



دانشکده کشاورزی

پایان نامه برای اخذ درجه کارشناسی ارشد خاکشناسی (شیمی و حاصلخیزی خاک)

عنوان:

بررسی تغییر پذیری مکانی برخی عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف با
استفاده از روش های زمین آماری، مطالعه موردی: دشت شمالی ارومیه

نگارنده:

مژگان ایوبی

اساتید راهنما:

دکتر محمد جعفر ملکوتی

دکتر رضا سکوتی اسکوتی

بهمن ۱۳۹۱





دانشکده کشاورزی

پایان نامه برای اخذ درجه کارشناسی ارشد خاکشناسی (شیمی و حاصلخیزی خاک)

عنوان:

بررسی تغییر پذیری مکانی برخی عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف با
استفاده از روش های زمین آماری، مطالعه موردی: دشت شمالی ارومیه

نگارنده:

مژگان ایوبی

اساتید راهنما:

دکتر محمد جعفر ملکوتی

دکتر رضا سکوتی اسکوئی

بهمن ۱۳۹۱

آیین نامه چاپ پایان نامه (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 می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» 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 **مژگان ایوبی** در رشته **خاک شناسی** است که در سال ۱۳۹۱ در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای **دکتر محمدجعفر ملکوتی و دکتر رضا سکوتی اسکوئی** از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

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

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد 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 **مژگان ایوبی** دانشجوی رشته **خاک شناسی** مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: **مژگان ایوبی**

تاریخ و امضا:

تقدیم بہ:

یارب دل مارا توبہ رحمت جان دہ در دہمہ را بہ صابری درمان دہ

این بندہ چہ داند کہ چہ می باید جست دانندہ تویی ہر آنچہ دانی آن دہ

تقدیم بہ ہمہ کسانی کہ سخطہ ای بعد انسانی و وجدانی خود را فراموش نمی کنند و بر آستان کران سنگ انسانیت سرفرومی آورند و انسان را با

ہمہ تفاوت پایش ارج می نہند.

تقدیم بہ پدر و مادرم

کہ از نگاہشان صلابت

از رفتارشان محبت

و از صبرشان ایستادگی را آموختم

شکر و پاسکاری

پروردگارا

اعتراف می‌کنم که نه زبان شکر تو دارم و نه توان شکر از بندگان تو، و ابا بر حسب وظیفه

از کلیه اساتید ارجمندم در طول سالهای به یادماندنی ساگردیشان شکر می‌نایم. از استاد کرامی و ارجمندم جناب آقای دکتر محمد جعفر ملکوتی که در این دوران تحصیل همواره از محضرشان بهره‌مند گردیده‌ام و همچنین با تجارب ارزنده و مفید علمی و عملی هدایت این تحقیق را تا پایان کار بر عهده داشتند، خاضعانه سپاسگذارم و از خداوند متعال عمری طولانی و پربرکت برای این بزرگوار خواستارم. از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر رضا سکوتی اسکوتی که با وجود مشغله کاری بسیار، با صبر و حوصله اینجانب را در انجام تمام مراحل این پروژه یاری نمودند، شکر و قدردانی می‌نمایم. همچنین این مهم را وظیفه خود می‌دانم که از زحمات مسئولین محترم بخش آب و خاک سازمان تحقیقات کشاورزی به دلیل راهنمایی‌هایشان در انجام این تحقیق شکر کنم. سعادت و توفیق روز افزون این عزیزان را نیز از خداوند خواستارم.

نینه باغبان چون گل بگارد
چه مایه غم خورد تا گل بر آرد

کمی از بهر او خوابش رمیده
کمی از خار او دستش خلیده

بروز و شب بود بی صبر و پو خواب
کمی سپر اید او را که دهد آب

به امید آن همه بیماریند
که تا روزی بر او گل باریند

چکیده

اساس توسعه کشاورزی دقیق، شناخت خصوصیات خاک به منظور اعمال مدیریت ویژه می باشد. بنابراین، تهیه نقشه حاصلخیزی خاک و آگاهی از تغییرات مکانی ویژگی های مختلف خاک در مزارع برای دستیابی به تولید پایدار حائز اهمیت می باشد. زمین آمار یکی از روش هایی است که امروزه برای بررسی وضعیت پارامترهای خاک در نقاط اندازه گیری نشده بکار می رود. در این تحقیق ۸۸ نمونه خاک از دشت ارومیه و در فواصل ۲ کیلومتری جمع آوری و متغیرهای فسفر (P)، پتاسیم (K)، آهن (Fe)، روی (Zn)، مس (Cu)، منگنز (Mn)، کربن آلی (OC) و (TNV) اندازه گیری گردید. روش های زمین آماری به کار رفته در این تحقیق، شامل کریجینگ، فازی کریجینگ، کوکریجینگ و میانگین متحرک وزندار بود. برای انتخاب روش مناسب، از شاخص های آماری دقت MAE و انحراف MBE استفاده شد. در این تحقیق از نرم افزارهای تخصصی ArcGIS، Matlab، GS⁺ و برای دستیابی به نقشه نهایی حاصلخیزی خاک در منطقه مورد مطالعه، از تکنیک AHP در نرم افزار Expert Choice با نرخ سازگاری ۰/۰۱ استفاده شد. نتایج تحقیق حاکی از این بود که بر اساس MAE، روش مناسب درون یابی برای فسفر (MAE=۵/۷)، پتاسیم (MAE=۳/۲)، آهن (MAE=۰/۵)، روی (MAE=۰/۱۱)، مس (MAE=۰/۲)، منگنز (MAE=۰/۲)، کربن آلی (MAE=۰/۱۸) و کربنات کلسیم (MAE=۰/۱۴) روش فازی کریجینگ بود، همچنین نقشه حاصلخیزی تهیه شده نشان داد که ۲۰/۲ درصد از منطقه مورد مطالعه در گروه خیلی ضعیف، ۳۰ درصد در گروه ضعیف، ۳۷/۳ درصد در گروه متوسط و ۱۲/۵ درصد در گروه خوب قرار گرفت. بنابراین تهیه نقشه حاصلخیزی خاک بصورت تفکیکی و با استفاده از روش زمین آمار می تواند گامی اولیه و موثر در مطالعات حاصلخیزی خاک و استفاده بهینه از کودها مطرح باشد.

کلمات کلیدی: روش های زمین آماری، ساختار مکانی، فازی کریجینگ، نقشه حاصلخیزی خاک

صفحه

فهرست مطالب

د.....فهرست جداول

ه.....فهرست شکل ها

۱.....فصل اول: کلیات

۱-۱-۱-مقدمه.....۲

۱-۲-۲-تعریف مساله.....۳

۱-۳-۳-خصوصیات شیمیایی خاک.....۴

۱-۳-۱-فسفر.....۵

۱-۳-۲-پتاسیم.....۵

۱-۳-۳-آهن.....۶

۱-۳-۴-روی.....۶

۱-۳-۵-منگنز.....۷

۱-۳-۶-مس.....۷

۱-۳-۷-مواد آلی.....۸

۱-۲-۲-اهداف تحقیق.....۸

۹.....فصل دوم: تئوری روش ها

۱-۲-۱-زمین آمار.....۱۰

۱-۲-۱-۱-متغیر ناحیه‌ای.....۱۱

۱-۲-۱-۲-نیم تغییر نما.....۱۲

۱-۲-۱-۲-دامنه یا شعاع تاثیر (Rang).....۱۵

۱-۲-۱-۲-آستانه یا سقف واریوگرام (sill).....۱۵

۱-۲-۱-۲-اثر قطعه ای (Nugget effect).....۱۵

۱۷	۱-۲-۲- مدلهای سقف دار
۱۷	۱-۱-۲-۲- مدل اثر قطعه ای
۱۷	۲-۱-۲-۲- مدل کروی
۱۸	۳-۱-۲-۲- مدل نمایی
۱۸	۴-۱-۲-۲- مدل گوسی
۱۹	۲-۲-۲- مدلهای بدون سقف
۱۹	۱-۲-۲-۲- مدل خطی
۱۹	۲-۲-۲-۲- مدل دویسین
۲۰	۳-۲-۲-۲- مدل سهمی گونه
۲۱	۳-۲-۲- چگونگی تشخیص وجود یا فقدان همبستگی مکانی داده ها
۲۱	۱-۳-۲-۲- تشخیص پیوستگی مکانی
۲۲	۲-۳-۲-۲- همسانگردی و ناهمسانگردی
۲۲	۳-۳-۲-۲- ناهمسانگردی هندسی
۲۳	۴-۳-۲-۲- ناهمسانگردی منطقه ای
۲۳	۳-۲- چگونگی بررسی ایستایی مکانی داده ها و تشخیص روند
۲۴	۱-۳-۲- انتخاب روش مناسب برای حذف روند در داده ها
۲۵	۴-۲- روش های درون یابی
۲۵	۱-۴-۲- روش میانگین متحرک وزنی
۲۶	۲-۴-۲- روش کریجینگ
۲۹	۳-۴-۲- روش کوکریجینگ
۳۰	۵-۲- منطق فازی
۳۰	۱-۵-۲- روش فازی کریجینگ
۳۴	۶-۲- فرایند تحلیل سلسله مراتبی AHP
۳۶	فصل سوم: مروری بر منابع

۳۷	۱-۳- مقدمه
۳۸	۲-۳- پیشینه تحقیق
۴۶	فصل چهارم: مواد و روش ها
۴۷	۱-۴- منطقه مورد مطالعه
۴۷	۱-۱-۴- کلیات
۴۸	۲-۴- نمونه برداری
۴۸	۱-۲-۴- منطقه مطالعاتی
۴۸	۲-۲-۴- روش نمونه برداری
۴۸	۳-۴- تجزیه های فیزیکی و شیمیایی خاک
۵۱	۴-۴- روش و معیار ارزیابی
۵۲	۵-۴- نحوه اجرای روش فازی کریجینگ
۵۳	۶-۴- نحوه اجرای روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)
۵۴	فصل پنجم: نتایج و بحث
۵۵	۱-۵- آمار توصیفی
۶۰	۲-۵- تحلیل واریوگرافی
۶۴	۳-۵- ارزیابی روش ها
۶۴	۱-۳-۵- کریجینگ
۶۶	۲-۳-۵- کوکریجینگ
۶۹	۳-۳-۵- میانگین متحرک وزندار
۷۰	۴-۳-۵- جمع بندی ارزیابی روش های غیر فازی
۷۲	۵-۳-۵- فازی کریجینگ
۷۳	۴-۵- مقایسه نتایج روش های فازی و غیر فازی
۷۶	۵-۵- نقشه حاصلخیزی خاک
۸۴	۶-۵- مقایسه نتایج

۵-۷- نتیجه گیری ۸۵

۵-۸- پیشنهادها ۸۶

فهرست جداول صفحه

جدول ۲-۱- طبقه بندی بر اساس دانش کارشناسی برای مقایسه زوج ۳۵

جدول ۵-۱- برخی از شاخص های آماری متغیرها قبل از نرمال سازی ۵۷

جدول ۵-۲- برخی از شاخص های آماری متغیرهای استفاده شده بعد از نرمال سازی ۵۸

جدول ۵-۳- نتایج تست 1-sample Kolmogorov-Smirnov ۵۹

جدول ۵-۴- پارامترهای مدل های برازش شده بر واریوگرام ۶۳

جدول ۵-۵- ارزیابی مدل های برازش شده بر نیم تغییر نما ۶۵

جدول ۵-۶- ماتریس همبستگی متغیرهای اندازه گیری شده خاک ۶۷

جدول ۵-۷- ضریب همبستگی بین متغیرهای مستقل و وابسته ۶۸

جدول ۵-۸- پارامترهای مدل های برازش شده بر واریوگرام در روش کوکریجینگ ۶۸

جدول ۵-۹- ارزیابی مدل های برازش شده بر نیم تغییر نما کوکریجینگ ۶۹

جدول ۵-۱۰- نتایج ارزیابی روش میانگین متحرک وزندار ۷۰

جدول ۵-۱۱- مقایسه نتایج روش های غیر فازی ۷۱

جدول ۵-۱۲- پارامترهای مدل های برازش شده بر واریوگرام در روش فازی کوکریجینگ ۷۲

جدول ۵-۱۳- نتایج ارزیابی روش فازی کوکریجینگ ۷۳

جدول ۵-۱۴- مقایسه روش های مختلف زمین آماری ۷۴

جدول ۵-۱۵- وزن دهی عناصر غذایی خاک با استفاده از نرم افزار Expert Choice ۷۷

جدول ۵-۱۶- نتایج حاصل از نمونه برداری مجدد در منطقه مورد مطالعه ۸۱

جدول ۵-۱۷ نتایج ارزیابی دقت نقشه حاصلخیزی خاک..... ۸۲

جدول ۵-۱۸ ارزیابی دقت (ماتریس صحت) نقشه حاصلخیزی خاک..... ۸۲

صفحه

فهرست شکل ها

شکل (۲-۱) - نمایی از واریوگرام با پارامترهای آن ۱۴

شکل (۲-۲) - انواع مدل‌های نیم تغییر نما ۲۰

شکل (۲-۳) - نیم تغییر نمای بدون جهت از یک متغیر فرضی فاقد ساختار مکانی ۲۱

شکل (۲-۴) - نیم تغییر نمای حالت افزایشی (دارای روند) ۲۴

شکل (۲-۵) - نیم تغییر نمای حالت سینوسی (دارای روند) ۲۴

شکل (۴-۱) - موقعیت جغرافیایی منطقه و نقاط نمونه برداری ۵۰

شکل (۵-۱) - توزیع داده های فسفر قبل از نرمال سازی ۵۷

شکل (۵-۲) - توزیع داده های فسفر بعد از نرمال سازی ۵۸

شکل (۵-۳) - نتیجه شماتیک تست Q-Q Plot برای فسفر ۶۰

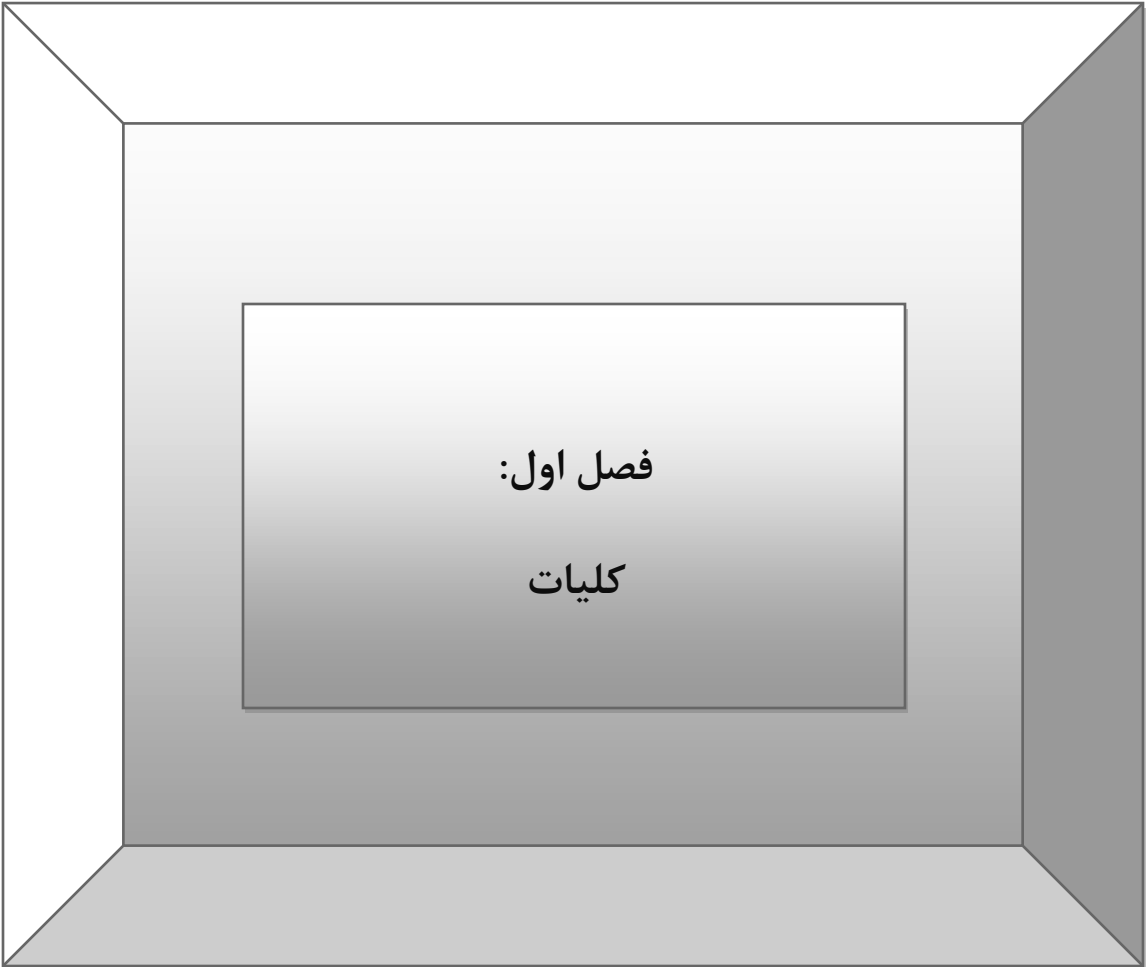
شکل (۵-۴) - واریوگرام فسفر ۶۳

شکل (۵-۵) - واریوگرام سطحی فسفر ۶۴

شکل (۵-۶) - وزن عناصر غذایی در نرم افزار AHP ۷۸

شکل (۵-۷) - نقشه تفکیکی حاصلخیزی خاک در منطقه ۷۹

شکل (۵-۸) - موقعیت نقاط نمونه برداری مجدد در منطقه مورد مطالعه ۸۳



۱-۱- مقدمه

خاک های زراعی دارای ویژگی های بسیار متنوعی هستند. نوع و میزان تغییرات این خصوصیات در کشاورزی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. از جمله می توان به ویژگی های فیزیکو شیمیایی آن ها اشاره نمود. از مهمترین پارامترهای شیمیایی می توان به میزان عناصر غذایی پرمصرف (ماکرو)، ریزمغذی (کم مصرف) و مواد آلی اشاره نمود. پراکنش ویژگی های خاک را می توان از طریق نمونه برداری صحرائی، عملیات آزمایشگاهی و در نهایت نقشه های خاک بدست آورد. در فرایند تولید این نقشه ها، خصوصیات نقاط نمونه برداری شده به سطح مشخصی تعمیم داده می شود. یکی از مهمترین نقشه های تهیه شده به این روش، نقشه حاصلخیزی خاک است (چن و همکاران، ۲۰۰۹).

در حال حاضر، با توجه به نبود این گونه نقشه ها و عدم امکان تهیه آن ها، بهترین روش برای توصیه کودی استفاده از زمین آمار^۱ و نقشه های تولیدی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی^۲ (GIS) می باشد. بر این اساس، قوانین زمین آماری این امکان را فراهم می آورد که با نمونه برداری کم از سطحی نسبتا وسیع، خصوصیات خاک را درون یابی و به تمام سطح تعمیم داد. این روش علاوه بر این که هزینه مربوط به نمونه برداری و آزمایش های مربوطه را به شدت کاهش می دهد، این امکان را بوجود می آورد که نقشه های مربوط به خصوصیات مورد نظر در محیط GIS تولید و دقت آنها تعیین شود.

1. Geostatistic
2. Geography Information System (GIS)

روش‌های مختلف زمین آماری این امکان را بوجود می‌آورد که از طریق تعمیم خصوصیات نقاط نمونه برداری شده، پهنه بندی ویژگی‌های مختلف خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک تهیه گردد. در بسیاری موارد، دقت برخی روش‌های زمین آماری نسبت به برخی دیگر باعث می‌شود تا نقشه‌های تهیه شده از اعتماد بیشتری برخوردار باشد و عملاً کاربرد بیشتری داشته باشند. نقشه‌های با دقت بیشتر در مباحث مربوط به مدیریت اراضی و نیز کشاورزی دقیق کاربردهای فراوانی دارند (رابینسون و مترنیچ، ۲۰۰۶). به منظور بالا بردن دقت درون یابی‌ها، یکی از راه‌های موجود، استفاده از مجموعه‌های فازی^۱ است. به کمک مجموعه‌های فازی، اعداد بدون مرز مشخص و یا عدم قطعیت تعریف شده، می‌تواند در کنار اعداد دقیق قرار گرفته و در نتیجه نقشه‌هایی با دقت معین تهیه نمود (رحیمی بندرآبادی، ۱۳۸۳). فازی کریجینگ^۲ در واقع اصلاح شده روش کریجینگ معمولی است. تبدیل روش کریجینگ معمولی به فازی کریجینگ از دو راه امکان پذیر است. راه اول حل فازی معادلات کریجینگ معمولی و راه دوم بیان فازی نتایج کریجینگ معمولی می‌باشد (گبهارت و باندمر^۳، ۲۰۰۰). به این ترتیب عدم قطعیت داده‌های تخمینی را می‌توان با استفاده از مجموعه‌های فازی لحاظ نمود. تعیین درجه حاصلخیزی خاک برای مشخص کردن میزان کوددهی بسیار مهم است. برای تعیین درجه حاصلخیزی خاک با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی می‌توان ترجیح پذیری عناصر نسیت به هم را تعیین کرده و با استفاده از مناسبترین روش زمین آماری پهنه بندی حاصلخیزی خاک را برای منطقه انجام داد.

۱-۲- تعریف مساله

¹. fuzzy sets

². Fuzzy kriging

³. Gebhardt and Bandemer

استمرار در مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی، علاوه بر اینکه تهدیدی جدی برای سلامت خاک می‌باشد، موجب کاهش عملکرد هکتاری و افت کیفیت محصولات سبزی و صیفی شده است. مصرف نیتروژن زیاد در مزارع سبزی و صیفی، علاوه بر افزایش تجمع نترات از غلظت ویتامین C تا حد ۲۶ درصد می‌کاهد. (ولج، ۲۰۰۳) ولی با رعایت اصول مصرف بهینه کودها بویژه سولفات پتاسیم و سولفات روی، افزون بر بهبود کیفیت و خوش خوراکی، به غلظت ویتامین C تا حد ۲۰ درصد افزوده می‌گردد. (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۳) بنابراین برای مدیریت بهتر اراضی کشاورزی باید وضعیت عناصر غذایی و خصوصیات شیمیایی خاکها مورد بررسی قرار گیرد. خصوصیات شیمیایی خاکها شامل میزان عناصر پرمصرف شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، گوگرد و عناصر ریزمغذی شامل روی، بور، آهن، مس، منگنز و مولیبدن 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 اندازه گیری این ویژگی ها می‌باشد. روش‌های اندازه گیری این ویژگی‌ها، آن هم در سطحی وسیع بسیار هزینه بر است. به این منظور لازم است از روش های درون یابی به منظور پیش بینی مقادیر خصوصیات مورد نظر استفاده گردد، ولی این روش‌ها در بسیاری موارد دقت های متفاوتی دارند. لذا در این تحقیق از روش درون یابی برای بررسی تغییرات مکانی خصوصیات شیمیایی (تغذیه ای) خاک های تحت کشت گندم در استان آذربایجان غربی و در دشت ارومیه استفاده شد. روش های زمین آماری به کار فته در این تحقیق شامل کریجینگ با و بدون متغیر کمکی، میانگین متحرک وزندار، فازی کریجینگ می باشد. و درنهایت تهیه نقشه حاصلخیزی خاک با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی AHP^۱ در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد.

۱-۳- خصوصیات شیمیایی خاک

1. Analytical Hairarchy Process

مهمترین پارامترهای شیمیایی شامل عناصر غذایی پرمصرف (ماکرو)، ریزمغذی (کم مصرف)، هدایت الکتریکی، اسیدیته و مواد آلی می‌باشد. فاکتورهایی که در این تحقیق مدنظر قرار گرفت، شامل ماده آلی، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس و منگنز می‌باشد. عنصر نیتروژن نیز یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاه می‌باشد اما به دلیل اینکه مقدار نیتروژن در خاک تحت تاثیر عوامل محیطی (از جمله تصعید و آبشویی) قرار می‌گیرد، و مقدار آن در خاک خیلی متغیر می‌باشد، در این تحقیق، این فاکتور مدنظر قرار نگرفته است.

۱-۳-۱- فسفر

فسفر یکی از مهم‌ترین عناصر مورد نیاز در تولید محصول به شمار می‌آید. فسفر در کلیه فرایندهای بیوشیمیایی، ترکیبات انرژی زا و سازوکار انتقال انرژی دخالت دارد. علاوه بر آن، فسفر جزئی از پروتئین یاخته بوده و بعنوان بخشی از پروتدین هسته، غشای یاخته ای و اسیدهای نوکلیدیک نقشی ویژه دارد. مقدار فسفر پوسته زمین حدود ۰/۱۲ درصد می‌باشد و غلظت فسفر در خاکهای زراعی از ۰/۱ تا ۳ گرم در کیلوگرم تغییر می‌کند. جذب فسفر بوسیله ریشه گیاه به صورت حرکت توده ای، پخشیدگی و تبادل تماسی انجام می‌گیرد و بدلیل تحرک بسیار اندک فسفر در خاک، ارتوفسفاتها عمدتاً از طریق پخشیدگی به ریشه گیاه می‌رسند. در اثر کمبود فسفر رشد گیاه کاهش یافته، رنگ نوک برگها بنفش شده و در ایجاد گل و دانه اختلال پیدا شده و عملکرد محصول کاهش می‌یابد. زیادی فسفر در جذب روی، آهن و منگنز اختلال ایجاد می‌کند. (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷)

۱-۳-۲- پتاسیم

پتاسیم جزو عناصر مورد نیاز گیاه می‌باشد و فراوانترین کاتیون موجود در سیتوپلاسم می‌باشد و در سوخت و ساز کربوهیدراتها، سوخت و ساز ترکیب پروتئینها، کنترل و تنظیم فعالیتهای عناصر کانی، خنثی کردن اسیدهای آلی از نظر فیزیولوژیکی مهم، فعال سازی آنزیم های مختلف، تسریع رشد بافتهای مریستمی و تنظیم روابط حرکات روزنه ها و آب نقش اساسی دارد. مقدار پتاسیم موجود در پوسته زمین، حدود ۱/۹ تا ۲/۳ درصد است و مقدار پتاسیم کل خاکهای زراعی بین ۰/۵ تا ۲/۵ درصد می باشد. قسمت عمده انتقال پتاسیم از خاک به سمت ریشه گیاه، از طریق جریان توده ای و پخشیدگی انجام می‌شود. کمبود پتاسیم موجب ضعف ساقه، کمی سرعت رشد، مقاومت کم به امراض و آفات و تاخیر در رسیدن محصول می‌شود. زیادی آن باعث اختلال در جذب آهن، روی، منگنز می‌شود. (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷)

۱-۳-۳- آهن

کمبود آهن که بیشتر به صورت کلروز در برگهای جوان بروز می‌کند، به عنوان یکی از نارسایی های مهم تغذیه ای در گیاهان بویژه در شرایط خاکهای آهکی مطرح است و به شدت عملکرد و کیفیت محصول آنها را تحت تاثیر قرار می‌دهد. آهن در تولید کلروفیل و فعالی آنزیم های مسئول انتقال انرژی، تنفس و تثبیت نیتروژن نقش دارد. کمبود سبب کلروز بین رگبرگهای جوان می شود و در اثر سمیت باعث ایجاد نقطه های قهوه ای در برگهای پیر که با اضافه نمودن پتاسیم تا حدی رفع می‌شود. (ملکوتی و کشاورز، ۱۳۸۷)

۱-۳-۴- روی

کمبود روی در خاکهای زراعی دنیا مخصوصاً آهکی عمومیت دارد. متوسط وزن روی در سنگ کره ۸۰ میلی گرم در کیلوگرم و میانگین غلظت روی در خاک نیز در همین حدود است. روی به صورت ترکیبات

غیرمحللول و کم محللول کربنات روی ($ZnCO_3$) و سولفور روی (ZnS) در خاک‌ها یافت می‌شود. روی به صورت کاتیون دو ظرفیتی (Zn^{+2}) و در pH های بالا احتمالاً به صورت کاتیون یک ظرفیتی ($ZnOH^+$) نیز توسط گیاه جذب شود. روی در تولید پروتئین، ساخته شدن هورمون اکسین، آنزیم‌های مسئول تولید نشاسته، فتوسنتز، سوخت و ساز، فعال سازی آنزیم نیترات ردوکتاز موثر است. (آلووی، ۲۰۰۴) روی در فعالیت آنزیم‌هایی مثل ایندول استیک اسید و تریپتوفان نقش دارد. کمبود روی باعث کلروز بین رگی‌های جوان، کاهش طول ساقه و اندازه برگ‌ها، تراکم برگ‌های کوچک در سر ساقه و ریختن برگ‌های زیرین می‌شود. زیادی فسفر و آهن عامل تشدید کننده روی می‌باشد. (ملکوتی و کشاورز، ۱۳۸۷)

۱-۳-۵- منگنز

مقدار متوسط منگنز در پوسته رویی زمین ۶۵۰ میلی گرم در کیلوگرم است. توزیع و پراکنش منگنز در خاک‌ها به عواملی همچون سنگ‌های مادری، فرایندهای هوازدگی و سن خاک‌ها، مواد آلی و pH خاک بستگی دارد. منگنز بیشتر به صورت یون دو ظرفیتی جذب شده و به شکل کاتیون دوظرفیتی آزاد در آوند چوبی از ریشه‌ها به بخش‌های هوایی جابجا می‌شود. شناخته شده ترین نقش منگنز در گیاهان سبز دخالت آن در تولید اکسیژن در فتوسنتز است. همچنین منگنز در تولید کلروفیل، ساختن پروتئین‌ها، قندها و چربیها نقش دارد و کمبود منگنز باعث کلروز برگ‌ها می‌شود. (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷)

۱-۳-۶- مس

میانگین وزن مس در پوسته زمین ۷۰ میلی گرم در کیلوگرم بوده و مقدار آن در خاک‌ها خیلی کم و در محدوده ۱ تا ۲۵ میلی گرم در کیلوگرم گزارش شده است. مس در ساختمان آنزیم‌های مهمی همچون سوپر اکسید دیسموتاز، سیتوکروم اکسیداز، آسکوربیت اکسیداز و فنولازولاکاز به کار رفته است. و همچنین در فعالیت آنزیم‌ها و تولید کلروپلاست و پروتئین مسئول فتوسنتز دخالت دارد. کمبود آن