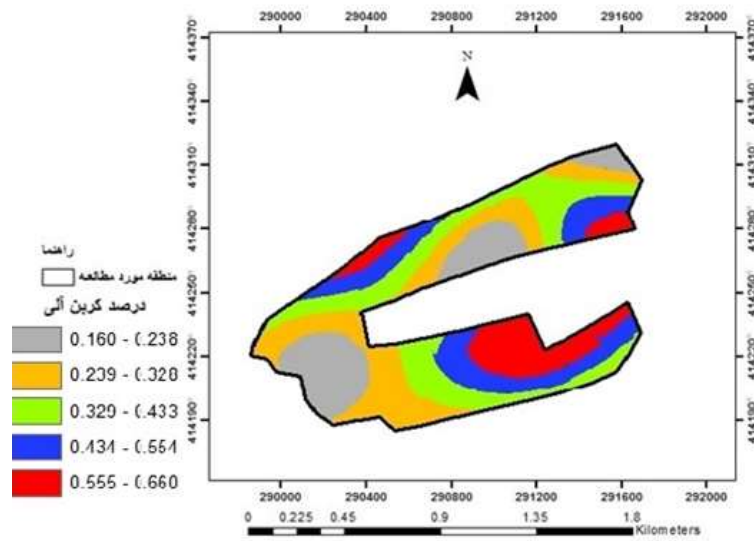
پس از تعیین بهترین روش میان‌یابی نسبت به تهیه نقشه پراکنش مکانی برای هر یک از متغیرهای فوق در محیط نرم افزار ArcGIS اقدام گردید که در شکل‌های (۴-۱) الی (۴-۷) نشان داده شده است.



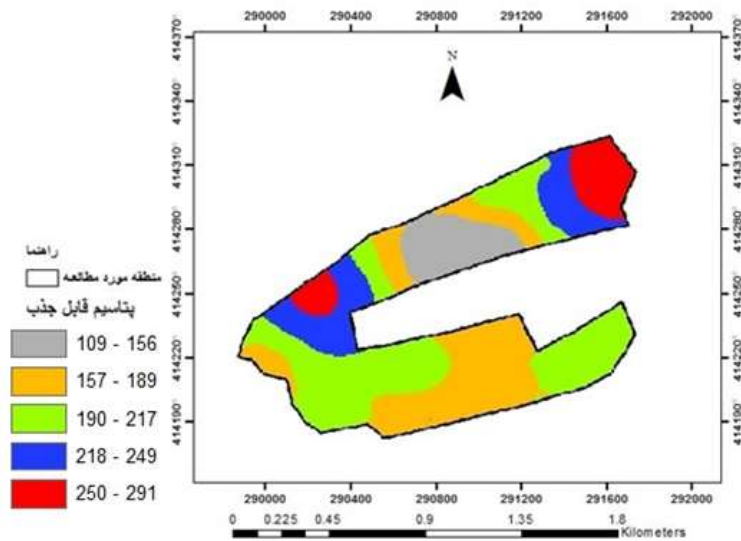
شکل ۴-۱- توزیع مکانی EC خاک با روش میان‌یابی وزن معکوس فاصله



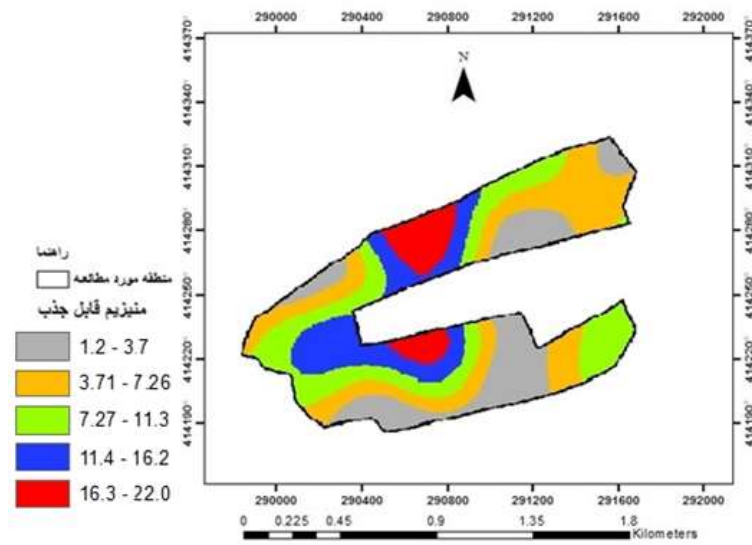
شکل ۴-۲- توزیع مکانی pH خاک با روش میان‌یابی کریجینگ معمولی-نمایی



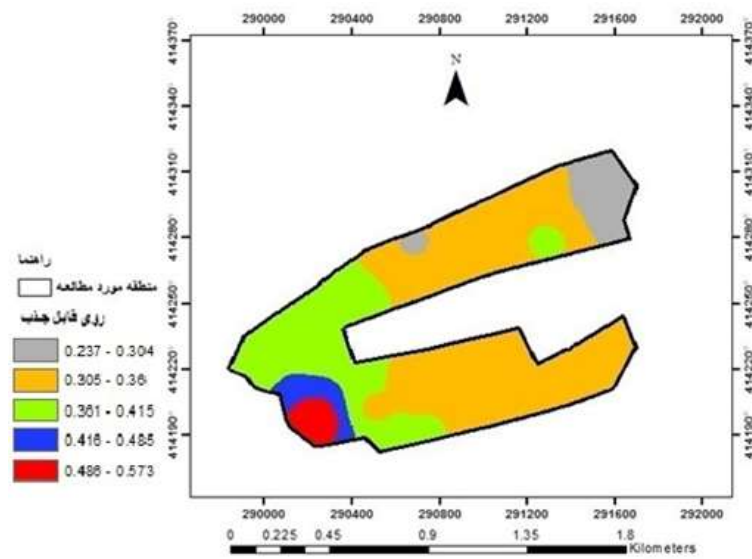
شکل ۴-۳- توزیع مکانی درصد کربن آلی با روش میان‌یابی وزن معکوس فاصله



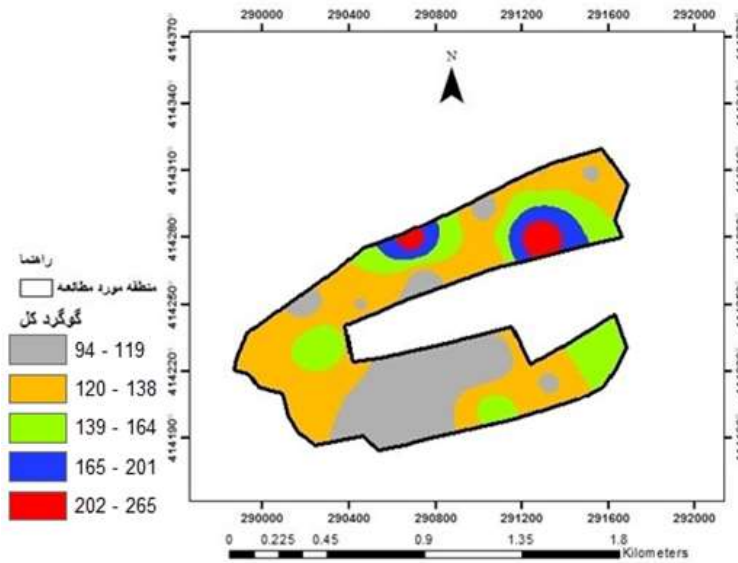
شکل ۴-۴- توزیع مکانی پتاسیم قابل جذب با روش میان‌یابی کریجینگ معمولی - نمایی



شکل ۴-۵- توزیع مکانی منیزیم با روش میان‌یابی اسپیلاین



شکل ۴-۶- توزیع مکانی روی قابل جذب با روش میان‌یابی وزن معکوس فاصله



شکل ۴-۷- توزیع مکانی گوگرد کل خاک با روش میان‌یابی اسپیلاین

به‌طور کلی می‌توان انتظار داشت که مصرف کود مناسب در منطقه مورد پژوهش بر مبنای آزمون خاک و با توجه به نقشه توزیع مکانی عناصر فوق (شکل ۴-۱ الی ۴-۷)، پاسخ مثبت و مناسب محصول به مصرف کود را همراه خواهد داشت.

۴-۴- میان‌یابی با استفاده از مدل ANN

در این تحقیق از نرم افزار Qnet جهت اجرای مدل شبکه عصبی مصنوعی استفاده گردید. در این راستا برای اجرای مدل از ساختار یک لایه ورودی، یک لایه خروجی و یک لایه میانی (لایه پنهان) استفاده شد و متغیرهای شیمیایی اندازه‌گیری شده شامل درصد کربن آلی، پتاسیم قابل جذب، منیزیم، روی قابل جذب و گوگرد کل در عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک مورد بررسی قرار گرفتند. از آنجایی که توابع انتقال تاثیر مهمی بر فرآیند یادگیری در شبکه‌های عصبی مصنوعی دارند، توابع سیگموئید، گوسین، تانژانت هیپربولیک و سکانت هیپربولیک با یک لایه پنهان برای متغیرهای فوق به طور جداگانه ارزیابی و سپس بهترین ساختار شبکه عصبی مصنوعی انتخاب گردید. نتایج حاصل از اجرای توابع مختلف در جداول ۴-۹ الی ۴-۱۳ ارائه شده است.

جدول ۴-۹- نتایج حاصل از اجرای توابع شبکه عصبی برای درصد کربن آلی

تابع	MAE	RMSE	R ²
سیگموئید	۰/۰۴۷	۰/۰۶۷	۰/۷۴۰
گوسین	۰/۰۴۳	۰/۰۵۶	۰/۸۱۴
سکانت هیپربولیک	۰/۰۴۴	۰/۰۶۵	۰/۷۵۳
تانژانت هیپربولیک	۰/۰۳۳	۰/۰۴۷	۰/۸۷۱

جدول ۴-۱۰- نتایج حاصل از اجرای توابع شبکه عصبی برای پتاسیم قابل جذب

تابع	MAE	RMSE	R ²
سیگموئید	۳۲/۹۱۶	۴۰/۶۴۱	۰/۵۰۲
گوسین	۳۱/۲۸۹	۳۸/۰۱۹	۰/۵۷۷
سکانت هیپربولیک	۳۲/۸۳۵	۴۰/۲۵۷	۰/۵۰۲
تانژانت هیپربولیک	۳۲/۶۱۷	۴۰/۴۶۳	۰/۵۰۱

جدول ۴-۱۱- نتایج حاصل از اجرای توابع شبکه عصبی برای منیزیم

تابع	MAE	RMSE	R ²
سیگموئید	۲/۳۰۶	۲/۸۰۱	۰/۷۵۳
گوسین	۲/۴۱۳	۳/۲۰۸	۰/۶۷۶
سکانت هیپربولیک	۲/۵۳۱	۳/۵۱۸	۰/۶۱۰
تانژانت هیپربولیک	۲/۵۷۰	۳/۳۱۴	۰/۶۵۵

جدول ۴-۱۲- نتایج حاصل از اجرای توابع شبکه عصبی برای روی قابل جذب

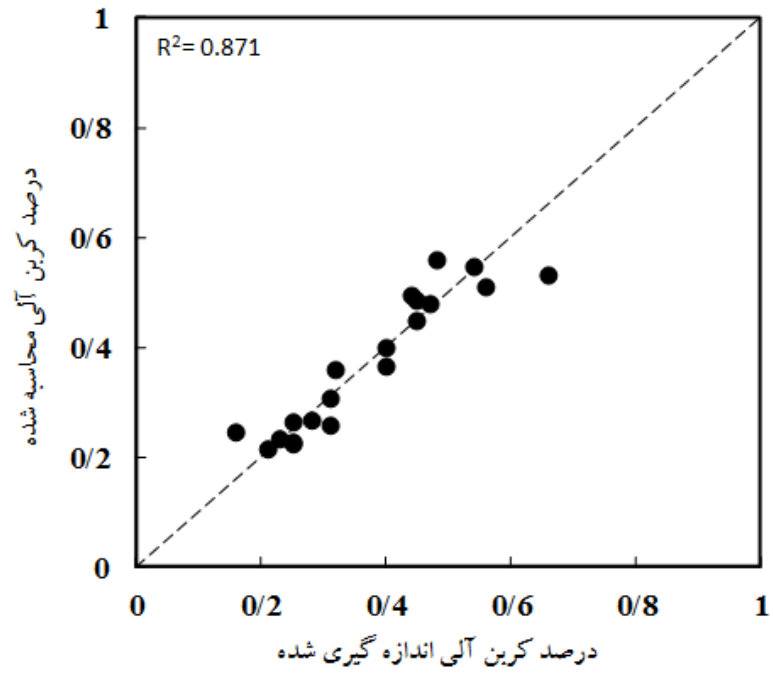
تابع	MAE	RMSE	R ²
سیگموئید	۰/۰۲۱	۰/۰۲۸	۰/۸۱۶
گوسین	۰/۰۲۵	۰/۰۳۱	۰/۷۶۹
سکانت هیپربولیک	۰/۰۱۹	۰/۰۲۸	۰/۸۲۱
تانژانت هیپربولیک	۰/۰۲۰	۰/۰۲۸	۰/۸۱۶

جدول ۴-۱۳- نتایج حاصل از اجرای توابع شبکه عصبی برای گوگرد کل خاک

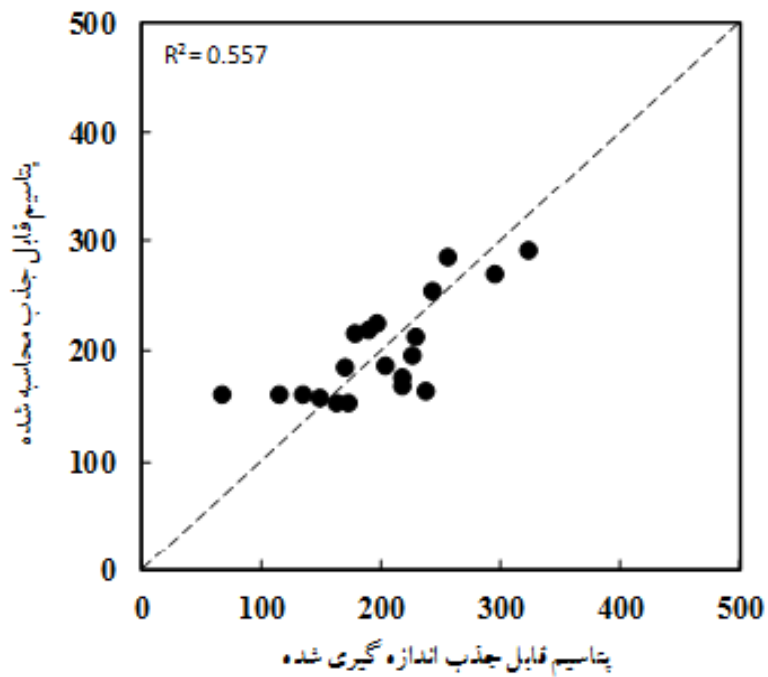
تابع	MAE	RMSE	R ²
سیگموئید	۱۳/۷۲۸	۱۸/۵۰۴	۰/۸۱۲
گوسین	۲۶/۰۱۸	۳۴/۹۲۹	۰/۳۶۵
سکانت هیپربولیک	۱۳/۰۳۱	۱۸/۳۸۸	۰/۸۱۲
تانژانت هیپربولیک	۳۶/۱۵۳	۲۶/۶۰۲	۰/۳۳۱

در جداول فوق (۴-۹ الی ۴-۱۳) مشاهده می‌شود، مدل شبکه عصبی مصنوعی برای درصد کربن آلی خاک با استفاده از تابع تانژانت هیپربولیک به ترتیب با مقادیر MAE، RMSE و R² برابر با ۰/۰۳۳، ۰/۰۴۷ و ۰/۸۷۱، برای پتاسیم قابل جذب خاک با استفاده از تابع گوسین با مقادیر ۳۱/۸۹۲، ۳۸/۰۱۹ و ۰/۵۷۷، برای منیزیم خاک با استفاده از تابع سیگموئید با مقادیر ۲/۳۰۶، ۲/۸۰۱ و ۰/۷۵۳، برای روی خاک با استفاده از تابع سکانت هیپربولیک با مقادیر ۰/۰۱۹، ۰/۰۲۸ و ۰/۸۲۱ و برای گوگرد کل خاک با استفاده از تابع سکانت هیپربولیک با مقادیر ۱۳/۰۳۱، ۱۸/۳۸۸ و ۰/۸۱۲ دارای کمترین میزان خطا (MAE و RMSE) و بالاترین دقت (R²) می‌باشد.

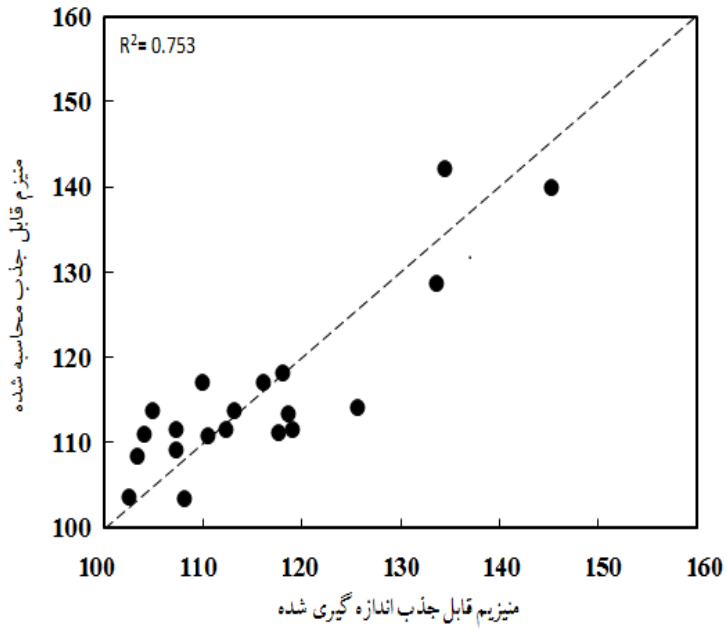
شکل‌های ۴-۸ الی ۴-۱۲ پراکنش داده‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه شده در مدل شبکه عصبی مصنوعی برای متغیرهای مورد مطالعه با استفاده از توابع برتر را نشان می‌دهد.



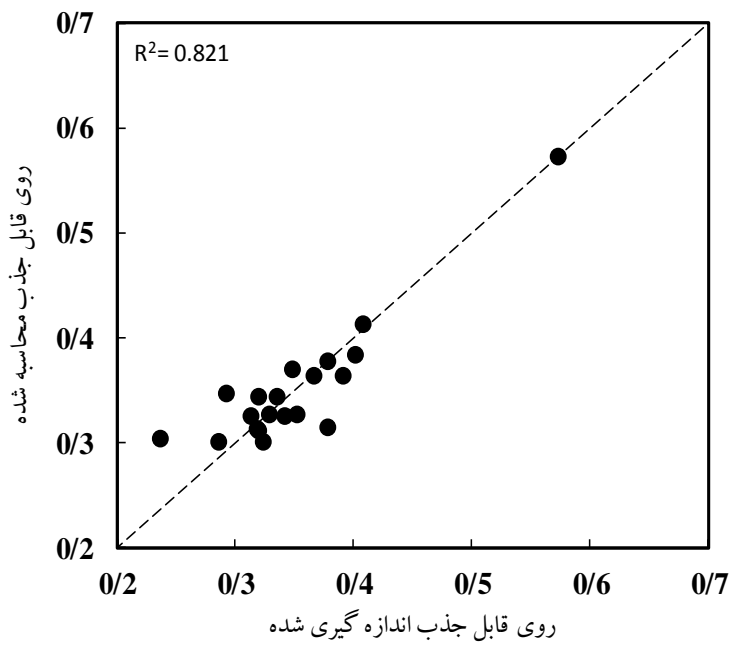
شکل ۴-۸- پراکنش داده‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه شده کربن آلی توسط تابع تنازات هیپربولیک



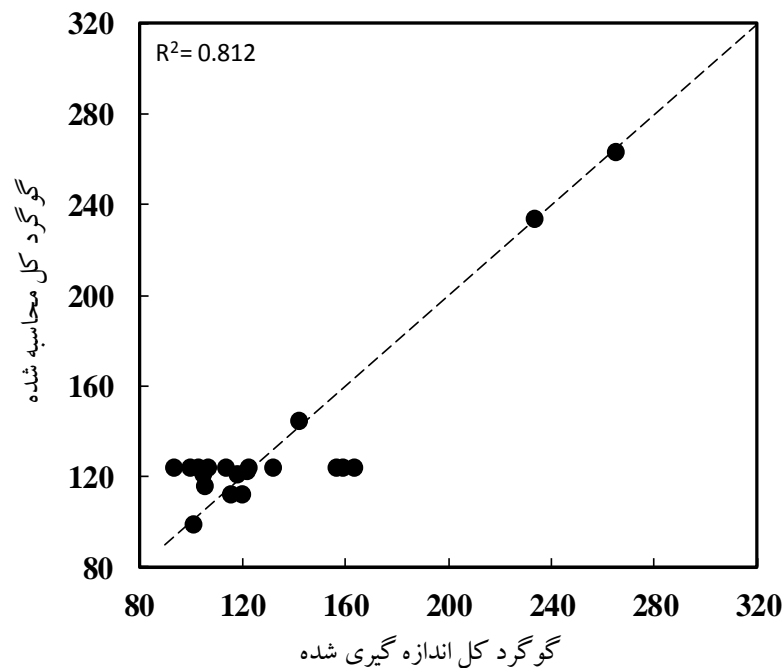
شکل ۴-۹- پراکنش داده‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه شده پتاسیم توسط تابع گوسین



شکل ۴-۱۰- پراکنش داده‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه شده منیزیم توسط تابع سیگموئید



شکل ۴-۱۱- پراکنش داده‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه شده روی توسط تابع سکانت هیپربولیک



شکل ۴-۱۲- پراکنش داده‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه شده گوگرد کل توسط تابع سکانت هیپربولیک

۴-۵- مقایسه مدل GIS و ANN در پیش‌بینی عناصر مورد مطالعه

به منظور بررسی توانایی دو مدل GIS و ANN در برآورد متغیرهای مورد تحقیق، مقایسه آماری انجام شد که نتایج آن در جدول ۴-۱۴ الی ۴-۱۸ آمده است.

جدول ۴-۱۴- مقایسه آماری نتایج حاصل از GIS و ANN برای درصد کربن آلی

تکنیک برتر	MAE	RMSE	R ²
وزن معکوس فاصله	۰/۰۵۶	۰/۰۷۳	۰/۶۹۳
تانژانت هیپربولیک	۰/۰۳۳	۰/۰۴۷	۰/۸۷۱

جدول ۴-۱۵- مقایسه آماری نتایج حاصل از GIS و ANN برای پتاسیم قابل جذب

تکنیک برتر	MAE	RMSE	R ²
کریجینگ-نمایی	۴۲/۱۲۵	۵۲/۵۶۳	۰/۱۸۲
گوسین	۳۱/۸۹۲	۳۸/۰۱۹	۰/۵۷۷

جدول ۴-۱۶- مقایسه آماری نتایج حاصل از GIS و ANN برای منیزیم

تکنیک برتر	MAE	RMSE	R ²
اسیلاین	۴/۰۳۹	۴/۹۲۵	۰/۲۸۸
سیگموئید	۲/۳۰۶	۲/۸۰۱	۰/۷۵۳

جدول ۴-۱۷- مقایسه آماری نتایج حاصل از GIS و ANN برای روی قابل جذب

تکنیک برتر	MAE	RMSE	R ²
وزن معکوس فاصله	۰/۰۳۴	۰/۰۵۶	۰/۲۶۱
سکانت هیپربولیک	۰/۰۱۹	۰/۰۲۸	۰/۸۲۱

جدول ۴-۱۸- مقایسه آماری نتایج حاصل از GIS و ANN برای گوگرد کل

تکنیک برتر	MAE	RMSE	R ²
اسیلاین	۳۲/۶۴۵	۴۲/۲۰۲	۰/۱۳۴
سکانت هیپربولیک	۱۳/۰۳۱	۱۸/۳۸۸	۰/۸۱۲

جدول ۴-۱۴ بیان می‌کند که مدل GIS با داشتن مقدار R² برابر با ۰/۶۹۳ و خطای RMSE برابر با ۰/۰۷۳ و مدل ANN با تابع تانژانت هیپربولیک و مقدار R² و RMSE برابر با ۰/۸۷۱ و ۰/۰۴۷، درصد کربن آلی را پیش‌بینی کرده است که بیانگر دقت بالاتر مدل شبکه عصبی می‌باشد. نتایج جدول ۴-۱۵ نشان می‌دهد که مدل GIS با ضریب تبیین ۰/۸۱۲ و خطای RMSE برابر با ۵۲/۵۶۳ دارای دقت مناسبی برای پیش‌بینی پتاسیم قابل جذب خاک نمی‌باشد. در مقایسه با مدل مذکور، شبکه عصبی توانسته است مقدار R² را به ۰/۵۷۷ افزایش و مقدار RMSE را به ۳۸/۰۱۹ کاهش دهد.

بررسی جدول ۴-۱۶ نشان می‌دهد که مدل GIS با داشتن مقدار R² برابر با ۰/۲۸۸ و خطای RMSE برابر با ۴/۹۲۵ و مدل ANN با تابع سیگموئید و مقدار R² و RMSE برابر با ۰/۷۵۳ و ۲/۸۰۱، منیزیم خاک را پیش‌بینی کرده است که بیانگر توانایی بیشتر مدل ANN نسبت به GIS می‌باشد. جدول ۴-۱۷ نشان می‌دهد که مدل GIS با داشتن مقدار R² برابر با ۰/۲۶۱ و خطای RMSE برابر با ۰/۰۵۶ و مدل ANN با تابع سکانت هیپربولیک و مقدار R² و RMSE برابر با ۰/۸۲۱ و ۰/۰۲۸، روی قابل جذب

خاک را پیش‌بینی کرده است که بیانگر قابلیت بالای مدل شبکه عصبی می‌باشد. همچنین نتایج جدول ۴-۱۸ نشان می‌دهد که مدل GIS با ضریب تبیین ۰/۱۳۴ و RMSE برابر با ۴۲/۲۰۲ دارای دقت مناسبی برای گوگرد کل خاک نمی‌باشد و شبکه عصبی توانسته است مقدار R^2 را به ۰/۸۱۲ افزایش و مقدار RMSE را به ۱۸/۳۸۸ کاهش دهد.

نتایج به دست آمده بیان می‌کند که برای تخمین میزان درصد کربن آلی، پتاسیم قابل جذب، منیزیم، روی قابل جذب و گوگرد کل در عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک، مدل شبکه عصبی مصنوعی با بهترین کارایی، بیشترین ضریب تبیین و کمترین میزان خطا نسبت به سامانه اطلاعات جغرافیایی عمل نموده است که با نتایج تحقیقات سیته‌پارام و همکاران (۲۰۰۸)، اصغری مقدم و همکاران (۲۰۱۰)، فلامکی (۲۰۱۳)، صمدی و همکاران (۱۳۹۲)، غلامعلی زاده آهنگر و همکاران (۱۳۹۳) و پهلوان راد و همکاران (۱۳۹۵) مطابقت دارد.

۴-۶- نتیجه‌گیری

هدف از انجام این پژوهش بررسی و تعیین برخی خصوصیات حاصلخیزی اراضی محدوده مورد مطالعه، تعمیم نتایج آزمون خاک برای اراضی مشابه در منطقه، برآورد نهاده‌های کشاورزی (کود شیمیایی) و مصرف بهینه آن، تعیین اولویت‌های تحقیقاتی و برنامه‌ریزی‌های اجرایی در جهت استفاده بهینه از منابع تولید و دستیابی به کشاورزی پایدار بوده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد در صورت مدیریت صحیح کود، خاک‌های منطقه مورد مطالعه از پتانسیل مناسبی برای تولید زیتون برخوردار است و استفاده از مدل‌های GIS و ANN، سبب افزایش دقت، سرعت و سهولت دستیابی مکانی شد و مدل شبکه عصبی مصنوعی با بهترین کارایی، بیشترین ضریب تبیین و کمترین میزان خطا نسبت به سامانه اطلاعات جغرافیایی، به عنوان تکنیک برتر انتخاب گردید.

۷-۴- پیشنهادها

مطالعات انجام شده زمینه مناسبی برای انجام تحقیقات بعدی جهت دستیابی به کشاورزی دقیق خواهد

بود. در راستای مطالعه حاضر، تحقیقاتی به شرح زیر توصیه می‌گردد:

- مقایسه نتایج حاصله با مدل‌های هوشمند دیگر مانند مدل الگوریتم ژنتیک (GA)، برنامه-ریزی ژن (GEP) و بررسی قابلیت آن‌ها.
- تهیه نقشه نهایی حاصلخیزی خاک با استفاده از نقشه‌های پراکنش مکانی حاصله و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP از طریق روی هم اندازی لایه‌ها و وزن‌دهی به هر یک از فاکتورهای موثر در حاصلخیزی خاک.
- استفاده از مدل ANN در سایر نقاط اندازه‌گیری نشده در منطقه مورد مطالعه.

فصل پنجم

منابع

منابع

- اسلام زاده. ط، و خلد برین. ب، (۱۳۷۰). " نقش تنظیم کننده‌های رشد گیاهی بر ایجاد مقاومت به شوری در گیاه جو (Hordeum) و لوبیا (Phaseolus vulgaris) ". جلد ۱۲، مجله زیتون، ص ۲۰.
- اسماعیل تبار. الف، م، عمادی. ص، م، بهمنیار. م، ع، سپانلو. م، ق، (۱۳۹۴). " بررسی تغییرپذیری مکانی برخی عناصر شیمیایی خاک سطحی به کمک تکنیک زمین آمار (مطالعه موردی، منطقه بهنمیر استان مازندران) ".
- اکبرپور. الف، و برزنونی. س، (۱۳۸۸). " مکان‌یابی مناطق مناسب تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی با استفاده از آبیاری و کاهش تبخیر ". دهمین سمینار سراسری دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان. ۴. 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.
- امینی. م، افیونی. م، خادمی. ح، ف، و فتحعلی پور. ن، (۱۳۸۲). " ارزیابی آلودگی خاک‌های منطقه اصفهان با استفاده از تلفیق فازی و تخمین مکانی ". مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران، ص ۵۶۹.
- بخشی. غ، ر، (۱۳۸۶). " درختان و درختچه های ایران ". دانشگاه پیام نور، ۱۷۱ص.
- برزگر. ع، (۱۳۸۷). " خاک‌های شور و سدیمی: شناخت و بهره وری ". انتشارات دانشگاه شهید چمران.
- بشارتی. ح، (۱۳۷۷). " پایان نامه کارشناسی ارشد: بررسی اثرات کاربرد گوگرد همراه با گونه‌های تیوباسیلوس در افزایش قابلیت جذب برخی از عناصر غذایی در خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، ۱۷۶ ص.
- بنی نعمه. ج، و مومنی. ع، (۱۳۹۰). " تهیه نقشه تفصیلی خاک‌های شور و ماندابی اراضی تحت کشت آبی با اعمال تکنیک‌های زمین آمار و GIS در استان خوزستان ". دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران، تبریز.
- پهلوان راد. م، ر، دهقانی. الف، الف، شهریاری. ع، اکبری مقدم. ع، و دهمرده. خ، (۱۳۹۵). " پیش‌بینی تغییرات مکانی شوری و رس خاک با استفاده از روش‌های زمین آمار و شبکه عصبی مصنوعی ". نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، جلد ۶، شماره ۱، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- تاچگران. ت، ایوبی. ش، خرمالی. ف، و شتایی. ف، (۱۳۸۶). " بررسی تغییرپذیری مکانی و همبستگی برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک سطحی به کمک تکنیک زمین آمار (مطالعه موردی: بخشی از اراضی شمال آق قلا) ". مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.
- تامرادی. ک، فتحی، س، و داستان‌پور. ن، (۱۳۸۸). " توسعه کشت زیتون در ایزه ". دومین همایش راهکارهای توسعه کشاورزی شهرستان ایزه، دانشگاه آزاداسلامی ایزه، ص ۲۱۰-۲۱۱.

جعفری. ب، جوادی. پ، اصلیان. ع، الف، (۱۳۹۴). "پهنه بندی عمقی گچ با استفاده از نرم افزار GIS در دشت اریض خوزستان". چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران.

جلالی. ق، طهرانی. م، م، برومند. ن، و سنجرى. ص، (۱۳۹۲). "مقایسه روش‌های زمین آمار در تهیه نقشه پراکنش مکانی برخی عناصر غذایی در شرق استان مازندران". مجله پژوهش‌های خاک، جلد ۲۷، شماره ۲.

حجازی راد. پ، (۱۳۹۲). "پایان نامه کارشناسی ارشد: تأثیر گوگرد، میکوریزا و تیوباسیلوس بر خصوصیات کمی و کیفی سیر"، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهرود.

حسنى پاك. ع، (۱۳۷۷). "زمین آمار ژئواستاتستیک انتشارات دانشگاه تهران. تهران، ۳۱۴ ص.

حسنى پاك. ع، (۱۳۸۶). "زمین آمار ژئواستاتستیک انتشارات دانشگاه تهران. تهران، ۳۳۰ ص.

خاوازی. ک، و ملکوتی. ج، (۱۳۸۰). "ضرورت تولید کودهای بیولوژیک در کشور، جلد اول، چاپ اول، انتشارات آموزش کشاورزی، تهران، ۶۰۰ ص.

درویشیان. م، (۱۳۷۶). "زیتون". کرج، انتشارات نشر آموزش کشاورزی.

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

سالاردینی. ع، الف، مترجم، (۱۳۷۲). "اصول تغذیه گیاه، جلد ۱: جنبه‌های بنیادی"، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۳۳ ص.

سالاردینی. ع، الف، مترجم، مجتهدی. م، (۱۳۶۷). "اصول تغذیه گیاه". مرکز نشر دانشگاه شیراز، ۳۰۹ ص.

سکویی اسکویی. ر، مهدیان. م، محمودی. ش، غیومیان. ج، و مسیح آبادی. م، (۱۳۸۴)، "کاربرد مقایسه‌ای روش‌های زمین آمار در بررسی پراکنش مکانی برخی عوامل خاک در دشت ارومیه"، مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران، ص ۶۶۷-۵۷۱.

سیدمحمدی. ج، اسماعیل نژاد. ل، رمضان‌پور. ح، (۱۳۹۴). "تأثیر نوع لندفرم بر ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی، مورفولوژیکی و میکرومورفولوژیکی خاک‌های شالیزار گیلان". چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران.

شهبازی. ک، فاسمی. و، روشنی. ق، آخوندی. ع، پیل آرام. غ، عبدالمهی. ص، (۱۳۸۶). "توزیع مکانی برخی خصوصیات حاصلخیزی خاک‌های واقع در دشت‌های استان گلستان، مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران، ص ۶۷۵-۶۷۰.

صادقی. ح، (۱۳۵۹). "کاشت، داشت، برداشت زیتون"، تهران، انتشارات تهران، ص ۸۰.

- صادقی. ح، (۱۳۸۱). " کاشت، داشت، برداشت زیتون ". انتشارات آموزش کشاورزی، ۴۱۴ ص.
- صادقی. س، و روشنی. ق، (۱۳۸۶). " بانک اطلاعات مکان‌دار حاصلخیزی خاک در استان گلستان ". مجموعه مقالات اولین همایش ملی کشاورزی و بوم‌شناختی ایران.
- صفاری. م، یثربی. ج، معادالهی. م، فتحی. ح، و عمادی. م، (۱۳۸۸). " ارزیابی و مقایسه روش‌های میان‌یابی کریجینگ و شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی تغییرات مکانی بعضی از خصوصیات شیمیایی خاک ". یازدهمین کنگره علوم خاک ایران (مدیریت خاک و امنیت غذایی)، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- صمدی. ع، عباسپور. ع، روحانی. ع، و سکوتی اسکوئی. ر، (۱۳۹۲). پایان نامه کارشناسی ارشد: پهنه‌بندی عناصر غذایی خاک با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و زمین‌آمار در دشت ارومیه. دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی.
- غلامعلی زاده آهنگر. الف، سارانی. ف، هاشمی. م، شعبانی. الف، (۱۳۹۳). " مقایسه روش‌های رگرسیون خطی، زمین‌آمار و شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی کربن آلی در اراضی خشک دشت سیستان ". نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۸، شماره ۶.
- کاظمی پشت‌مساوی. ح، طهماسبی سروستانی. ز، کامکار. ب، شتایی. ش، و صادقی. س، (۱۳۹۱). " ارزیابی روش‌های زمین‌آمار جهت تخمین و پهنه‌بندی عناصر غذایی پرمصرف اولیه در برخی اراضی کشاورزی استان گلستان ". دانش آب و خاک، شماره ۲۲، جلد ۱۹- ص ۲۱۹ تا ۲۰۱.
- کوچکی. ع، و سرمدنیا. غ، ح، (۱۳۷۷). " فیزیولوژی گیاهان زراعی ". چاپ هفتم، انتشارات جهاد دانشگاهی، مشهد، ۴۰۰ ص.
- لطف‌الهی. ع، ملکوتی. م، ج، و بازرگان. ک، (۱۳۸۴). " تاثیر سطوح مختلف پتاسیم و عناصر کم مصرف بر روی عملکرد ارقام پیشرفته گندم نان ". مجله علوم خاک و آب، جلد ۱۹، شماره ۱.
- محمدی دانش‌وکیلی. ح، (۱۳۸۵). " زیتون، کاشت، داشت، برداشت و فرآوری ". لاهیجان، انتشارات ندای سبز شمال، چاپ اول، ص ۸۳.
- محمدی. ج، چیت‌ساز. و، و خادمی. ح، (۱۳۸۱). " مقایسه تخمین گرهای ژئواستاتستیکی و رگرسیون خطی جهت برآورد برخی از خصوصیات خاک سطحی به کمک داده‌های رقومی ". مجله علوم خاک و آب، جلد ۱۶، شماره ۲، ص ۹۵-۱۰۲.
- مکرم. م، و بردیده. م، (۱۳۹۱). " ارزیابی حاصلخیزی خاک به منظور کشت گندم با استفاده از سامانه فازی و مقایسه آن با روش بولین و آزمون خاک در محیط GIS ". مجله زراعت (پژوهش و سازندگی)، دوره ۲۵، شماره ۳، ص ۱۱۱-۱۲۳.
- ملکوتی. م، ج، و غیبی. م، ن، (۱۳۷۶). " تعیین حد بحرانی عناصر غذایی محصولات استراتژیک و توصیه صحیح کودی در کشور ". انتشارات نشر آموزش کشاورزی، ص ۵۶.

- ملکوتی. م، ج، و غیبی. م، ن، (۱۳۷۹). " تعیین حد بحرانی عناصر غذایی ". نشریه شماره ۴۵۶.
- ملکوتی. م، ج، (۱۳۷۹). " کمبود پتاسیم در تعدادی از درختان میوه به روایت تصویر و روش‌های درمان آن ". نشریه فنی شماره ۸۲، نشر آموزش کشاورزی، کرج.
- مهربانیان. م، تقی زاده مهرجردی. ر، الف، و دهقانی. ف، (۱۳۸۹). " بررسی کارایی توابع انتقالی جهت تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌های آهکی و گچی استان یزد "، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد هفدهم، شماره ۱.
- منه‌اج. م، و سیفی‌پور. ن، (۱۳۷۷). " کاربرد هوش محاسباتی در کنترل ". جلد دوم، انتشارات دانشگاه امیرکبیر تهران، ۲۳۶ ص.
- منه‌اج. م، (۱۳۸۱). " مبانی شبکه‌های عصبی ". انتشارات دانشگاه امیرکبیر، تهران، جلد اول، ۵۰۲ ص.
- میر منصوری. الف، (۱۳۷۹). " آشنایی با زیتون ". انتشارات سازمان تحقیقات آموزش و معاونت ترویج جهاد کشاورزی.
- نظر زاده اوغاز. ص، مستوفی. م، و میرزایی مقدم. ح، (۱۳۸۷). " تهیه نقشه عملکرد محصول مزرعه به عنوان مهمترین گام در کشاورزی دقیق ". مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه فردوسی مشهد.
- همایی. م، (۱۳۸۱). " واکنش گیاهان به شوری، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران ". شماره انتشار ۵۸، تهران.
- مومنی. ع، (۱۳۸۰). " مدل سازی ساختار مکانی متغیرهای حاصلخیزی و مواد آلی خاک به عنوان مبنایی برای اعمال کشاورزی دقیق در مرودشت ". ایران، مجله علوم خاک و آب، ویژه نامه خاک‌شناسی و ارزیابی اراضی، ص ۱۲-۱.
- نصرت پور. س، (۱۳۹۰). " تهیه نقشه قابلیت حاصلخیزی خاک با استفاده از GIS روشی مناسب و کاربردی برای بهینه سازی مصرف کود ". مجله زیتون، سال سی و یکم.
- نورزاده حداد. م، مهدیان. م، ج، و ملکوتی، م، ج، (۱۳۹۲). " مقایسه کارایی برخی روش‌های زمین آماری به منظور بررسی پراکنش مکانی عناصر ریزمغذی در اراضی کشاورزی استان همدان ". مجله دانش آب و خاک. جلد بیست و سوم، شماره ۱، ص ۷۱-۸۱.
- وحیدی. م، ج، جعفرزاده. ع، الف، میرعباسی نجف آبادی. و، و صادق زاده. م، ع، (۱۳۹۰). " ارزیابی وضعیت حاصلخیزی خاک‌های شهرستان اهر با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی ". دوازدهمین کنگره علوم خاک کشور.
- هماپور. م، حامدی. م، مصلحی شاد. م، و صفافر. ح، (۱۳۹۳). " بررسی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی دو رقم زیتون زرد و روغنی شهرهای شیراز و کازرون ". مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، سال نهم، شماره ۱، ص ۱۳۰-۱۲۱.

یزدانی نژاد، ف، و ترابی گل سفیدی. ح، (۱۳۹۲). " بررسی تغییرات مکانی و پهنه بندی شوری اراضی کشاورزی جنوب تهران با استفاده از کریجینگ و GIS". نشریه تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۴، شماره ۳، ص ۲۶۲-۲۵۵.

Akhter N. M . Denich and H. Goldbach (2010) "using GIS approach to map soil fertility in Heydarabad district op Pakistan". 19th world congress of soil science , soil solutions for changing world .1-6 August , Brisbane, Australia.

Amini., M., Abbaspour, K. C., Khademi, H., Fathianpour, 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*, 53, 748-757.

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

Anderson, S. 2002. H. Mickelson (ed). *Soil Testing and plant analysis*. Madison. WI., USA. p. 181-227. And

Andrewes, P., Busch, J.L.H.C., de Joode, T, Groenewegen, A. and Alexandre, H., 2003. Sensory properties of virgin olive oil polyphenols identification of deacetoxy-ligstroside aglycon as a key contributor to pungency. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 51(5): 1415-1420.

Asghari Moghaddam, A., Nadiri, A., and Fijani, A. 2010. Spatial prediction of fluoride concentration using artificial neural networks and geostatic models *Water and Soil Sci. (Agricultural Science)*. 19: 2. 129-145.

Balamurgan R. T. Duraisami. M and V . K. Stalin. (2014) "Analysis of soil contamination using GIS". *International Journal of Engineering Research & technology*.

Barrow, N. J. and B. R. Whelan. 1998. Comparing the effects of pH on the sorption of metals by soil, by goethite and on uptake by plants. *Eur. J. Soil Sci.* 49:683-692.

Bartolini, Giorgio., Prevost, Glauco., Messeri Carlo., Carignani, Gino and Menini, Umberto G. 1998. Olive germplasm, cultivars and worldwidedcollections. *Food and Agriculture Organization of United Nations (F.A.O.)*.

Behrens, T., Förster, H., Scholten, T., Steinrüken, U., Spies, E., Goldschmitt, M, (2005). Digital soil mapping using artificial neural networks. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168: 21-33.

Bentonjones J. 2001 . *Laboratory Guide For Conducting Soil Tests And Plant Analysis*, CRC Press Boca Raton 2001 London.

Bernardi, A.C.C., Machado, P.L.O.A., Silva, C.A. 2002. "Fertilidade do solo e demanda por nutrient no Brasil". 61-77.

Bertini, D.G. V. 1960. Olive growing and processing. Part I and II. Standing committee on Agriculture, Melbourne, Australia.

Bilgili, M, (2010). Prediction of soil temperature using regression and artificial neural network models. *Meteor Atmospheric Physics*, 110:59-70.

Bisingnano, G., Tomaino, A., Lo Cascio, R., Crisafi G., Uccella, N. and Saija, A., 1999. On the in vitro antimicrobial activity of oleuropein and hydroxytyrosol. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 51(8): 971-974.

Black, C. A., D. D. Evans, J. L. White, L. E. Ensminger and F. E. Clark. 1965. *Methods of Soil Analysis: Part 2* Madison.

Bouyoucos G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agron. Jour*, 464-465.

- Brummer, G. W., J. Gerth and K. G. Tiller. 1988. Reaction kinetics of the adsorption and desorption of nickel, zinc and cadmium by goethite. I. Adsorption and diffusion of metals. *J. Soil Sci.* 39: 37–51.
- Burgess, T.M. and Webster, R. 2006. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties: I the semi-variogram and punctual kriging. *European Journal of Soil Science*, 31(2): 315- 331.
- Buszewski, B., and Kowalkowski, T, (2006). A new model of heavy metal transport in the soil using non linear artificial neural networks. *Journal of Environmental Engineering and Science*, 589–595.
- Caniani D., Pascale S., Sdao F., Sole A., 2008. "Neutral networks and landslide susceptibility: a case study of the urban area of Potenza" *Natural Hazards*.45: 72-55.
- Chapman, S. J. 1989. Oxidation of micronized elemental sulfur in soil. *Plant and Soil*, 116:69- 76. Dexter, A.R. et al. 2008. Complexed organic matter controls soil physical properties. *Geoderma* 144, 620-627.
- Chenu C. Bissonnais Y. and Arrouays, D (2000). "Organic matter influence on clay wettability and soil aggregate stability" . *Soil Sci. Am. J.* .64:1475-1486. Gandhimathi, A., Meenambal, T, (2012). Analysis of heavy metal for soil in Coimbatore by using ANN model. *European Journal of Scientific Research*, 68(4): 462–474.
- Cockx, L., M. Van Meirvenne, U.W.A. Vitharana, F.M.B. Vancoillie, L.P.C. Verbeke, D.
- Cosby, B. J., Hornberger, G. M., Clapp, R. B. & Ginn, T. R. (1984) A statistical exploration of the relationships of soil moisture characteristics to the physical properties of soils. *Water Resour. Res.* 20(6), 682–690.
- Eastman J. R, H. Jain and J. Tolendano. (1998) " multi criteria and multiobjective decision making for land use management", *Environment and management* , Vol 9 , .Kluwer Academic publishers. Dordrecht .Boston.London.
- EMI-Based soil sensor, *Proximal Soil Sensing*, Springer press, 444 p.
- Esti, M., Cinquanta, L. and La Notte, E., 1998 Phenolic compounds in different olive varieties *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 46: 32-35.
- Falamaki, A. 2013. Artificial neural network application for predicting soil distribution coefficient of nickel. *J. Environ. Radioact.* 115: 6-12.
- Federici, E. and Bonghi, G., 1983. Improved method for isolation of bacterial inhibitors from oleuropein hydrolysis. *Applied and Environmental Microbiology*, 46(2): 509-510.
- Garcia, L.A., and Shigidi, A. 2006. Using Neural Networks for Parameter Estimation in Ground Water. *J. Hydr.* 318.
- Gee, G. W. and J. W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. PP. 383–409. In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil. Analysis*, Madison.
- George, D. & Mallery, M. (2010). *Using SPSS for Windows step by step: a simple guide and reference*. Boston, MA: Allyn & Bacon.
- George, D. and Mallery, P. (2010) *SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference*, Pearson, Boston.
- Ghani, A., McLaren, R.G., Swift, R.S., 1993. The incorporation and transformations of ³⁵S in soil: effects of soil conditioning and glucose or sulphate additions. *Soil Biology and Biochemistry* 327–335.
- Gregorich, E.G., Carter, M.R., Angers, D.A., Monreal, C.M., and Ellert, B.H. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Can. J. Soil Sci.* 75: 367-385.

- Haby, V.A., Russelle, M.D., and Skogley, E.O. 1990. Testing soils for potassium, calcium and magnesium.
- Haykin, S.S. (1999). Neural networks: a comprehensive foundation. Prentice Hall.
- Hem, J. D. (1989). "Study and Interpolation of chemical characteristics of Natural Water", Third Edition U.S. Geological Survey Water-Supply paper 2254 Washington, D.C. USA. 263p.
- Hernanz J. L., Lopez, R., Navarret, L. and Sanchez, V (2002) "Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain". Soil Tillage Res. 66:129-141.
- Issaks, E.H., and Srivastava, R.M., 1989. An introduction to applied geostatistics, Oxford University Press, New York, pp. 540-565.
- Juang, K. W. and D. Y. Lee. 2000. Comparison of three nonparametric kriging methods for delineating heavy-metal contaminated soils. J. Environ. Qual. 27-205.
- Kalbasi, M., Manuchehri, N. and F. Filsoof. 1986. Local acidification of soil as a means of alleviating iron chlorosis on quince orchards. J. Plant Nutr. 9 : 1001- 1007.
- Kaplan, M. and S. Orman. 1998. Effect of elemental sulfur and sulfur containing waste in a calcareous soil in Turkey. J. Plant Nutr. 21: 1655- 1665.
- Kravchenko, A.N., and Bullock, D.G. 1999. A comparative study of interpolation methods for mapping soil properties. Journal of Agronomy.
- Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Sci. 1623-1627.
- Licznar P. and Nearing MA. 2003. Artificial neural networks for soil erosion and runoff prediction at the plot scale. Catena, 51: 89-114.
- Lin M and T.Lio. (2002). "site-specific management of Rice fertilizers Based on GIS soil information Available at URL". <http://agent.org/library/eb/513/eb513.pdf>
- Mallarino A and Wittry D. (2000). "How we can make intensive soil sampling and variable rate P and K fertilization cost effective?" . integrated crop management conference proceeding. P203-210 . Nov .29-30. Iowa university extension.
- McBratney A. B. and R. Webster (1983). "optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties" : Vco-regionalization and multiple sampling strategy. Journal of soil science ,34:137-162.
- McBratney, A.B., Mendoca Santos, M.L., Minasny, B. (2003). On digital soil mapping. Geoderma, 117.
- 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.
- Miller R.O. 2008. Current and future soil test. Colorado state university Fort Collins, CO (online). <http://www.naice.org/meeting/2008/soil%20testing.pdf>
- Minsany B. and Mcbratney A.B. (2002) "The Neuro-m method for fitting neural network parametric pedotransfer function" . Soil Sci. Soc. Am.J., 66:352-361.
- Mishra, A. Pattnaik. T, Dad. D, and M. Das. 2014. Soil Fertility Maps preparation using GPS and GIS in Dhenkanal District, Odisha, India. International journal of plant and soil science 3(8): 986-994.
- Narayan Mandal. (2002) "An inventory of current soil fertility status of Mahottary district" Nepal Available at URL "http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/2002/sol/067.pdf"

- Orton T.G., Pringle M.J., Page K.L., Dalal R.C., Bishop T.F.A. 2014. Spatial prediction of soil organic carbon stock using a linear model of coregionalisation. *Geoderma*, 230-231: 119-130.
- Owen, R.W., Mier, W., Giacosa, A., Hull, W.E Spiegelhalder, B. and Bartsch, H., 2000. Phenolic compounds and squalene in olive oils: the concentration and antioxidant potential of total phenols, simple phenols, secoiridoids, lignans and squalene. *Food Chemistry Toxicology*, (8):38.659-547.
- Pachepsky, Y.A., Rawls, W.J, (1999). " Accuracy and reliability of pedo transfer functions as affected by grouping soils ". *Soil Science Society of America Journal*, 63: 1748–1757.
- Parkin, T.B., Doran, J.W., Vizcaino, E. 1996. Field and laboratory tests of soil respiration. *Methods for assessing soil quality*. 231-245.
- Psaltopoulou T, Naska A, Orfanos P Trichopoulos D, Mountokalakis T, Trichopoulou A.2004. Olive oil, the Mediterranean diet, and arterial blood pressure. 1012–1018.
- Rajan, S. S. S. 1983. Effect of sulfur content of phosphate rock/ sulfur granules on the availability of phosphate to plants. *Nutr. Cycle Agroecosystem* 4: 287- 296.
- Rupela, O.P., and P. Taura. 1973. Isolation and characterization of *Thiobacillus* from alkali soils. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 45: 338-341.
- Saber, M.S.M., Zanaty, and M.R. 1981. Effectiveness of inoculation with silicate bacteria in relation to the potassium content of plants using the intensive cropping technique. *Research Journal of Agriculture and Biological Science* 280-289.
- 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.
- Schaap MG., Leij FJ. and van Genuchten MTh. 1998. Neural network analysis for hierarchical prediction of soil water retention and saturated hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62: 847-855.
- Sharma V., Negi SC., Rudra RP. and Yang S. 2003. Neural networks for predicting nitrate-nitrogen in drainage water. *Agri. Water*.
- Simpson, and Saey, T. (2010). A neural network approach to topsoil clay prediction using an
- Singh, A. L., and V. Chaudhari. 1997. Sulfur and micronutrient of groundnut in a calcareous soil. *J. Agron. Crop Sci.*, 179: 107- 114.
- Singh, D. and I. M. Chhibba. 1991. Evaluation of some sources of sulfur using maize and wheat as test crops. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 39: 514-516.
- Sitharam, T.G., Samui, P., and Anbazhagan, P. 2008. Spatial variability of rock depth in temperate forests. *Geotechnical and Geological Engineering*. 26: 5. 503-517
- Sokouti Scoei, R., Mahdian, R., and Mahmoodi, S.H. 2007. Comparing the applicability of semigeostatistic methods to predict the variability of soil salinity, a case study of Uromia plain. *Pajuhesh and Sajandegi*. 74: 90-98.
- Staal S. J, D. Romney , I. Ballenwekand ,M. Waithaka ,H. Muriukiand , L .Vjoroge .(2003) prceeding .of the 25th internationalconference of Agricultural Economists(IAAE).
- Tabari, H., Sabziparvar, A.A., Ahmadi, M, (2011). Comparison of artificial neural network and multivariate linear regression methods for estimation of daily soil temperature in an arid region. *Meteor Atmospheric Physics*, 110:135–142.

- Tamari S., Wosten JHM, and Ruiz-Suarez JC. 1996. Testing and artificial neural network for predicting hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60: 1732-1741.
- Thomas, G. W. 1982. Exchangeable cations. In: Page, A. L. et al. (eds.), pp. 159-165, *Methods of soil analysis*.
- Tisdal, S. L, W. L. Nelson and J. D. Beaton. 1984. *Soil Fertility and fertilizers*. Fourth edition. Mcmillon Publishing Company, New York. Wang, K., Zhang, C., Li, W. 2013. Predictive mapping of soil total nitrogen at a regional scale: A comparison between geographically weighted regression and cokriging. *Applied Geography* 42 :73-85.
- Tripoli, E., Giammanco, M., Tabacchi, G., Di Majo D., Giammanco, S. and La Guardia, M., 2005. The phenolic compounds of olive oil: structure biological activity and beneficial effects on human health. *Nutrition Research Reviews*, 18: 98-112.
- Venkatakrishanan, S. and I. P. Abrol. 1981. Amelioration of a sodic soil through Thiobacilli inoculation and pyrite application. *J. Indian Soc. Soil. Sci.*, 29: 526-529.
- Walkley, A., and Black I. A. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 34: 29-38.
- Walter.c and B.McBratney.(2001). "spatial prediction of top soil salinity in chief vally .Algezia using local ordinary kriging with local variograms ver suswhole –area varigram ". *Australia-journal of soil Research* .39(2): 248-259.
- Wang.H.T, J. Jin and B. Wang .(2006) " improvement of soil nutrient management via information technology". *Better crops/vol.9092006 NO.30*.
- White .j.g ,R.M.Welch and W.A.Norvex (1997) "soil zinc map of the USA using Geostatistics and Geographic information system ". *soil science society of America . j* 61:185-194.
- Zhao, Z., Chow, T.L., Rees, H., Yang, W., Zheng, Z., and Meng, F. 2009. Predict soil texture distributions using an artificial neural network model. *Computers and Electronics in Agriculture*. 69 pp.
- Zou, P., Yang, J., Fu, J., Liu, G., and Liu, D. 2009. Artificial neural network and time series models for predicting soil salt and water content. *Agricultural Water Management*. 36-48.

Abstract

One of the main goals of Soil Science, proper use of lands in a way that benefits the most is the preservation of natural resources. To achieve this goal, understanding the spatial variability of soil characteristics for optimum use of resources and proper management of soil fertility is very important. The aim of this study is to map the spatial distribution of the variables affecting the fertility of the soil on the surface of 100 hectares of Tangali Tavoni Incheboron area in Golestan province was to use olive groves. For this purpose 20 profiles were prepared and soil collected from 0-30, 30-60 and 60-90 cm depth and GPS used for the exact position of profiles. Soil physical and chemical properties such as Soil pH, EC, texture, organic carbon, available potassium, available Magnesium, available zinc and total sulphur estimated. Soil physico-chemical results were analysis with ArcGIS software. Different methods were applied for median including distance reverse weight, spline, normal kriging with circle variogram, exponential, gaussian and spherical variants in soil depth of 0-30 cm. With the help of these software, the best technique were selected to prepare the soil fertility distribution. Also with Qnet software for evaluation of dependence transfer of sigmoid, tangent, hyperbolic and secant hyperbolic, the best for model of ANN were selected and then with the use of statically parameters MAE, RMSE and R^2 for competence comparison for GIS and ANN. Statistical analysis of GIS and ANN methods showed that ANN model has a best performance than the GIS to estimate the percentage of organic carbon with hyperbolic tangent function, available potassium with Gaussian function, sigmoid function for magnesium, available zinc and total sulfur with Hyperbolic Secant function in 0-30 cm soil depth. also the highest coefficient of determination and the lowest error is related to artificial neural network model.

Key words: Site distribution, Olive, GIS, ANN, Soil fertility map



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

**The preparation of soil fertility map of Tavoni Tangali lands with
geographic information system (GIS) and artificial neural network (ANN)**

By: Shabnam Hesamiarani

Supervisor:

Dr. Shahin Shahsavani

Advisor:

Dr. Samad Emamgholizadeh

February 2017