"به نام یگانه خالق هستی"

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

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

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

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده **مهدی نورزاده حداد** در رشته **خاک‌شناسی** است که در سال۱۳۸۸ در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای **دکتر محمدجعفر ملکوتی و دکتر محمدحسین مهدیان** و مشاوره جناب آقای **دکتر کاظم خاوازی** از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

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

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

ماده ۶: اینجانب مهدی نورزاده حداد دانشجوی رشته خاک‌شناسی مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: مهدی نورزاده حداد

تاریخ و امضا: ۱۳۸۸/۰۶/۲۲

دانشکده کشاورزی

پایان‌نامه براي دريافت درجه کارشناسي ارشد خاک‌شناسی

بررسی کارآیی روش‌های زمین‌آماری در تهیه نقشه حاصلخیزی خاک، مطالعه موردی: اراضی تحت کشت یونجه استان همدان

نگارش: مهدی نورزاده حداد

اساتید راهنما:

دکتر محمدحسین مهدیان

دکتر محمدجعفر ملکوتی

استاد مشاور: دکتر کاظم خاوازی

تابستان ۱۳۸۸

تقدیم به باوفادارترین یاران، همیشگی‌ام

پدر و مادر بی‌همتایم

و

برادران مهربانم

تشکر و قدردانی

برخود واجب می دانم از تمامی کسانی که مرا در انجام این پروژه یاری نمودند، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

از چهره ماندگار عرصه کشاورزی و اولین برنده جایزه اکادمی علوم جهان سوم (TWAS)، استاد فرزانه جناب آقای **پروفسور محمد جعفر ملکوتی** که در تمامی مراحل تحصیل نصایح پدرانه شان راهگشای مشکلاتم بود، نهایت تشکر و سپاس را دارم. آرزوی سلامتی، سعادت و طول عمر باعزت را برای ایشان دارم.

از استاد ارجمندم جناب آقای **دکتر محمد حسین مهدیان** که با وجود مشغله کاری بسیار، با صبر و حوصله اینجانب را در انجام این پروژه یاری نمودند، قدردانی می نمایم.

از استاد ارجمندم جناب آقای **دکتر کاظم خاوازی** که مشاوره این پروژه را تقبل نمودند، تشکر می نمایم.

از استاد ارجمندم جناب آقای **دکتر مهدی همایی** به خاطر راهنمایی های کارشناسانه شان تشکر و قدردانی می نمایم.

از استاد علم و اخلاقم، جناب آقای **دکتر مصطفی کریمیان اقبال** که نخستین بار نحوه تحقیق را به بنده آموختند، کمال قدردانی را به عمل می آورم.

امید است نتایج این تحقیق راهگشای تحقیقات آتی بوده و گامی در راستای اعتلای روز افزون ایران عزیزمان باشد.

چو ایران نباشد تن من مباد

مهدی نورزاده حداد

تابستان ۸۸

چکیده

خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک‌ها، پراکنش و میزان تغییرات آن‌ها، از مهمترین عواملی هستند که در تولید پایدار، اهمیت ویژه‌ای دارند. از جمله مهمترین این خصوصیات، می‌توان به ویژگی‌های شیمیایی آن‌ها اشاره نمود. روش‌های اندازه‌گیری این ویژگی‌ها که عمدتا از طریق آزمون خاک امکان‌پذیر می‌باشد، آن هم در سطحی وسیع(یک استان)، بسیار وقت‌گیر و هزینه‌بر است. برای تسهیل امر، لازم است از روش‌های درون‌یابی[1] استفاده نمود. این روش‌ها متعدد بوده و در بسیاری موارد، دقت‌های متفاوتی دارند. به منظور انتخاب روش مناسب درون‌یابی و استفاده از نتایج تجزیه تعدادی محدود نمونه خاک، تحقیق حاضر در مزارع یونجه استان همدان اجرا گردید. متغیرهای مورد نظر در این تحقیق شامل نیترات (NO_3)، آمونیوم (NH_4)، پتاسیم (K)، فسفر(P)، آهن (Fe)، روی (Zn)، بور (B)، کبالت (Co)، هدایت الکتریکی (EC) و اسیدیته (pH) می‌باشند که در ۲۰۰ نمونه خاک اندازه‌گیری شدند. روش‌های زمین آماری به کار رفته در این تحقیق، شامل کریجینگ با و بدون متغیر کمکی[2]، فازی کریجینگ[3]، اسپلاین[4] و میانگین متحرک وزندار[5] است. برای انتخاب روش مناسب، از شاخص‌های آماری دقت[6](MAE) و انحراف[7](MBE) استفاده شد. در عین حال، پس از تهیه نقشه‌ها، مقادیر درون‌یابی شده با مقادیر واقعی اندازه‌گیری شده مقایسه شدند. در این تحقیق از نرم‌افزارهای تخصصی ArcGIS، Matlab و GS^+ استفاده گردید. از نتایج واریوگرافی مشخص شد که دامنه تاثیر برای NO_3، NH_4، EC، pH، K، P، Zn، Fe، B و Co به ترتیب ۷۸، ۷۹، ۵۵، ۶۵، ۷۵، ۶۰، ۵۰، ۶۵، ۷۰ و ۳۰ کیلومتر و دامنه خطای اندازه‌گیری نیز بین۰/۸۴۳ و ۰/۳۶۶ بود . نتایج حاصله از بررسی ضریب همبستگی(r) بین داده‌ها نشان داد که میزان کربن آلی، متغیر کمکی مناسب برای متغیرهای NO_3، NH_4، P، B، Fe، Zn و EC بود. همچنین برای K، درصد رس و برای Co، درصد کربنات کلسیم متغیر کمکی مناسب شناخته شد. نتایج این تحقیق حاکی از این است که بر اساس MAE، روش مناسب درون‌یابی برای NH_4 (MAE=0.139)، NO_3 (MAE=0.167)، K (MAE=0.143)، P (MAE=0.153)، Zn (MAE=0.218)، Fe (MAE=0.114)، Co (MAE=0.541)، B (MAE=0.124) و EC (MAE=0.163)، روش فازی کریجینگ بود. لیکن با توجه به روند نقشه‌ها، روش‌های کوکریجینگ و اسپلاین نمایش منطقی‌تری از پراکنش K و P در منطقه نشان دادند. همچنین روش مناسب برای درون‌یابی اسیدیته(MAE=0.021)، روش اسپلاین تشخیص داده شد. در نهایت مشخص شد که با استفاده از روش فازی کریجینگ دقت درون‌یابی‌ها خصوصیات شیمیایی خاک از ۲۱/۱ تا ۷۰/۶ درصد افزایش داشته است. به عبارت دیگر روش فازی‌کریجینگ ، نسبت به سایر روش‌ها قابلیت بهتری در تهیه نقشه حاصلخیزی خاک دارد.

کلمات کلیدی: پراکنش مکانی، خصوصیات شیمیایی خاک، درون‌یابی، روش‌های زمین آماری- فازی، زمین آمار.

1-Interpolation, 2-kriging and co- kriging, 3-fuzzy kriging, 4-spline, 5- weighted moving average, 6-mean absolute error, 7- mean bias error

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: کلیات ۲

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- تعریف مساله ۳

۱-۳- خصوصیات شیمیایی خاک ۴

۱-۳-۱- هدایت الکتریکی ۴

۱-۳-۲- اسیدیته خاک ۴

۱-۳-۳- نیتروژن ۵

۱-۳-۴- پتاسیم ۵

۱-۳-۵- فسفر ۵

۱-۳-۶- روی ۶

۱-۳-۷- بور ۶

۱-۳-۸- آهن ۶

۱-۳-۹-کبالت ۶

۱-۵- سؤالات تحقیق ۷

۱-۶- فرضیه ها و پیش فرض های تحقیق ۷

فصل دوم: تئوری روش‌ها ۹

۲-۱- زمین‌آمار ۹

۲-۱-۱- متغیر ناحیه‌ای ۹

۲-۱-۲- نیم تغییرنما ۱۰

۲-۱-۲-۱- اثر قطعه‌ای ۱۲

۲-۱-۲-۲- دامنه تاثیر ۱۳

۲-۱-۲-۳- آستانه ۱۳

۲-۲- روش‌های درونیابی ۱۳

۲-۲-۱- روش میانگین متحرک وزندار ۱۴

۲-۲-۲- روش اسپلاین ۱۴

۲-۲-۳- روش کریجینگ ۱۵

۲-۲-۴- مدل‌های تئوری تغییرنما ۱۷

۲-۲-۴-۱- مدل کروی ۱۷

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۲-۲-۴-۲- مدل گوسی ۱۷
۲-۲-۴-۳- مدل دایرهای ۱۸
۲-۲-۴-۴- مدل نمایی ۱۸
۲-۲-۵- کوکریجینگ ۱۸
۲-۲-۶- فازی‌کریجینگ ۱۹

۲-۴- ناهمسانگردی و ناهمسانگردی ۲۱
۲-۴-۱- ناهمسانگردی هندسی ۲۱
۲-۴-۲- ناهمسانگردی منطقه‌ای ۲۱

فصل سوم: مروری بر منابع ۲۳

۳-۱- مقدمه ۲۳

۳-۲- پیشینه تحقیق ۲۳

فصل چهارم: مواد و روشها ۳۰

۴-۱- منطقه مورد مطالعه ۳۰
۴-۱-۱-کلیات ۳۰
۴-۱-۲- توپوگرافی و اقلیم ۳۱
۴-۱-۳- زمین‌شناسی ۳۱
۴-۱-۴- خاک‌شناسی مراتع استان همدان ۳۱
۴-۱-۵- منابع آبی ۳۲

۴-۲- نمونه‌برداری ۳۲

۴-۳-روش و معیارهای ارزیابی ۳۴

۴-۵- نحوه اجرای روش فازی کریجینگ ۳۵

فصل پنجم: نتایج و بحث ۳۷

۵-۱- داده‌های مورد استفاده ۳۷

۵-۲- تحلیل واریوگرافی ۴۱

۵-۳- ارزیابی روش‌های زمین‌آماری ۴۴
۵-۳-۱- روش کریجینگ ۴۴

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۵-۳-۲- روش کوکریجینگ ۴۴
۵-۳-۳- میانگین متحرک وزندار ۴۸
۵-۳-۴- روش اسپلاین ۴۹
۵-۳-۵- جمع بندی و ارزیابی روش‌های غیرفازی ۴۹
۵-۳-۶- ارزیابی روش فازی‌کریجینگ ۵۷
۵-۴- مقایسه نتایج روش‌های فازی و غیرفازی ۵۸
۵-۵- مقایسه نتایج ۶۱
فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادها ۸۵
۶-۱- نتیجه گیری ۶۴
۶-۲-پیشنهادها ۶۵
پیوست‌ها

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول(۴-۱) ارزش مراتع با توجه به وسعت و مقادیر تولید علوفه در استان همدان ۳۱

جدول (۵-۲) برخی از شاخص‌های آماری متغیرهای استفاده شده بعد از نرمال سازی ۴۰

جدول(۵-۴) ویژگی‌های مدل‌های تجربی واریوگرام‌های مربوط به متغیرهای استفاده شده ۴۳

جدول(۵-۶) ضریب همبستگی بین متغیرهای وابسته و مستقل. ۴۶

جدول(۵-۷) متغیر کمکی مناسب برای هر یک از متغیرهای اصلی ۴۶

جدول(۵-۹) نتایج ارزیابی روش کوکریجینگ با متغیر کمکی (درصد رس)..... ۴۷

جدول(۵-۱۰) نتایج ارزیابی روش کوکریجینگ با متغیر کمکی (درصد کربنات کلسیم) ۴۷

جدول(۵-۱۱) ارزیابی میانگین متحرک وزندار ۴۸

جدول(۵-۱۲) نتایج ارزیابی روش اسپلاین ۴۹

جدول (۵-۱۳) مقایسه نتایج روش‌های غیرفازی..... ۵۰

جدول (۵-۱۵) مقایسه روش‌های مختلف زمین‌آماری..... ۵۹

جدول (۵-۱۶) میزان افزایش دقت با استفاده از فازی‌کریجینگ.....۶۰

جدول (۵-۱۷) مقایسه برخی نتایج تحقیق حاضر و تحقیقات گذشته ۶۲

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل (۱-۱) شکل شماتیک یک نیم‌تغییرنما **۱۲**

شکل (۱-۲) اثر قطعه‌ای **۱۳**

شکل (۴-۴) نقاط نمونه‌برداری شده **۳۳**

شکل(۵-۱) توزیع فراوانی داده‌های نیترات قبل از نرمال سازی **۳۸**

شکل(۵-۲) توزیع فراوانی داده‌های نیترات پس از نرمال سازی **۳۹**

شکل (۵-۴) واریوگرام سطحی داده‌های نیترات برای تمامی داده‌ها **۴۲**

شکل(۵-۵) واریوگرام همه‌جهته برای نیترات..... **۴۳**

شکل (۵-۵) پهنه‌بندی pH خاک در منطقه مورد مطالعه **۵۲**

شکل (۵-۶) پهنه‌بندی هدایت الکتریکی خاک در منطقه مورد مطالعه..... **۵۳**

شکل (۵-۷) پهنه‌بندی نیترات در منطقه مورد مطالعه **۵۴**

شکل (۵-۸) پهنه‌بندی آمونیوم در منطقه مورد مطالعه **۵۵**

شکل (۵-۹) پهنه‌بندی آهن در منطقه مورد مطالعه..... **۵۶**

فصل اول:

کلیات

فصل اول: کلیات

۱-۱-مقدمه

خاک‌های زراعی دارای ویژگی‌های بسیار متنوعی هستند. نوع و میزان تغییرات این خصوصیات در کشاورزی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. از جمله می‌توان به ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آن‌ها اشاره نمود. از مهمترین پارامترهای شیمیایی می توان به میزان عناصر غذایی پرمصرف (ماکرو)، ریزمغذی (کم مصرف)، هدایت الکتریکی، اسیدیته و مواد آلی اشاره نمود. پراکنش ویژگی‌های خاک را می توان از طریق نمونه‌برداری صحرایی، عملیات آزمایشگاهی و در نهایت نقشه‌های خاک به دست آورد. در فرآیند تولید این نقشه‌ها، خصوصیات نقاط نمونه‌برداری شده به سطح مشخصی تعمیم داده می‌شود. یکی از مهمترین نقشه‌های تهیه شده به این روش، نقشه حاصلخیزی خاک است (Chen و همکاران، ۲۰۰۹).

مرسوم‌ترین روش برای بررسی خصوصیات خاک و توصیه‌های کودی، آزمون خاک[1] می‌باشد. آزمون خاک دارای سه مرحله نمونه‌برداری صحیح خاک، انتخاب عصاره‌گیر مناسب برای تعیین دقیق غلظت عناصر غذایی قابل استفاده گیاه و توصیه صحیح کودی می‌باشد (تدین و همکاران، ۱۳۸۴; ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). یکی از اشکالات توصیه کودی بر مبنای آزمون خاک، نداشتن نقشه منابع و استعداد خاک‌های زراعی کشور بر مبنای مقیاس ۲۵,۰۰۰: ۱ می‌باشد. زیرا در صورت وجود چنین نقشه‌ای برای سری‌های خاک، می‌توان توصیه کودی مشابهی برای خاک‌هایی که یک سری دارند، اعمال نمود. علاوه بر این، تهیه این‌گونه نقشه‌ها نیازمند صرف هزینه‌های گزاف نمونه‌برداری، آزمایش‌های گوناگون و نیروی انسانی زیادی می‌باشد. هم‌اکنون در کشور توصیه کودی به وسیله موسسه تحقیقات خاک و آب به صورت استانی و برای هر محصول جداگانه صورت می‌گیرد. بدیهی است این‌گونه توصیه‌ها کارایی بالایی ندارند. بنابراین لازم است با تهیه نقشه‌های تفصیلی خاک‌های ایران پتانسیل تولید برای هر محصول مشخص و سپس بر مبنای سری‌های مشخص خاک نسبت به انجام توصیه‌های کودی اقدام نمود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). مشکل تهیه این‌گونه نقشه‌ها در مقیاس وسیع، تعداد نمونه زیاد و هزینه بالای نمونه‌برداری و آزمایش‌های مربوطه است.

در حال حاضر، با توجه به نبود این‌گونه نقشه‌ها و عدم امکان تهیه آن‌ها، بهترین روش برای توصیه کودی استفاده از زمین‌آمار[2] و نقشه‌های تولیدی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) می‌باشد. بر این اساس، قوانین زمین‌آماری این امکان را فراهم می‌آورد که با نمونه‌برداری کم از سطحی نسبتا وسیع، خصوصیات خاک را درون‌یابی و به تمام سطح تعمیم داد. این روش علاوه بر این‌که هزینه مربوط به نمونه‌برداری و آزمایش‌های مربوطه را به شدت کاهش می‌دهد، این امکان را بوجود می‌آورد که نقشه‌های مربوط به خصوصیات موردنظر در محیط GIS تولید و دقت آن‌ها تعیین شود.

1 - Soil Testing
2 - Geostatistic

روش‌های مختلف زمین آماری این امکان را بوجود می آورد که از طریق تعمیم خصوصیات نقاط نمونه‌برداری شده، پهنه‌بندی ویژگی‌های مختلف خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک تهیه گردد. در بسیاری موارد، دقت برخی روش‌های زمین‌آماری نسبت به برخی دیگر باعث می‌شود تا نقشه‌های تهیه شده از اعتماد بیشتری برخوردار باشد و عملاً کاربری بیشتری داشته باشند. نقشه‌های با دقت بیشتر در مباحث مربوط به مدیریت اراضی و نیز کشاورزی دقیق[1] کاربردهای فراوانی دارند (Robinson و Metternicht، ۲۰۰۶) زیرا در کشاورزی دقیق آگاهی از اطلاعات تمامی نقاط منطقه مورد نظر اهمیت بسیاری دارد.

به منظور مدیریت بهینه تغذیه خاک، نیاز به دانستن این خصوصیات می‌باشد، لیکن از آن‌جا که اندازه‌گیری این ویژگی‌ها در آزمایشگاه و آن هم برای یک سطح وسیع بسیار هزینه‌بر است، نیاز به برآورد توزیع مکانی آن می باشد. روش‌های مختلفی برای برآورد توزیع مکانی این خصوصیات وجود دارد که به نظر می‌رسد روش‌های زمین‌آماری به دلیل در نظر گرفتن موقعیت و آرایش داده‌ها و همچنین همبستگی مکانی آن‌ها، پتانسیل مطلوبی دارند. نقشه‌های معمول(غیر زمین‌آماری) تهیه شده برای این ویژگی‌های خاک، معمولا دقت مناسبی ندارند.

به منظور بالا بردن دقت درون‌یابی‌ها، یکی از راه‌های موجود، استفاده از مجموعه‌های فازی است. به کمک مجموعه‌های فازی، اعداد بدون مرز مشخص و یا عدم قطعیت تعریف شده، می‌تواند در کنار اعداد دقیق قرار گیرند و نقشه‌هایی با دقت معین تهیه نمود (رحیمی بندرآبادی، ۱۳۸۳). فازی‌کریجینگ در واقع اصلاح شده روش کریجینگ معمولی است. تبدیل روش کریجینگ معمولی به فازی کریجینگ از دو راه امکان‌پذیر است. راه اول حل فازی معادلات کریجینگ معمولی[2] و راه دوم بیان فازی نتایج کریجینگ معمولی می‌باشد (Bandemer و Gebhardt، ۲۰۰۰). به این ترتیب، عدم قطعیت داده‌های تخمینی را می‌توان با استفاده از مجموعه‌های فازی لحاظ نمود.

۱-۲- تعریف مساله

خاک‌ها دارای خصوصیات بسیار متفاوتی هستند. نوع خصوصیات خاک‌ها، پراکنش و میزان تغییرات آن‌ها از جمله مهمترین عواملی است که در کشاورزی اهمیت ویژه‌ای دارد. خصوصیات شیمیایی خاک‌ها را می‌توان در بیشتر موارد متوجه میزان عناصر پرمصرف، شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، گوگرد و عناصر ریزمغذی شامل روی، بور، آهن، مس، منگنز و مولیبدون و همچنین میزان مواد آلی دانست (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). در بسیاری موارد و به منظور مدیریت بهتر اراضی تحت کشت، نیاز به دانستن و اندازه‌گیری این ویژگی‌ها می‌باشد. روش‌های اندازه‌گیری این ویژگی‌ها، آن هم در سطحی وسیع(یک استان) بسیار هزینه‌بر است. به این منظور، لازم است از روش‌های درون‌یابی به منظور پیش‌بینی مقادیر خصوصیات مدنظر استفاده گردد، ولی این روش‌ها در بسیاری موارد دقت‌های متفاوتی دارد. لذا، در این تحقیق، از پنج روش رایج درون‌یابی برای

1 -Precision Agriculture
2- Ordinary Kriging

بررسی تغییرات مکانی خصوصیات شیمیایی(تغذیه‌ای) خاک‌های تحت کشت یونجه در استان همدان، استفاده شد. روش‌های زمین‌آماری به کار رفته در این تحقیق شامل کریجینگ با و بدون متغیر کمکی[1]، فازی کریجینگ[2]، اسپلاین[3] و میانگین متحرک وزندار می‌باشد.

۱-۳-خصوصیات شیمیایی خاک[4]

مهمترین پارامترهای شیمیایی شامل عناصر غذایی پرمصرف(ماکرو)، ریزمغذی(کم مصرف)، هدایت الکتریکی، اسیدیته و مواد آلی می باشد. فاکتورهایی که در این تحقیق مدنظر قرار گرفت از مهمترین فاکتورها در ارتباط حاصلخیزی خاک به شمار می‌روند. این فاکتورها به شرح زیر است:

۱-۳-۱-هدایت الکتریکی[5]

هدایت الکتریکی از مهمترین ویژگی‌های شیمیایی خاک است که به عنوان شاخص شوری در آزمایشگاه و با تهیه عصاره گل اشباع به دست می‌آید. واحد اندازه‌گیری آن دسی‌زیمنس بر متر (dS/m) یا میلی‌موس بر سانتی‌متر (mmhos/cm) می‌باشد. هدایت الکتریکی افزون بر اثر اسمزی و سمّیت ویژهٔ یونی، موجب بروز عدم تعادل تغذیه‌ای در گیاه می‌گردد که شدت و ضعف آن بسته به نوع گیاه و حتی گونه‌های مختلف یک گیاه متفاوت است. شوری خاک، " فعالیت یونی"عناصر غذایی موجود در محلول خاک را تحت تأثیر خود قرار داده و در نتیجه توازن موجود میان نسبت آن‌ها را برهم می‌زند (همایی، ۱۳۸۱).

۱-۳-۲-اسیدیته خاک[6]

اسیدیته و یا واکنش خاک (pH) در واقع بیانگر میزان اسیدیته یا قلیائیت خاک می‌باشد، به طوری که خاکی که pH کمتر از ۷ دارد، اسیدی و خاکی که pH بیشتر از ۷ دارد را خاک قلیایی گویند. به طور کلی، دامنه تغییرات اسیدیته خاک در اراضی کشاورزی بین ۵ تا ۸ است. این متغیر شیمیایی را می‌توان در آزمایشگاه با تهیه عصاره گل اشباع اندازه گیری نمود. اهمیت واکنش خاک از آن‌جا ناشی می‌شود که ممکن است بر قابلیت جذب بعضی از عناصر لازم برای رشد گیاه، مؤثر باشد. بعضی از بیماری‌های خاکزا نیز تحت تاثیر اسیدیته خاک هستند. طبق تعریف، رابطه اسیدیته خاک عبارت است از:

$$pH= -\log(H^+) \qquad (۱-۱)$$

1- Kriging and cokriging
2 - Fuzzy kriging
3- Spline
4 -Soil chemistry properties
5 -Electrical Conductivity
6- Soil acidity or pH

همان‌طوری که از رابطه (۱-۱) مشخص است، در ازای تغییر هر واحد pH، غلظت یون‌های هیدروژن و هیدروکسیل، ۱۰ برابر تغییر می‌کند. شاید مهمترین اثر pH خاک بر روی رشد گیاهان، تاثیر آن در قابلیت استفاده عناصر غذایی باشد. علاوه بر این، تاثیر بر فعالیت ریزجانداران خاک نیز از اثرات مهم pH می‌باشد. تثبیت یون آمونیوم در بین شبکه کانی‌های سیلیکاتی ورقه‌ای به pH وابسته است (ملکوتی و همکاران،۱۳۸۷).

۱-۳-۳- نیتروژن

نیتروژن (N) یکی از مهمترین عناصر غذایی (در واقع گلوگاه رشد گیاه محسوب می‌شود) و یکی از عوامل کلیدی در دستیابی به عملکرد مطلوب در محصولات زراعی می‌باشد. این عنصر در گیاهان بالاترین غلظت را داشته و نقش مهمی در افزایش عملکرد دارد؛ به‌طوری که کمبود آن بیش از سایر عناصر غذایی عملکرد را محدود می‌کند. مهمترین روش تأمین نیتروژن موردنیاز کشاورزی، استفاده از کودهای نیتروژنه است. برای تولید اقتصادی محصولات مختلف، حفاظت از محیط زیست، افزایش کارایی کودهای ازته و تأمین نیاز غذایی جامعه، مدیریت نیتروژن از اولویت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین، استفاده مناسب از کودهای نیتروژنه برای افزایش تولید محصول و افزایش کارآیی نیتروژن، از مهمترین مباحث روز می‌باشد (Hillel و همکاران، ۲۰۰۵ ؛ ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

۱-۳-۴-پتاسیم

به طور کلی مقدار پتاسیم (K) موجود در پوستهٔ زمین، حدود ۱/۹ تا ۲/۳ درصد است (مقدار پتاسیم کل در خاک‌های زراعی بین ۰/۵ تا ۲/۵ درصد می‌باشد). پتاسیم جزو عناصر مورد نیاز گیاه است که با توجه به مقدار پتاسیم که در خاک‌های مختلف متفاوت است و آن قسمت از کل پتاسیم موجود در خاک که به صورت قابل تبادل یا قابل استفادهٔ گیاه باشد، ناچیز است. باید توجه داشت پتاسیم از عناصر پرنیاز گیاهان زراعی است و پتاسیم فراوان‌ترین عنصر غذایی در ۱۵ سانتی‌متری بخش بالایی خاک است. اما این شرایط، لزوماً بدان معنا نیست که پتاسیم قابل دسترس‌ترین عنصر برای گیاه است. زیرا، مقدار پتاسیم قابل دسترس برای گیاه به میزان پتاسیم موجود در بخش قابل دسترس (محلول و تبادلی) بستگی دارد. از عوامل مؤثر بر ورود پتاسیم به بخش قابل دسترس، می‌توان به هوازدگی کانی‌های حاوی پتاسیم و تداوم مصرف کودهای پتاسیمی اشاره نمود (لطفالهی و همکاران، ۱۳۸۴ ؛ کیانی و همکاران، ۱۳۸۵).

۱-۳-۵- فسفر

فسفر (P) یکی از مهمترین عناصر مورد نیاز گیاهان در تولید محصول به شمار می‌آید و در کلیهٔ فرآیندهای بیوشیمیایی، ترکیبات انرژی‌زا و مکانیسم‌های انتقال انرژی دخالت دارد. مقدار فسفر پوستهٔ جامد زمین حدود ۰/۱۲ درصد می‌باشد. مقدار فسفر خاک در نقاط مختلف از ۰/۰۲ تا ۰/۵۰ درصد نوسان دارد. غلظت

فسفر در خاک‌های زراعی از ۰/۱ تا ۳ گرم در کیلوگرم در تغییر است. از ویژگی‌های ترکیبات فسفری این است که تقریباً نامحلول بوده و به راحتی از نیمرخ خاک شسته نمی‌شوند (ملکوتی و شاهرخ‌نیا، ۱۳۷۹).

۱-۳-۶- روی

روی (Zn) از مهمترین عناصر میکرو(ریزمغذی) می‌باشد که کمبود آن در خاک‌های زراعی دنیا مخصوصا آهکی عمومیت دارد. خاک های زراعی ایران به دلایل متعددی از جمله آهکی بودن، pH بالا، حضور بی کربنات فراوان در آب‌های آبیاری، شوری خاک، پایین بودن مواد آلی خاک، عدم رعایت مصرف بهینه کود، مصرف فراوان و بیش از نیاز کودهای فسفاتی و نهایتاً عدم رواج مصرف کودهای محتوی روی، کمبود عنصر روی در خاک‌های ایران شایع است(کشاورز و ملکوتی، ۱۳۸۴ ؛ ملکوتی همکاران، ۱۳۸۷).

۱-۳-۷-بور

مقدار بور (B) در قشر سطحی کره زمین به طور متوسط تقریباً ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است. این عنصر از نظر طبقه‌بندی شیمیایی در گروه AIII جدول تناوبی قرار داشته و دارای عدد اتمی ۵ می‌باشد. در مقایسه با سایر عناصر غذایی، رفتار شیمیایی بور در خاک ساده‌تر است، زیرا این عنصر در واکنش‌های اکسیداسیون، احیا و آنزیم‌ها شرکت نمی‌کند و همچنین از خاک نیز متصاعد نمی‌شود. نوع مواد مادری خاک، بافت خاک، غلظت نمک‌های محلول، مواد آلی، کاتیون‌های قابل تبادل، کربنات کلسیم آزاد، رطوبت خاک و دمای خاک از عوامل خاکی عمده‌ایی هستند که بر وضعیت بور در خاک تأثیر می‌گذارند. دامنه کمبود و مسمومیت بور در خاک‌های آهکی بسیار کم است. بنابراین، لازم است در مصرف کودهای محتوی بور نهایت دقت به عمل آید (حسنی، ۱۳۸۶ ؛ ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

۱-۳-۸- آهن

کمبود آهن (Fe) به شدت عملکرد وکیفیت محصول را تحت تاثیر قرار می دهد که این مورد بیشتر به صورت کلروز در برگ‌های جوان بروز می‌نماید و به عنوان یکی از نارسایی‌های مهـــم تغذیه‌ای در گیاهان به‌ویژه در خاک‌های آهکی مطرح است. کمبود آهن هم مشابه روی در خاک‌های آهکی رخ می‌دهد. با توجه به این‌که اغلب خاک‌های ایران حاوی مقدار قابل توجهی آهک می‌باشند، قابلیت جذب آهن کاهش یافته و باعث تشدید کلروز آهن می‌گردد (رسولی، ۱۳۸۴). مصرف بی‌رویه کود فسفات آمونیوم به‌ویژه تحت شرایط خاک‌های آهکی(شرایط خاک‌های ایران)، شدت کمبود سایر عناصر کم‌مصرف همچون آهن، روی ، منگنز و مس را در این خاک‌ها افزایش داده است (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۸۴ ؛ ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۳).

۱-۳-۹-کبالت

کبالت (Co) از عناصری است که گیاه به مقدار بسیار کم به آن نیاز دارد و در صورتی که غلظت این عنصر در خاک، اندکی از حد مجاز فراتر رود، مسمومیت گیاه را به دنبال دارد. این عنصر در تثبیت ازت به صورت

بیولوژیکی نقش دارد و با توجه به اهمیت این نوع تثبیت در یونجه‌زارها، کبالت حائز اهمیت است (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۸۴ ؛ ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۳).

۱-۵- سؤالات تحقیق

سوالات این تحقیق به شرح زیر است:

۱- متغیر کمکی مناسب برای افزایش دقت روش کریجینگ کدام است؟

۲- آیا ترکیب روش فازی با روش کریجینگ، باعث افزایش دقت آن می شود؟

۳- برای متغیرهای مختلف حاصلخیزی خاک، کدام یک از روش های زمین آماری انتخاب شده، نتایج قابل اعتمادتری را عاید می سازد؟

۴- آیا می‌توان با استفاده از مطالعات زمین‌آماری تعداد مناسب نمونه خاک (به منظور آزمون خاک) را برای هر فاکتور تعیین نمود؟

۱-۶-فرضیه ها و پیش فرض‌های تحقیق

از بین روش‌های زمین آماری، روشی با دقت مناسب برای برآورد فاکتورهای شیمیایی خاک را می‌توان توصیه نمود که به کمک آن روش، نقشه‌های حاصلخیزی خاک با دقت قابل قبولی برای منطقه مورد مطالعه تهیه می‌گردد. نقشه‌های تولید شده، زمینه بهبود مدیریت آن منطقه را فراهم خواهد نمود.

فصل دوم:

تئوری روش‌ها