الله
بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان

دانشکده‌ی کشاورزی

گروه علوم خاک

پایان‌نامه‌ی کارشناسی‌ارشد

رشته‌ی مهندسی کشاورزی- علوم خاک، گرایش فیزیک و حفاظت خاک

ارزیابی برخی شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک با استفاده از تکنیک‌های زمین‌آماری و منطق فازی در اراضی کشاورزی شهرستان بافت

استاد راهنما

دکتر حسین شیرانی

استادان مشاور

دکتر عیسی اسفندیارپور بروجنی

دکتر اردوان کمالی

نگارنده

مطهره حبیبی فتح‌آبادی

اسفندماه ۹۲

دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان
دانشکده‌ی کشاورزی
گروه علوم خاک

پایان‌نامه‌ی کارشناسی‌ارشد
رشته‌ی مهندسی کشاورزی - علوم خاک، گرایش فیزیک و حفاظت خاک

مطهره حبیبی

ارزیابی برخی شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک با استفاده از تکنیک‌های زمین آماری و منطق فازی در اراضی کشاورزی شهرستان بافت

در تاریخ ۹۲/۱۲/۲۱ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه‌ی عالی به تصویب نهایی رسید.

	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضا
۱- استاد راهنما	دکتر حسین شیرانی	دانشیار	
۲- استاد مشاور	دکتر اردوان کمالی	استادیار	
۳- استاد مشاور	دکتر عیسی اسفندیارپور	دانشیار	
۴- داور داخل گروه	دکتر حسین شکفته	استادیار	
۵- داور داخل گروه	دکتر علی اصغر بسالت پور	استادیار	
۶- نماینده‌ی تحصیلات تکمیلی	دکتر سید یحیی میرافضلی	استادیار	

تمامی حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های حاصل از پژوهش موضوع این پایان‌نامه، متعلق به دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان است.

چکیده

جنبه‌ی فیزیکی کیفیت خاک، تأثیر به‌سزایی بر فرآیندهای شیمیایی و زیستی در خاک دارد. بنابراین کیفیت فیزیکی خاک، نقش اصلی و محوری را در مطالعات کیفیت خاک ایفا می‌کند. هدف پژوهش حاضر، ارزیابی شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک در منطقه‌ی بافت با استفاده از منطق فازی و زمین‌آمار و هم‌چنین ارزیابی نتایج حاصل از سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی (ANFIS) برای تعیین اهمیت ویژگی‌های مؤثر بر شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک بود. بدین منظور از ۱۸۳ نقطه‌ی مشاهداتی بر اساس الگوی نمونه‌برداری منظم (با فاصله‌ی ۲۵۰ متر) و از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر، نمونه‌های خاک برداشت شدند. سپس داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل زمین‌آماری قرار گرفتند. واریوگرام‌های شاخص‌های مورد نظر با استفاده از نرم‌افزار وریووین و نقشه‌های کریجینگ در نرم‌افزار ArcGIS ترسیم شدند. در ادامه پهنه‌بندی شاخص‌ها به روش فازی و کریجینگ انجام شد. در گام بعد، اهمیت ویژگی‌های مؤثر بر شاخص‌های کیفیت فیزیکی با استفاده از روش ANFIS تعیین شد. نتایج پهنه‌بندی نشان داد که بیشتر قسمت‌های منطقه‌ی مورد مطالعه دارای ظرفیت هوایی (AC) بیشتر از ۰/۱۴ می‌باشد و در محدوده‌ی بهینه قرار دارد. با توجه به بالا بودن میزان شن در منطقه شاخص تهویه در وضعیت مناسبی می‌باشد. نقشه‌ی کرجینگ آب قابل استفاده، بیانگر توانایی خوب خاک منطقه برای ذخیره و فراهم کردن آب قابل استفاده‌ی گیاه بود. در نتیجه، شرایط برای رشد ریشه مناسب می‌باشد در این وضعیت، پتانسیل آب افزایش یافته و جذب آب و عناصر غذایی توسط ریشه‌ی گیاه آسان‌تر شده است. نقشه‌ی کریجینگ ظرفیت نسبی زراعی نشان داد که توانایی خاک‌ها برای ذخیره آب و هوا که مرتبط با حجم کل منافذ است در منطقه‌ی مورد مطالعه بین ۰/۶ تا ۰/۷ قرار دارد. به‌طوری که در این محدوده توازن مناسبی بین آب و هوا در خاک به‌وجود می‌آید در مورد شاخص پایداری، تمامی منطقه‌ی مورد نظر در محدوده‌ی تخریب پایداری ساختمان بود و این می‌تواند دلیل تأثیر سیلت باشد. با افزایش سیلت در خاک، ساختمان خاک ضعیف می‌شود. نتایج آنالیز حساسیت نشان داد که ظرفیت هوایی و گنجایش زراعی نسبی نسبت به درصد شن و آب قابل استفاده نسبت به درصد رس حساسیت بیشتری را نشان دادند.

واژگان کلیدی: سیستم استنتاج فازی عصبی تطبیقی، شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک، شهرستان بافت، زمین‌آمار، منطق فازی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

هدف‌های پژوهش ۴

فصل دوم: پیشینه‌ی پژوهش

۲-۱- شاخص‌های کیفیت فیزیکی خاک ۵
۲-۲- اثر مدیریت بر کیفیت فیزیکی خاک ۷
۲-۳- اثر شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک بر فرسایش خاک ۹

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱- معرفی منطقه ۱۱
۳-۱-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه ۱۱
۳-۱-۲- آب و هوای منطقه ۱۳
۳-۲- روش نمونه‌برداری ۱۳
۳-۳- تجزیه‌های آزمایشگاهی ۱۳
۳-۳-۱- شاخص‌های کیفیت فیزیکی خاک ۱۴
۳-۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها ۱۵
۳-۴-۱- توصیف آماری داده‌ها ۱۵
۳-۴-۲- تجزیه و تحلیل زمین‌آماری ۱۵
۳-۴-۳- پهنه‌بندی به‌روش فازی ۱۶
۳-۴-۴- مدل‌سازی برآورد شاخص‌های کیفیت فیزیکی خاک توسط ANFIS ۱۶
۳-۴-۵- شاخص‌های بررسی اعتبار مدل ۱۸

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱- تجزیه و تحلیل آماری و زمین‌آماری متغیرها ۲۱

۴-۱-۱- خلاصه‌ی آماری متغیرها ۲۱
۴-۱-۲- بررسی تغییرپذیری زمین‌آماری شاخص‌های کیفیت فیزیکی خاک ۲۵
۴-۲- پهنه‌بندی فازی شاخص‌های کیفیت فیزیکی ۳۴
۴-۳- مدل‌سازی شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک توسط (ANFIS) ۳۸
۴ ب ، سیستم استنتاج فازی عصبی تطبیقی (ANFIS) ۳۸
۴-۴- بررسی نتایج سیستم استنتاج فازی عصبی تطبیقی (ANFIS) ۴۲
۴-۴-۱- بررسی اهمیت متغیرهای ورودی بر میزان شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک ۴۲

فصل پنجم: نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادها

۵-۱- نتیجه‌گیری کلی ۴۵
۵-۲- پیشنهادها ۴۶
فهرست منابع ۴۷

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۴-۱- خلاصه‌ی آماری مربوط به مجموعه‌ی داده‌های اولیه (۱۸۳ نقطه‌ی مشاهداتی)..... ۲۳
جدول ۴-۲- مدل‌های واریوگرامی، ویژگی‌های میان‌یابی و آماره‌ی اعتبارسنجی ویژگی‌های مطالعاتی..... ۲۸
جدول ۴-۳- درصد هم‌خوانی نقشه‌ی کریجینگ و فازی شاخص‌های کیفیت فیزیکی خاک..... ۳۷
جدول ۴-۴- شاخص‌های اعتبارسنجی مربوط به مقایسه‌ی مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی و تجزیه و تحلیل رگرسیونی شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر ۴۲

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۱- شمایی از منطقه‌ی مورد مطالعه به‌همراه نقاط نمونه‌برداری ۱۲
شکل ۳-۲- نقشه‌ی کاربری اراضی منطقه‌ی مورد مطالعه..... ۱۹
شکل ۴-۱- هیستوگرام مربوط به درصد وزنی سنگریزه در دو حالت (الف) غیرنرمال و (ب) نرمال‌شده ۲۴
شکل ۴-۲- هیستوگرام مربوط به درصد رس در دو حالت (الف) غیرنرمال و (ب) نرمال‌شده ۲۵
شکل ۴-۳- واریوگرام‌های سطحی شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک‌های مطالعاتی..... ۲۶
شکل ۴-۴- واریوگرام‌های شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک الف (ظرفیت زراعی)، (ب) آب قابل ۲۷
شکل ۴-۵- نقشه‌ی کریجینگ کلاس‌های ظرفیت هوایی خاک ۳۰
شکل ۴-۶- نقشه‌ی کریجینگ کلاس‌های آب قابل استفاده‌ی خاک..... ۳۱
شکل ۴-۷- نقشه‌ی کریجینگ کلاس‌های گنجایش زراعی نسبی خاک ۳۱
شکل ۴-۸- نقشه‌ی کریجینگ کلاس‌های پایداری ساختمان خاک ۳۱
شکل۴-۹- نقشه‌ی کریجینگ کلاس‌های ماده‌ی‌آلی خاک ۳۲
شکل ۴-۱۰- نقشه‌ی پهنه‌بندی فازی شاخص تخلخل تهویه‌ای..... ۳۵
شکل۴-۱۱- نقشه‌ی پهنه‌بندی فازی شاخص آب قابل استفاده..... ۳۵
شکل۴-۱۲- نقشه‌ی پهنه‌بندی فازی شاخص گنجایش زراعی نسبی ۳۶
شکل۴-۱۳- نقشه‌ی پهنه‌بندی فازی شاخص پایداری ساختمان خاک..... ۳۶
شکل ۴-۱۴- رابطه‌ی رگرسیونی بین داده‌های مشاهده‌ای و پیش‌بینی شده‌ی ظرفیت هوایی توسط مدل (الف)، نمودار احتمال نرمال باقی‌مانده‌ها (ب) و هیستوگرام باقی‌مانده‌ها (ج) در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر ۳۹
شکل ۴-۱۵- رابطه‌ی رگرسیونی بین داده‌های مشاهده‌ای و پیش‌بینی شده‌ی آب قابل استفاده توسط مدل (الف)، نمودار احتمال نرمال باقی‌مانده‌ها (ب) و هیستوگرام باقی‌مانده‌ها (ج) در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر..... ۴۰
کل ۴-۱۶-رابطه‌ی رگرسیونی بین داده‌های مشاهده‌ای و پیش‌بینی شده‌ی گنجایش زراعی نسبی توسط مدل (الف)، نمودار احتمال نرمال باقی‌مانده‌ها (ب) و هیستوگرام باقی‌مانده‌های (ج) در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر..... ۴۱
شکل ۴-۱۷- اهمیت متغیرهای ورودی بر شاخص ظرفیت هوایی (AC) در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر ۴۴

شکل ۴-۱۸- اهمیت متغیرهای ورودی بر آب قابل استفاده (PAWC) در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر ۴۴
شکل ۴-۱۹- اهمیت متغیرهای ورودی بر گنجایش زراعی نسبی (RFC) در عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متر ۴۴

فصل اول

مقدمه

خاک یک منبع طبیعی ضروری برای حیات است (Jenny, 1980). علاوه بر آن، یک پیکره‌ی زنده و پویا بوده که نقش‌های کلیدی زیادی در اکوسیستم‌های زمینی دارد. هم‌چنین، به‌عنوان منبع عناصر غذایی و فلزات به‌شمار می‌رود و بستری برای تولید محصولات کشاورزی است. لذا برای زندگی انسان مفید بوده و یک بستر طبیعی برای پوشش گیاهی و مکانی مناسب برای زندگی ریزجانداران می‌باشد. بیش‌تر اراضی روی زمین، توسط خاک‌ها پوشیده شده‌اند که عمدتاً منابع محدود و غیرقابل تجدید هستند (Blum, 2006). در مجموع، زمین‌های کشاورزی حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد از کل مساحت زمین را پوشش می‌دهند (Smith *et al.*, 2007). توسعه و بقای تمدن‌ها به عملکرد خاک‌ها بر روی زمین وابسته است (Hillel, 2009). نگرانی‌های جدی وجود دارد که با افزایش جمعیت جهانی، میزان تولید و برداشت از خاک، نتواند مقدار تقاضا را تأمین نماید (Cassmann *et al.*, 2003). به‌همین دلیل، استفاده‌ی جوامع بشری از خاک، باید به‌صورت پایدار و با حفظ همه‌ی اکوسیستم‌های جهانی باشد (Rao and Ragers, 2006). تشدید استفاده از خاک در طول چند دهه‌ی گذشته، به‌ویژه در بخش کشاورزی، باعث شده است که کیفیت خاک در طولانی‌مدت کاهش یابد. هم‌اکنون در کشورهای در حال توسعه، حدود دو سوم خاک‌ها دارای محدودیت‌های شدید کشاورزی، از جمله باروری کم (۳۸٪)، شنی یا سنگلاخی بودن خاک (۲۳٪)، زهکشی ضعیف خاک (۲۰٪) و دامنه‌های شیب‌دار (۱۰٪) می‌باشد (Scherr, 1999).

کیفیت خاک[1] موضوعی است که امروزه توجه زیادی را به خود جلب کرده است (Wilson and Malizzewbka, 2000). توانایی دایم خاک در انجام وظایف خود به‌عنوان یک سیستم حیاتی زنده در داخل اکوسیستم و تحت کاربری‌های متفاوت، به‌طوری که علاوه بر حفظ تولید بیولوژیک، بتواند کیفیت آب و هوا را بهبود بخشد و نیز تأمین‌کننده‌ی سلامت انسان، گیاه و حیوان باشد، کیفیت خاک نامیده می‌شود (Doran and Parkin, 1994). در دو دهه‌ی گذشته و در راستای مدیریت پایدار اراضی، مطالعه‌ی کیفیت خاک به‌منظور شناسایی و ارزیابی عملکردهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک در اکوسیستم‌های زراعی، مرتعی و جنگلی مطرح شده است (Karlen *et al*., 1997). کیفیت خاک، هرچند که به شرایط خاک مربوط می‌شود، اما در یک محدوده‌ی زمانی کوتاه، به‌دلیل مدیریت نامناسب و تنش‌های اعمال‌شده توسط انسان، به‌طور وسیعی متغیر است (Carter *et al*., 2002). کیفیت خاک شامل ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک است که از نظر حفظ کیفیت محیط زیست و پایداری کشاورزی اهمیت دارند (Moebius *et al*., 2007). وضعیت فیزیکی خاک در ارزیابی کیفیت از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد (Burger and Kelting; 1999). یکی از اهداف اصلی در مدیریت پایدار اراضی، شناسایی مدیریت‌هایی است که از یک سو باعث ارتقای کمی و کیفی تولید در طولانی‌مدت گردند و از سوی دیگر موجب حفظ کیفیت خاک شده و منجر به تخریب اراضی نشوند (Islam *et al*., 1999). کیفیت خاک را نمی‌توان به‌طور مستقیم اندازه‌گیری کرد، بلکه با اندازه‌گیری چندین شاخص برآورد می‌شود. نوع شاخص‌های مورد استفاده، به مقیاس و اهداف پژوهش بستگی دارد. خواصی از خاک که به تغییر در مدیریت حساس هستند، می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های کیفیت خاک، مورد استفاده قرار گیرند (Larson and Mobius, 2007). شاخص کیفیت خاک، باید دربرگیرنده‌ی شیوه‌های تعریف شده‌ای برای گزینش، نمره‌دهی و وزن‌دهی ویژگی‌های خاک بوده و نیز شامل مدل جامعی باشد که امکان مقایسه‌ی خاک‌های مناطق مختلف را به‌صورت علمی فراهم کند (Yanbing *et al*., 2009).

شاخص‌های کیفیت فیزیکی خاک، اطلاعاتی مربوط به شرایط فیزیکی خاک مانند تهویه، وضعیت هیدرولوژیکی خاک (مثل ورود آب به خاک و ظرفیت خاک برای نگه‌داری آب در منطقه‌ی ریشه) را در اختیار قرار می‌دهند. هم‌چنین خواص فیزیکی، عمق و حجم ریشه و در دسترس بودن عناصر غذایی و رشد گیاه را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند. این خواص، اطلاعات مربوط به مقاومت خاک در برابر نیروهای فیزیکی، مانند ضربه‌ی قطره‌های باران و یا ورود سریع آب به داخل خاک که منجر به شکستن خاک‌دانه‌ها، پراکندگی خاک و فرسایش می‌شود را نشان می‌دهند. این پارامترها

[1] Soil quality

به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در تأمین و نگه‌داری آب، هوا و عناصر غذایی مورد نیاز محصولات کشاورزی، نقش دارند (Reynolds *et al.*, 2009). هم‌چنین، ویژگی‌های فیزیکی دیگری (مانند تراکم خاک، تهویه، نفوذپذیری و مقاومت مکانیکی خاک) از اهمیت بالایی در تولید محصول و رشد گیاه برخوردارند (Burger and kelting, 1999). برخی از مهم‌ترین شاخص‌های کیفیت فیزیکی خاک در خاک‌های کشاورزی، شامل: گنجایش زراعی نسبی[۱]، ظرفیت آب قابل دسترس گیاه[۲]، چگالی ظاهری خاک، تخلخل تهویه‌ای[۳]، درصد کربن آلی[۴] و شاخص پایداری ساختمان خاک[۵] (Reynolds and Toop, 2008) می‌باشند. میانگین وزنی قطر[۶] خاکدانه‌های پایدار در آب نیز به‌عنوان ویژگی تأثیرگذار بر کیفیت خاک ذکر شده است (Denef *et al.*, 2001). دکستر[۷] (۲۰۰۴) شیب منحنی رطوبتی در نقطه‌ی عطف یا ویژگی S_{gi} را به‌عنوان شاخصی از کیفیت فیزیکی خاک مطرح نموده است که با بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی خاک (مانند هدایت هیدرولیکی، تراکم خاک، مقدار بهینه‌ی آب خاک برای انجام خاک‌ورزی، مقاومت خاک در برابر نفوذ ریشه، مقدار آب قابل دسترس گیاه و پایداری ساختمان خاک) رابطه دارد. یکی از اهداف کشاورزی پایدار، حفظ کیفیت فیزیکی خاک است که با بررسی آن در اراضی کشاورزی، می‌توان وضعیت خاک را از نظر فیزیکی به‌خوبی نشان داد و در صورت لزوم، مدیریت‌های مناسب به‌منظور بهبود آن پیشنهاد و اعمال نمود. ارزیابی کیفیت فیزیکی خاک برای هر منطقه، به‌منظور دست‌یابی به نوع مدیریت مناسب و پایدار وکمّی کردن مفهوم مدیریت پایدار ضروری می‌باشد (Doran and Santana, 1998). با بررسی شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک می‌توان از وضعیت خاک از نظر تهویه، سرعت نفوذ آب و دیگر شرایطی که برای رشد بهینه محصول مورد نیاز است، آگاه شد. جنبه‌ی فیزیکی کیفیت خاک، تأثیر به‌سزایی بر فرآیندهای شیمیایی و بیولوژیک در خاک دارد. بنابراین کیفیت فیزیکی خاک، نقش اصلی و محوری را در مطالعات کیفیت خاک ایفا می‌کند. لذا بررسی آن برای حفظ محیط زیست و جلوگیری از تخریب اراضی، ضروری به‌نظر می‌رسد. تاکنون مطالعات اندکی بر روی شاخص‌های کیفیت فیزیکی خاک در اراضی کشاورزی کشور انجام شده‌اند. بنابراین، انجام پژوهش در این زمینه ضروری می‌باشد.

---

[1] Relative Field Capacity (RFC)
[2] Plant Available Water Capacity (PAWC)
[3] Air Capacity (AC)
[4] Organic Carbon (OC)
[5] Structure Stability Index (SI)
[6] Mean Weight Diameter
[7] Dexter

شهرستان بافت، یکی از مناطق مهم کشاورزی استان کرمان محسوب می‌شود. این شهرستان در تولید محصولات زراعی مانند گندم، جو، پنبه و محصولات باغی از قبیل گردو، بادام و انار از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در حال حاضر، اطلاعات علمی مدونی در خصوص وضعیت کیفیت فیزیکی خاک در اراضی کشاورزی این شهرستان وجود ندارد. لذا بررسی برخی شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک در این قطب کشاورزی مهم استان، می‌تواند اطلاعات بسیار مفیدی از نظر شرایط مدیریتی و کیفیت فیزیکی خاک در دسترس قرار دهد. منطق فازی به‌دلیل دارا بودن مفاهیم ساده و انعطاف‌پذیر، کار کردن با داده‌های مبهم و مدل‌های پیچیده، را آسان می‌کند. سیستم‌های فازی–عصبی یک چهارچوب معمول برای حل مسائل پیچیده‌اند. اگر دانشی بر مبنای قاعده‌های بیانی فازی وجود داشته باشید، آنگاه می‌توان سیستم استنتاج فازی را ساخت و اگر داده باشد یا از یک مدل بتوان آموزش دید آنگاه می توان از شبکه‌های عصبی استفاده کرد. برای ساختن یک سیستم استنتاج فازی باید مجموعه‌های فازی، عملگرهای فازی و اساس دانش موجود را مشخص و برای ساختن یک شبکه عصبی، کاربر باید ساختار و الگوریتم یادگیری را مشخص کند. در ساختار یک سیستم فازی–عصبی، الگوریتم‌های یادگیری شبکه عصبی، پارامتر های فازی را تعیین می‌کنند. در یک سیستم فازی-عصبی ساختارهای بر پایه داده و بر پایه ادراک به عنوان داده‌های ورودی شرکت می‌کنند. راه معمول برای به کارگیری یک الگوریتم یادگیری در فازی این است که سیستم فازی را در یک ساختار همانند شبکه‌های عصبی ارائه کرد (Jang,1993). روش‌های زمین‌آماری در تخمین محل‌های نمونه‌برداری نشده با استفاده از اطلاعات حاصل از نقاط نمونه‌برداری شده، هم‌چنین به منظور بررسی تغییرپذیری ویژگی‌های خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند. در زمین‌آمار می‌توان بین مقادیر یک کمیت، فاصله و جهت قرارگرفتن نمونه‌ها نسبت به یکدیگر ارتباط برقرار کرد.

۱-۱- هدف‌های پژوهش

۱- ارزیابی برخی شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک در زمین‌های کشاورزی شهرستان بافت
۲- بررسی تغییرپذیری این شاخص‌ها در منطقه با استفاده از روش‌های زمین‌آماری و منطق فازی
۳- برآورد برخی شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک با توجه به ویژگی‌های زود یافت خاک، توسط سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی (ANFIS)[1]

[1] Adaptive Nero-Fuzzy Inference System

فصل دوم
پیشینه‌ی پژوهش

۲-۱- شاخص‌های کیفیت فیزیکی خاک

پژوهشگران مختلف، اهمیت کیفیت فیزیکی خاک را بر رشد گیاه و وضعیت شیمیایی و زیستی خاک بیان کرده‌اند (Silva and Kay, 1996). دکستر (۲۰۰۴) براساس اطلاعات جمع‌آوری شده از خاک در هفت کشور که مقادیر رس آن‌ها بین ۴ تا ۷۳ درصد بود، کلاس‌های زیر را برای شاخص کیفیت فیزیکی خاک (شاخص S) پیشنهاد کرد:

خیلی ضعیف ($S<۰/۰۲$)،

ضعیف ($۰/۰۲<S<۰/۰۳۵$)

خوب ($S>۰/۰۳۵$).

با وجود درنظر گرفتن دامنه‌ی وسیع رس در بررسی‌های به‌عمل آمده توسط دکستر (۲۰۰۴)، بعضی از خاک‌های شنی ممکن است از طبقه‌بندی بالا مستثنی باشند. شوکلا [1] و همکاران (۲۰۰۶) اظهار داشتند که کربن آلی خاک باید به‌عنوان یک خصوصیت مهم در بررسی کیفیت فیزیکی خاک لحاظ شود و ویژگی‌هایی مثل کربن آلی خاک، چگالی ظاهری، خاکدانه‌های پایدار در آب و نفوذ تجمعی که با توجه به عملیات مدیریتی تغییر می‌کنند، باید به‌عنوان شاخص‌های دینامیک کیفیت خاک در نظر گرفته شوند. تراکم زیاد خاک، با افزایش مقاومت فروپذیری و چگالی ظاهری خاک، باعث تخریب ویژگی‌های فیزیکی خاک، کاهش تخلخل و نفوذپذیری نسبت به آب می‌شود.

[1] Shukla

هم‌چنین، با کاهش جذب آب و مواد غذایی، گسترش ریشه و رشد گیاه محدود می‌شود و تولید محصول کاهش می‌یابد (آزادگان، ۱۳۸۸). افزایش تراکم خاک منجر به کاهش منافذ درشت خاک می‌شود (Hoffmann and jung, 1995). این موضوع موجب تجمع بیش‌تر آب در خاک و در نتیجه کاهش تهویه‌ی خاک می‌شود که با کاهش عملکرد گیاه همراه است. رابطه‌ی متقابل بین ماده‌ی آلی و خاکدانه‌ها، طی مطالعات زیادی بررسی شده است. به این صورت که کربن آلی به‌عنوان یک عامل مهم پیوند دهنده عمل می‌کند و به‌طور عکس، خاکدانه‌ها نیز با محافظت کربن آلی خاک، بر تجمع ماده‌ی آلی تأثیر می‌گذارند (Fox and Lebissonnais, 1998). پراکندگی رس، اهمیت زیست‌محیطی و کشاورزی دارد که باعث نابودی ساختمان خاک شده و در نتیجه باعث کاهش سرعت نفوذ آب و تهویه‌ی ضعیف خاک می‌شود. بنابراین، پراکندگی رس یک نشانه از پایداری ضعیف خاک به‌شمار می‌رود و در فرسایش‌پذیری خاک و جریان گل نقش دارد. لذا رس قابل پراکنش، یک ویژگی مهم در بررسی کیفیت فیزیکی خاک محسوب می‌شود (Boardman, 2010). هم‌چنین، باعث سخت‌شدگی خاک، شکننده شدن آن و در نهایت منجر به سیمانی شدن خاک می‌شود (Kay and Dexter, 1992). پراکندگی رس، همیشه از تشکیل ساختمان پایدار جلوگیری می‌کند و نتیجه‌اش ایجاد توده‌ی خاک بدون ساختمان می‌باشد. وقتی ماده‌ی آلی خاک کم باشد (Czyz *et al.*, 2002) و انرژی‌های مکانیکی در شرایط مرطوب خاک اعمال شوند، پراکندگی رس افزایش می‌یابد (Wattset *et al.*, 1996). بنابراین فقدان ماده‌ی آلی و افزایش نیروی مکانیکی در خاک مرطوب، موجب کاهش تردی و مطابق با آن کاهش درجه‌ی کیفیت فیزیکی خاک می‌شود. شان موگاناتان[1] و اودز[2] (۱۹۸۲) گزارش دادند که تردی با افزایش میزان پراکندگی رس در خاک کاهش می‌یابد. چان[3] و همکاران (۱۹۹۹) اظهار داشتند که تردی خاک‌های ورتی‌سول سدیمی استرالیا، با اضافه کردن آهک یا آهک به همراه گچ، افزایش می‌یابد. هم‌چنین تردی، بهبود یافته بعد از افزودن گچ در ورتی‌سول‌های سدیمی توسط مکنزی[4] و سو[5] (۱۹۸۹) گزارش شده است و به‌طور مشابه بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک‌های رسی بریتانیا با افزایش آهک گزارش شده است. آب قابل دسترس خاک، در تمام شرایط آب و هوایی مناسب برای کشاورزی، شرط لازم برای رشد گیاه می‌باشد. ظرفیت ذخیره‌سازی آب در خاک، یک ویژگی مهم برای عملکرد خاک می‌باشد که آن هم

[1] Shanmuganathan
[2] Oades
[3] Chan
[4] McKenzie
[5] So

ارتباط نزدیک با عملکرد محصول دارد (Harrch, 1982). یکی از ویژگی‌های فیزیکی خاک که برای ارزیابی کیفیت فیزیکی استفاده می‌شود، حداقل محدویت آبی است (Silva and kay, 1996). لتی[1] (۱۹۸۵) مفهوم NLWR[2] که محدوده‌ای بین حد بالایی و پایینی میزان آب خاک که در آن آب و اکسیژن و مقاومت مکانیکی برای رشد گیاه بدون محدودیت می‌باشد را بیان کرد. به هر حال تحقیقات بسیار کمی در این مورد انجام شده است. داسیلوا[3] و همکاران (۱۹۹۴)، پژوهش‌هایی بر روی مفهوم این محدوده انجام دادند. آن‌ها دریافتند که NLWR به چگالی ظاهری خیلی حساس بوده و به‌طور واضح با افزایش چگالی ظاهری، کاهش می‌یابد.

پیریز[4] و همکاران (۲۰۰۷) تغییرپذیری مکانی پارامترهای شن، سیلت، رس، و ماده‌ی آلی را مورد مطالعه قرار داد نتایج نشان داد که روش کریجینگ تغییرپذیری فاکتورهای مورد نظر را با دقت بیشتری برآورد می‌نماید.

شکاری و باقرنژاد در سال ۱۳۸۴ روش FCM را برای طبقه‌بندی خاک‌های کرمانشاه استفاده کردند نتایج نشان داد با وجود این‌که خاک‌های این منطقه دارای تمایز کمی بودند، ولی این روش این امکان را فراهم می‌آورد تا این خاک‌ها را تا سطح پدون طبقه‌بندی نمایند.

گوکتپ[5] و همکاران (۲۰۰۵) خاک‌های منطقه‌ی آنتالیا را به روش K-means و FCM طبقه‌بندی کردند نتایج نشان داد روش فازی FCM نتیجه‌ی مطلوب‌تری داشته است.

۲-۲- اثر مدیریت بر کیفیت فیزیکی خاک

اسلوینسکا[6] و همکاران (۱۹۹۴) تأثیر خاک‌ورزی‌های مختلف را بر ویژگی‌های فیزیکی خاک مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که استفاده از وسایل خاک‌ورزی، باعث تغییر ساختمان خاک از طریق خردکردن خاکدانه‌ها، تغییر در ساختار و یا اندازه‌ی منافذ و نظم و ترتیب ذرات خاک می‌شود و همه‌ی این فرآیندها تغییر در دیگر ویژگی‌های فیزیکی خاک را در پی دارند. آرشاد[7] و همکاران (۱۹۹۹) بیان داشته‌اند که بهره‌گیری از سیستم‌های خاک‌ورزی فشرده، پیامدهای

[1] Letey
[2] Non Limiting Water Range
[3] Da Silva
[4] Perez
[5] Goktepe
[6] Slowinska
[7] Arshad

ناخوشایندی را به‌دنبال دارد. به‌طوری که برگرداندن و خرد کردن توده‌ی خاک به‌وسیله‌ی خاک‌ورزی‌های مکرّر، تجزیه‌ی مواد آلی را تسریع کرده و ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک را که کلید کیفیت خاک می‌باشند، تحت تأثیر قرار می‌دهد. عملیات بدون خاک‌ورزی، عکس عملیات شخم، عاملی برای بهبود ساختمان خاک است (Olehin *et al.*, 2008). کیفیت فیزیکی در خاک‌هایی که به‌طور سالانه کشت می‌شوند و تحت کشت مداوم می‌باشند، کاهش می‌یابد (Angers *et al.*, 1999; Eynard *et al.*, 2006). کارتر[1] (۱۹۹۰) نشان داد در یک خاک لوم شنی تحت کشت ردیفی غلات بهاره، بیشترین اختلاف بین خاک‌ورزی با گاوآهن برگرداندار و بی‌خاک‌ورزی، از نظر کیفیت فیزیکی خاک، در عمق ۱۰ سانتی‌متری سطح خاک وجود داشت. در روش بی‌خاک‌ورزی به‌دلیل به‌هم نخوردن ساختمان خاک، حفظ ویژگی‌های فیزیکی مانند نفوذ بهتر آب، نمایان می‌شود و در نتیجه باعث جلوگیری از فرسایش خاک شده و در نهایت باعث حفظ خاک می‌شود (Linstrom, 1984). مطالعه‌ی استوت[2] و دیاک[3] (۲۰۰۴)، نشان می‌دهد که با کاهش شدت خاک‌ورزی، میزان نفوذپذیری خاک افزایش می‌یابد و از میزان چسبندگی به‌عنوان معیاری از فشردگی خاک، کاسته می‌شود. والاس[4] و تری[5] (۱۹۹۸) بیان کردند که کشت زیاد و متراکم محصولات کشاورزی، می‌تواند باعث کاهش کیفیت فیزیکی خاک‌های کشاورزی شود. این امر موجب کاهش عملکرد محصول شده، تأثیرات منفی بر محیط زیست دارد و موجب ایجاد فرسایش آبی و بادی، تولید روان‌آب و ورود آفت‌کش‌ها و عناصر غذایی به منابع آب سطحی و زیرزمینی می‌شود. خرمالی[6] و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند که جنگل‌تراشی و عملیات زراعی، باعث کاهش ماده‌ی آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی، پایداری خاکدانه، میزان تنفس میکروبی خاک و در نتیجه کاهش شدید کیفیت خاک می‌شود. در ایران جنگل‌زدایی، چرای بیش از حد و تبدیل مراتع و جنگل‌ها به اراضی کشاورزی به‌طور چشم‌گیری کیفیت فیزیکی خاک را کاهش می‌دهند (Hajabbsi *et al.*, 1997).

باور[7] و بلاک[8] (۱۹۸۱) گزارش کردند که چگالی ظاهری مراتع دست‌نخورده بین ۷ تا ۲۰ درصد کمتر از مراتعی است که تبدیل به مزرعه شده‌اند و به‌مدت ۲۵ سال تحت کشت بوده‌اند. شالیکار و

[1] Carter
[2] Stott
[3] Diack
[4] Wallace
[5] Terry
[6] Khormali
[7] Bauer
[8] Black

همکاران (۱۳۸۷)، تأثیر تناوب‌های زراعی را بر روی شاخص‌های مختلف کیفیت خاک از جمله واکنش خاک، چگالی ظاهری، ظرفیت تبادل کاتیونی، میانگین وزنی قطر خاکدانه و قابلیت هدایت الکتریکی در سه قطعه زمین تحت کشت برنج آبی در مدیریت‌های یکسان و در منطقه‌ی دشت‌سر آمل، مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که تناوب زراعی طولانی‌مدت برنج با محصولاتی از خانواده‌ی بقولات (شبدر و باقلا)، باعث بهبود کیفیت خاک در مقایسه با تناوب زراعی برنج- آیش می‌شود. خادمی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی و مقایسه‌ی شاخص‌های کیفیت فیزیکی خاک در انواع مدیریت‌های اراضی شهرستان بروجن از توابع استان چهارمحال و بختیاری پرداختند. ایشان از پنج نوع مدیریت شامل مرتع قرق، مرتع تحت چرای شدید، دیم رها شده و کشت آبی گیاهان گندم و یونجه و شاخص‌های مختلفی شامل درصد کربنات کلسیم، ماده‌ی آلی، چگالی ظاهری و هدایت هیدرولیکی استفاده کردند و نتیجه گرفتند که درصد ماده‌ی آلی و هدایت هیدرولیکی در مقایسه با سایر شاخص‌ها، تغییرات کیفیت خاک را بهتر نشان می‌دهند. فلاح‌زاده و حاج‌عباسی (۱۳۹۰) شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک را در سه کاربری زمین‌های شور، زمین‌های زیر کشت گندم و یونجه اندازه‌گیری کردند و نتیجه گرفتند که در بیشتر لایه‌های زمین زیر کشت یونجه، میزان ماده‌ی آلی و پایداری ساختمان خاک، بیشتر از زمین‌های زیر کشت گندم بوده که این نشان‌دهنده‌ی بهتر بودن کیفیت فیزیکی خاک و زیادتر بودن پتانسیل ترسیب کربن در این زمین‌ها می‌باشد. با افزایش انرژی مکانیکی اعمال‌شده بر خاک، تخلخل و نفوذپذیری کاهش می‌یابد و تغییرات بسیاری در توزیع منافذ خاک و ویژگی‌های آن رخ می‌دهد (Soane van Ouwerkert, 1994). هم‌چنین، تعداد زیادی از توابع مهم خاک از جمله کاهش نفوذپذیری، کاهش آب زهکشی شده (Horton *et al*., 1994) و کاهش تبادل هوا با محیط ریشه (Stepniewska *et al.*, 1994) به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم تحت تأثیر قرار می‌گیرند. افزایش مداوم ماشین‌آلات کشاورزی و استفاده از ماشین‌آلات در شرایط نامساعد خاک، باعث افزایش تخریب خاک و در نتیجه کاهش رشد ریشه‌ی محصولات زراعی می‌شود (Alakukku, 2003).

۲-۳- اثر شاخص‌های فیزیکی کیفیت خاک بر فرسایش خاک

پریسو[1] و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که درصد شن خیلی ریز و سیلت نقش عمده‌ای در فرسایش‌پذیری و تخریب خاک دارند. هم‌چنین ماده‌ی آلی خاک با بهبود ساختمان خاک و پایداری

[1] Pierce

خاکدانه‌ها، موجب کاهش فرسایش می‌شود. احمدی[۱] و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که کاهش مقدار مواد آلی در خاک مرتعی ناشی از برداشت گیاهان توسط دام‌ها می‌باشد که این تشدید فرسایش را به دنبال دارد. آزوز[۲] و آلن[۳] (۱۹۸۵) بیان کردند که افزایش تراکم خاک، سبب کاهش خلل و فرج درشت می‌شود و سرعت نفوذ آب به خاک کاهش می‌یابد و در نتیجه فرسایش شدید رخ می‌دهد. کریمی [۴] (۲۰۰۸) اظهار داشت که عملیات زراعی، باعث پراکندگی خاکدانه‌ها شده و منجر به ایجاد سله در سطح خاک می‌شود که موجب کاهش نفوذپذیری و افزایش روان‌آب شده و در نهایت موجب بالا رفتن فرسایش خاک می‌شود.

[1] Ahmadi
[2] Azooz
[3] Allen
[4] Karimi