بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی

تخمین میزان فشردگی خاک‌های کشاورزی به کمک مدل‌های فازی و عصبی-فازی (ANFIS) و مقایسه‌ی آنها با مدل‌های رگرسیونی

اساتید راهنما:
دکتر رحیم ابراهیمی
دکتر سجاد رستمی

استاد مشاور:
دکتر یوسف عباس‌پور گیلانده

پژوهشگر:
محمد رضا عباس‌پور گیلانده

مهر ماه ۱۳۹۲

دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم

پایان نامه آقای محمد رضا عباس‌پور گیلانده جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی با عنوان : **تخمین میزان فشردگی خاک‌های کشاورزی به کمک مدل‌های فازی و عصبی-فازی (ANFIS) و مقایسه‌ی آنها با مدل‌های رگرسیونی** در تاریخ ۱۳۹۲/۰۷/۰۸ با حضور هیأت داوران زیر بررسی و با نمره ۱۹/۸۰ مورد تصویب نهایی قرار گرفت.

۱. **استادان راهنمای پایان نامه**

دکتر رحیم ابراهیمی با مرتبه علمی دانشیار **امضاء**

دکتر سجاد رستمی با مرتبه علمی استادیار **امضاء**

۲. **استاد مشاور پایان نامه**

دکتر یوسف عباس‌پور گیلانده با مرتبه علمی دانشیار **امضاء**

۳. **استادان داور پایان نامه**

دکترعلی ملکی با مرتبه علمی استادیار **امضاء**

دکتر مجتبی نادری بلداجی با مرتبه علمی استادیار **امضاء**

دکتر سید حسن طباطبایی

معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده کشاورزی

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات

و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه

متعلق به دانشگاه شهرکرد است.

تشکر و قدردانی

سپاس سزاوار پروردگاری است که لطف و رحمت بی‌کرانش همواره در لحظه لحظه‌های زندگی، روشنگر و امید بخش راهم بود.

در ابتدا بر خود لازم می‌دانم از اولین آموزگاران زندگی، پدر و مادر مهربانم برای تمامی پشتبانی‌ها و مهربانی‌هایشان سپاسگزاری نمایم، آنان که رسم زندگی کردن به من آموختند و گنجینه‌های امروز من مرهون زحمات و از خودگذشتگی‌های آنهاست.

از استاد راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر رحیم ابراهیمی که در نهایت صمیمیت با اینجانب همراه بودند قدردانی می‌نمایم. از استاد راهنمای عزیزم، جناب آقای دکتر سجاد رستمی که در تمام مراحل انجام پایان‌نامه از هیچ کمکی دریغ نورزیدند و در طول این مدت با نظرات ارزشمند و راه‌گشای خویش، اینجانب را در تهیه و تدوین این پایان‌نامه یاری نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از استاد مشاور ارجمندم، برادر عزیزم جناب آقای دکتر یوسف عباسپور گیلانده که زحمات ایشان در انجام این تحقیق وصف‌ناپذیربود، علاوه بر بهره علمی، از ایشان درس صبر و گذشت و بزرگ‌منشی آموخته‌ام و همواره در طول زندگی تکیه‌گاهی استوار و آرام‌بخش برای بنده بوده‌اند قدردانی می‌نمایم.

از استاد گرامیم، جناب آقای دکتر علی ملکی که در طول تحصیل با نظرات ارزشمند خود راهنمای بنده بودند کمال تشکر را دارم.

همچنین مراتب قدردانی خود را از جناب آقایان دکتر علی ملکی و دکتر مجتبی نادری بلداجی به عنوان داوران محترم پایان‌نامه و جناب آقای دکتر بهزاد قربانی به عنوان نماینده محترم تحصیلات تکمیلی، اعلام می‌نمایم.

محمد رضا عباس‌پور گیلانده

تقدیم به عزیزترین الطاف خداوند

زیباترین واژه‌ها

پدر و مادر مهربانم

که سایه‌شان بر سرم همه مهر است و نثارم به پایشان همه شرم و ...

وجودشان گواهی است بر مهربانی خداوند.

وتقدیم به برادر، دوست و استاد دلسوزم

جناب آقای دکتر یوسف عباس‌پور گیلانده

چکیده

امروزه با وجود پیشرفت‌های چشم‌گیر در توسعه کشاورزی دقیق، مدیریت تولید محصول در ارتباط با خصوصیات فیزیکی خاک به چند سال اخیر برمی‌گردد که یکی از مهم‌ترین این خصوصیات، مقاومت مکانیکی خاک است که عموماً با نقشه‌های شاخص مخروطی خاک بیان می‌شود. در این تحقیق برای اندازه‌گیری و تعیین عوامل مؤثر بر مقدار شاخص مخروطی خاک، آزمایش‌های مزرعه‌ای در سه نوع خاک و در داخل هر نوع خاک از آزمایش فاکتوریل بر پایه‌ی طرح بلوک کامل تصادفی و با پنج تکرار استفاده شد. در داخل هر بافت خاک سطوح مختلف رطوبت در سه سطح (خشک، نیمه مرطوب و مرطوب)، عمق در سه سطح (۱۰-۰، ۲۰-۱۰ و ۳۰-۲۰ سانتی‌متر) و تعداد تردد تراکتور در سه سطح (۰، ۱۰و ۲۰ بار عبور) به‌روی شاخص مخروطی خاک بررسی شد. پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها مشخص گردید که اثرات نوع خاک، عمق، سطوح مختلف رطوبت و تردد تراکتور بر روی مقادیر شاخص مخروطی خاک در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده است. برای انجام عملیات آماری از رگرسیون چند متغیره خطی استفاده شد. در این حالت رگرسیون برای چهار عامل مستقل (درصد محتوی رطوبتی، جرم مخصوص ظاهری، هدایت الکتریکی و عمق) و عامل وابسته (شاخص مخروطی خاک) جهت تعیین مدل ریاضی انجام شد. در سال‌های اخیر علاقه‌ی فزاینده‌ای به توسعه‌ی مدل‌های هوش مصنوعی، به خصوص مدل‌های فازی و فازی-عصبی در بسیاری از شاخه‌های علوم و مهندسی مشاهده می‌شود که با استفاده از آنها می‌توان فرآیندهای طبیعی پیچیده و دارای عوامل متعدد را به سادگی و با دقّت زیاد مدل‌سازی نمود. به دلیل عدم هم‌خوانی قوانین نوشته شده برای بافت‌های مختلف در مدل فازی، برای هر بافت خاک، مدل فازی مجزایی ارائه شد. در مدل‌های فازی ایجاد شده، از رویکرد اصول فازی ممدانی برای تخمین شاخص مخروطی خاک استفاده شده است. در هر سه مدل، استنتاج ماکسیمم-مینیمم ممدانی برای استنتاج مکانیزم و روش غیر فازی‌ساز مرکز ثقل برای غیر فازی‌سازی مورد استفاده قرار گرفت. در ایجاد مدل انفیس، به منظور تخمین شاخص مخروطی خاک، از ۸۰درصد داده‌ها به منظور آموزش و از ۲۰درصد داده‌ها به منظور اعتبارسنجی استفاده گردید. نوع توابع عضویت ورودی، مثلثی، و تعداد آنها برای هر متغیر ورودی ۵ عدد اختیار شد. نوع توابع عضویت خروجی، خطی تعیین شد. روش یادگیری مدل نیز روش هیبرید انتخاب گردید. مقایسه‌ی نتایج بدست آمده از مدل‌های فازی، مدل انفیس و مدل‌های رگرسیونی به‌منظور پیش‌بینی شاخص‌مخروطی خاک نشان داد که مدل انفیس قادر به مدل کردن مقادیر شاخص مخروطی با دقّت بالاتر نسبت به مدل‌های فازی و رگرسیونی ارائه شده در این تحقیق می‌باشد. نتایج این تحقیق می‌تواند در مدیریت فشردگی خاک در خاک‌های دشت اردبیل و همچنین تعیین عمق بهینه ادوات خاک‌ورز اولیه مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: مقاومت مکانیکی خاک، شاخص مخروطی، بافت خاک، رطوبت، تردد، جرم مخصوص ظاهری، هدایت الکتریکی، عمق، منطق فازی، انفیس.

فهرست مطالب

عنوان شماره صفحه

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه ۷

۱-۲- ضرورت تحقیق ۹

۱-۳- اهداف تحقیق ۱۰

۱-۴- فصل‌بندی و نگارش ۱۰

فصل دوم: پیشینه تحقیق

۲-۱- خاک ۱۲

۲-۲- فشردگی خاک ۱۲

۲-۲-۱- فشردگی خاک و تاثیر آن بر رشد ریشه ۱۳

۲-۲-۲- عوامل موثر بر فشردگی خاک ۱۴

۲-۲-۲-۱- بافت خاک ۱۵

۲-۲-۲-۲- مواد آلی ۱۵

۲-۲-۲-۳- محتوی رطوبتی ۱۵

۲-۲-۲-۴- افزایش بار وارده بر خاک ۱۶

۲-۲-۲-۵- تعداد تردد ۱۶

۲-۲-۲-۶- سرعت پیشروی ۱۶

۲-۳- هدایت الکتریکی ۱۷

۲-۴- رطوبت خاک ۱۹

۲-۵- جرم مخصوص خاک ۱۹

۲-۵-۱- وزن مخصوص حقیقی خاک ۱۹

۲-۵-۲- وزن مخصوص ظاهری خاک ۱۹

۲-۶- منطق فازی ۲۰

۲-۶-۱- زمینه‌های تحقیق عمده در تئوری فازی ۲۱

۲-۶-۲- مجموعه‌های فازی و زبان طبیعی ۲۲

۲-۶-۳- متغیرهای زبانی ۲۳

۲-۶-۴- تئوری فازی ۲۴

۲-۶-۵- سیستم‌های فازی و ویژگی‌های آنها ۲۵

۲-۶-۵-۱- پایگاه قواعد فازی ۲۷

۲-۶-۵-۲- موتور استنتاج فازی ۲۸

۲-۶-۵-۳- فازی‌سازها ۲۹

۲-۶-۵-۴- غیر فازی‌سازها ۳۰

۲-۶-۵-۵- غیر فازی‌ساز مرکز ثقل ۳۰

۲-۶-۵-۶- غیر فازی‌ساز میانگین مراکز ۳۱

۲-۶-۵-۷- غیر فازی‌ساز ماکزیمم ۳۱

۲-۶-۶- طراحی سیستم‌های فازی ۳۲

۲-۶-۶-۱- طراحی سیستم‌های فازی از روی داده‌های ورودی- خروجی ۳۲

عنوان شماره صفحه

۲-۷- سیستم‌های فازی بر پایه شبکه عصبی تطبیقی(ANFIS) ۳۳
۲-۷-۱- تعریف انفیس ۳۴
۲-۷-۲- ساختار انفیس ۳۵
۲-۷-۳- معتبرسازی مدل با استفاده از مجموعه داده‌های آزمایشی و وارسی ۳۶
۲-۷-۴- محدودیت‌های انفیس ۳۷
۲-۸- پیشینه تحقیق ۳۷

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱- مزرعه آزمایشی مورد استفاده در انجام تحقیق ۴۰
۳-۲- آزمایش‌های مزرعه‌ای ۴۰
۳-۳- ادوات مورد استفاده در انجام تحقیق ۴۱
۳-۳-۱- سیستم اندازه‌گیری شاخص مخروطی خاک ۴۱
۳-۳-۱-۱- مخروط استاندارد ۴۱
۳-۳-۱-۲- مبدل اندازه گیری نیرو ۴۲
۳-۳-۱-۳- حسگر اندازه‌گیری عمق نفوذ مخروط ۴۲
۳-۳-۱-۴- واحد پردازش داده ۴۳
۳-۳-۲- اندازه‌گیری مقادیر رطوبت خاک ۴۴
۳-۳-۳- اندازه‌گیری مقادیر جرم مخصوص ظاهری خاک ۴۴
۳-۳-۴- اندازه‌گیری بافت(روش هیدرومتری) ۴۴
۳-۳-۵- اندازه‌گیری مقادیر هدایت الکتریکی خاک ۴۴
۳-۴- پیش‌بینی شاخص مخروطی خاک با استفاده از مدل فازی(FIS) ۴۵
۳-۴-۱- کلیات مدل فازی ۴۵
۳-۴-۲- طراحی مدل فازی ۴۵
۳-۴-۲-۱- فازی‌سازی پارامترهای ورودی و خروجی ۴۶
۳-۴-۲-۲- قوانین فازی ۵۶
۳-۴-۲-۳- موتور استنتاج و غیر فازی کردن پارامترها ۵۷
۳-۵- پیش‌بینی شاخص مخروطی خاک با استفاده از مدل فازی-عصبی(ANFIS) ۵۷
۳-۵-۱- طراحی مدل انفیس ۵۷
۳-۵-۲- آموزش سیستم‌های استنتاج فازی-عصبی ۵۸
۳-۵-۲-۱- بارگذاری داده‌ها ۵۸
۳-۵-۲-۲- ایجاد و بارگذاری ساختار اولیه FIS ۵۹
۳-۵-۲-۳- آموزش انفیس ۶۰
۳-۵-۲-۴- تایید اعتبار FIS آموزش داده شده ۶۰
۳-۶- اعتبارسنجی مدل ارائه شده ۶۱
۳-۷- مدل رگرسیونی ۶۱

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱- تجزیه واریانس داده‌ها ۶۲

عنوان شماره صفحه

۴-۲- مقایسه میانگین مقادیر شاخص مخروطی خاک ۶۳
۴-۲-۱- مقایسه میانگین اثرات اصلی بر شاخص مخروطی خاک ۶۳
۴-۲-۱-۱- اثر بافت خاک بر شاخص مخروطی خاک ۶۳
۴-۲-۱-۲- اثر رطوبت بر شاخص مخروطی خاک ۶۴
۴-۲-۱-۳- اثر تردد بر شاخص مخروطی خاک ۶۵
۴-۲-۱-۴- اثر عمق بر شاخص مخروطی خاک ۶۵
۴-۲-۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل بر شاخص مخروطی خاک ۶۶
۴-۲-۲-۱- اثر متقابل بافت خاک در رطوبت بر شاخص مخروطی خاک ۶۶
۴-۲-۲-۲- اثر متقابل بافت خاک در عمق بر شاخص مخروطی خاک ۶۷
۴-۲-۲-۳- اثر متقابل رطوبت در تردد بر شاخص مخروطی خاک ۶۷
۴-۲-۲-۴- اثر متقابل رطوبت در عمق بر شاخص مخروطی خاک ۶۸
۴-۲-۲-۵- اثر متقابل تردد در عمق بر شاخص مخروطی خاک ۶۹
۴-۲-۲-۶- اثر متقابل بافت خاک در رطوبت در تردد بر شاخص مخروطی خاک ۶۹
۴-۲-۲-۷- اثر متقابل بافت خاک در رطوبت در عمق بر شاخص مخروطی خاک ۷۰
۴-۲-۲-۸- اثر متقابل بافت خاک در تردد در عمق بر شاخص مخروطی خاک ۷۱
۴-۲-۲-۹- اثر متقابل رطوبت در تردد در عمق بر شاخص مخروطی خاک ۷۲
۴-۳- پیش‌بینی شاخص مخروطی با استفاده از مدل فازی ۷۲
۴-۳-۱- خروجی به صورت SURFACE ۷۳
۴-۳-۲- خروجی به صورت قوانین (RULES) ۷۶
۴-۴- پیش‌بینی شاخص مخروطی خاک با استفاده از مدل فازی-عصبی ۷۹
۴-۴-۱- مدل فازی متناظر با مدل انفیس ۸۱
۴-۵- ارائه مدل رگرسیونی شاخص مخروطی خاک ۸۲
۴-۵-۱- پذیرش مدل رگرسیون خطی ۸۳

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱- نتیجه‌گیری ۸۴
۵-۲- توصیه و پیشنهادات ۸۵
پیوست الف ۸۷
پیوست ب ۹۲
منابع ۱۰۱

فهرست شکل‌ها

عنوان شماره صفحه

شکل ۲-۱- فشردگی خاک و تاثیر آن بر رشد ریشه ۱۳
شکل ۲-۲- رابطه‌ی رشد ریشه با مقاومت نفوذ ۱۴
شکل ۲-۳- نمودار تغییرات چگالی در رطوبت های مختلف، در خاکهای لومی شنی ۱۶
شکل ۲-۴- اندازه‌گیری هدایت الکتریکی خاک به روش غیرتماسی. ۱۷
شکل ۲-۵- اندازه‌گیری هدایت الکتریکی خاک به روش تماسی. ۱۷
شکل ۲-۶- طبقه‌بندی تئوری فازی ۲۱
شکل ۲-۷- اشکال مختلف مجموعه های فازی ۲۳
شکل ۲-۸- استفاده از مدل فازی برای مقایسه درجه حرارت ۲۳
شکل ۲-۹- ساختار اصلی سیستم‌های فازی خالص ۲۵
شکل ۲-۱۰- ساختار اصلی سیستم فازی TSK ۲۶
شکل ۲-۱۱- ساختار اصلی سیستم‌های فازی با فازی‌ساز و غیرفازی‌ساز ۲۶
شکل ۲-۱۲- مجموعه ورودی‌ها و خروجی‌ها به پایگاه دانش ۲۸
شکل ۲-۱۳- فازی ساز ذوزنقه‌ای ۳۰
شکل ۲- ۱۴- فازی‌ساز مثلثی ۳۰
شکل ۲-۱۵- تبدیل دانش خبره به سیستم‌های فازی ۳۳
شکل ۲-۱۶- شمای ساده‌ای از مدل انفیس ۳۶
شکل ۳-۱- نفوذسنج مخروطی پشت تراکتوری ۴۱
شکل ۳-۲- دیتالاگر مدل DT800 ..... ۴۳
شکل ۳-۳- نقشه پل وتستون و کانال مرتبط در نرم‌افزار دیتالاگر ۴۳
شکل ۳-۴- ساختار سیستم خبره فازی برای خاک لومی شنی ۴۵
شکل ۳-۵- ساختار سیستم خبره فازی برای خاک لومی ۴۶
شکل ۳-۶- ساختار سیستم خبره فازی برای خاک شنی لومی ۴۶
شکل ۳-۷- توابع عضویت متغیرهای ورودی برای خاک لومی شنی ۴۹
شکل ۳-۸- توابع عضویت متغیر خروجی برای خاک لومی شنی ۴۹
شکل ۳-۹- توابع عضویت متغیرهای ورودی برای خاک لومی ۵۰
شکل ۳-۱۰- توابع عضویت متغیر خروجی برای خاک لومی ۵۰
شکل ۳-۱۱- توابع عضویت متغیرهای ورودی برای خاک شنی لومی ۵۱
شکل ۳-۱۲- توابع عضویت متغیر خروجی برای خاک شنی لومی ۵۱
شکل ۳-۱۳- بارگذاری داده‌های آموزشی و اعتبارسنجی در محیط انفیس ۵۸
شکل ۳-۱۴- پارتیشن‌بندی توابع عضویت ۵۹
شکل ۳-۱۵- ساختار انفیس بر اساس ساختار اولیه FIS تعیین شده ۶۰
شکل ۳-۱۶- نمودار مربوط به خطای داده‌های آموزشی و وارسی ۶۰
شکل ۴-۱- اثر بافت خاک بر میانگین شاخص مخروطی خاک ۶۴
شکل ۴-۲- اثر رطوبت بر میانگین شاخص مخروطی خاک ۶۴
شکل ۴-۳- اثر تردد تراکتور بر میانگین شاخص مخروطی خاک ۶۵
شکل ۴-۴- اثر عمق بر میانگین شاخص مخروطی خاک ۶۶

عنوان | شماره صفحه

شکل ۴-۵- اثر متقابل بافت خاک در رطوبت بر شاخص مخروطی خاک ۶۶
شکل ۴-۶- اثر متقابل بافت خاک در عمق بر شاخص مخروطی خاک ۶۷
شکل ۴-۷- اثر متقابل رطوبت در تردد تراکتور بر شاخص مخروطی خاک ۶۸
شکل ۴-۸- اثر متقابل رطوبت در عمق بر شاخص مخروطی خاک ۶۸
شکل ۴-۹- اثر متقابل تردد تراکتور در عمق بر شاخص مخروطی خاک ۶۹
شکل ۴-۱۰- اثر متقابل رطوبت در جرم مخصوص ظاهری بر میانگین شاخص مخروطی خاک ۷۳
شکل ۴-۱۱- اثر متقابل رطوبت در هدایت الکتریکی بر شاخص مخروطی خاک ۷۴
شکل ۴-۱۲- اثر متقابل جرم مخصوص ظاهری در هدایت الکتریکی بر شاخص مخروطی خاک ۷۴
شکل ۴-۱۳- میزان شاخص مخروطی خاک (CI)، برای خاک لومی، در مقابل: (الف). رطوبت خاک (MC) و جرم مخصوص ظاهری (BD)، (ب). رطوبت خاک (MC) و هدایت الکتریکی خاک (EC)، (ج). جرم مخصوص ظاهری (BD) و هدایت الکتریکی خاک (EC). ۷۵
شکل ۴-۱۴- میزان شاخص مخروطی خاک (CI)، برای خاک شنی‌لومی، در مقابل: (الف). رطوبت خاک (MC) و جرم مخصوص ظاهری (BD)، (ب). رطوبت خاک (MC) و هدایت الکتریکی خاک (EC)، (ج). جرم مخصوص ظاهری(BD) و هدایت الکتریکی خاک(EC). ۷۶
شکل ۴-۱۵- خروجی سیستم فازی بر اساس قوانین نوشته شده برای مدل لومی‌شنی ۷۷
شکل ۴-۱۶- رابطه بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده شاخص مخروطی برای مدل لومی‌شنی ۷۷
شکل ۴-۱۷- رابطه بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده شاخص مخروطی برای مدل لومی ۷۸
شکل ۴-۱۸- رابطه بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده شاخص مخروطی برای مدل شنی لومی ۷۸
شکل ۴-۱۹- مقایسه داده‌های مدل‌سازی شده و داده‌های آموزشی ۷۹
شکل ۴-۲۰- مقایسه داده‌های مدل‌سازی شده و داده‌های اعتبارسنجی ۷۹
شکل ۴-۲۱- میزان شاخص مخروطی خاک (CI)، برای مدل انفیس، در مقابل: (الف). رطوبت خاک (MC) و جرم مخصوص ظاهری (BD)، (ب). رطوبت خاک (MC) و هدایت الکتریکی خاک(EC)، (ج). جرم مخصوص ظاهری(BD) و هدایت الکتریکی خاک(EC). ۸۰
شکل ۴-۲۲- ورودی و خروجی فازی ۸۱
شکل ۴-۲۳- نوع و محدوده توابع عضویت متغیرهای ورودی ۸۱
شکل ۴-۲۴- رابطه بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده شاخص مخروطی برای مدل انفیس ۸۲
شکل ۴-۲۵- نمودار P-P مانده‌های رگرسیون خطّی به‌منظور پیش‌بینی شاخص مخروطی خاک ۸۳

فهرست جدول‌ها

عنوان | شماره صفحه

جدول ۲-۱- نمونه‌ای از مجموعه‌های فازی و متغیرهای زبانی ۲۴
جدول ۳-۱- خصوصیات خاک‌های مزارع آزمایشی خاک‌ها در جریان آزمایش ۴۰
جدول ۴-۱- نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به اندازه‌گیری شاخص مخروطی خاک ۶۳
جدول ۴-۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل بافت خاک در رطوبت در تردد تراکتور بر میانگین شاخص مخروطی خاک ۷۰
جدول ۴-۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل بافت خاک در محتوی رطوبتی در عمق بر میانگین شاخص مخروطی خاک ۷۰
جدول ۴-۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل بافت خاک در تردد تراکتور در عمق بر میانگین شاخص مخروطی خاک ۷۱
جدول ۴-۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل رطوبت در تردد در عمق بر میانگین شاخص مخروطی خاک ۷۲
جدول ۴-۶- مشخصات مدل‌های فازی برای خاک‌های مختلف ۷۸
جدول ۴-۷- خصوصیات مدل انفیس و ارزیابی آن بر اساس پارامترهای آماری ۸۰
جدول ۴-۸- ضرایب معادله رگرسیون چند متغیره خطی ۸۳

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

استفاده از ماشین برای تولید در کشاورزی از مراحل برجسته‌ی تکامل کشاورزی در طول قرن گذشته بوده و موجب افزایش عملکرد محصولات کشاورزی شده است. بنابراین مدیریت خاصی لازم است تا با بهره‌گیری از این امکانات بتوان استفاده بهینه‌ای از نهاده‌های کشاورزی در امر تولید داشت. بدیهی است موفقیت بیشتر وقتی عاید خواهد شد که مزایا و معایب استفاده از ماشین‌ها نیز شناخته شوند و نقاط قوت تقویت شده و نقاط ضعف برطرف گردد (علیمردانی و صلح جو، ۱۳۸۳).

داشتن اطلاعات صحیح در مورد ماشین‌ها و اثرات متقابل آنها با محیط رشد گیاه، لازمه مدیریت صحیح در ارتباط با ادوات، آب، زمین و سایر نهاده‌های کشاورزی خواهد بود. در این زمینه اطلاع از خصوصیات خاک و درک روابط بین سیستم ماشین و خاک از اهمیت بالایی برخوردار است.

تولید در کشاورزی بدون استفاده از ماشین‌ها امکان‌پذیر نیست و تنها با استفاده از ماشین‌های مدرن و بزرگ می‌توان از عهده کشت محصولات برآمد (ریپر، ۲۰۰۵). افزایش ظرفیت ماشین‌های کشاورزی، اگرچه مزیت‌هایی را به دنبال داشته‌است اما باعث فشردگی و افزایش گسترده تراکم خاک شده و اثرات منفی بر تولید محصولات کشاورزی گذاشته است.

یکی از اثرات نا مطلوب تردد ماشین‌های کشاورزی در مزرعه، فشردگی خاک است که بخشی از این تردد و عملیات مربوط به ادوات خاک‌ورزی می‌باشد و بخش دیگر در مراحل کاشت، داشت و برداشت محصول اتفاق می‌افتد (علیمردانی و صلح‌جو، ۱۳۸۳.،دکستر و همکاران، ۲۰۰۷). فشردگی خاک یکی از مسایل و مشکلات جدّی بسیاری از خاک‌ها در نقاط مختلف دنیا می‌باشد. در بسیاری از خاک‌ها، سخت لایه یا لایه‌ی فشرده شده‌ای در ساختمان خاک مشاهده می‌شود که رشد ریشه را به لایه‌ای از خاک که دارای مواد غذایی بیشتر و رطوبت بالاتر می‌باشد محدود می‌سازد (خلیلیان و همکاران، ۲۰۰۴). وجود این سخت لایه در ساختمان خاک

می‌تواند به راحتی تا میزان ۱۰ درصد عملکرد محصولات را کاهش داده و از طریق تخریب ساختمان خاک و کاهش جریان آب در داخل خاک منجر به اثر نامطلوب در کیفیت خاک گردد (دوییکر،۲۰۰۲).

توسعه مکانیزاسیون کشاورزی با افزایش تردد بیشتر تراکتور و ماشین‌های کشاورزی در مزارع همراه بوده است که باعث تراکم خاک‌های زراعی می شود. این بدین مفهوم است که در اکثر خاک‌های زراعی قسمت مهمی از لایه متراکم شده خاک (لایه‌های زیرین)، تحت تاثیر عملیات شخم واقع نمی‌گردد و هر سال نیز بر میزان تراکم آن افزوده می‌شود. تراکم خاک باعث تغییر در خصوصیات خاک می‌گردد (افزایش جرم مخصوص ظاهری)که نتیجه آن شرایط نامناسب برای رشد گیاه است (دومزال و هودارا، ۱۹۹۰). فشردگی خاک به وسیله تردد ماشین‌ها و خودروهای سنگین ایجاد می‌شود که نتیجه آن تغییر در ساختمان خاک به وضعی نامطلوب در لایه‌های سطحی و عمقی خاک است. در تراکم خاک نه تنها نیروهای استاتیکی، بلکه نیروهای دینامیکی همانند لرزش موتور، انتقال وزن حاصل از اتصال ادوات به تراکتور و لغزش چرخ‌ها نیز نقش دارند (دومزال و هودارا، ۱۹۹۱). به‌طور کلی می‌توان گفت که تراکم خاک از جمله شاخص‌های نشان دهنده تخریب ساختمان فیزیکی خاک می‌باشد که به صورت افزایش در چگالی ظاهری خاک یا کاهش تخلخل در خاک تعریف می‌شود (زارعیان، ۱۳۶۴). مهمترین اثرات تراکم خاک بر محصول را می‌توان به صورت حساسیت بیش از حد گیاه به خشکی، تهویه ناکافی، کاهش جذب آب توسط گیاه، کاهش بازده عناصر غذایی و نهایتاً کاهش محصول بیان کرد. همچنین تراکم خاک، قابلیت نفوذ ریشه را کاهش می‌دهد. تحقیقات دیگری نشان می‌دهد که خروج CO_2 ، CH_4 و N_2O در خاک‌های متراکم افزایش می‌یابد (هرن و همکاران، ۱۹۹۵).

روش‌های مختلفی به‌منظور تعیین فشردگی خاک در داخل یک زمین زراعی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به شاخص رنگ خاک (تشخیص فشردگی از طریق مشاهده)، اندازه‌گیری جرم مخصوص ظاهری، رادارهای نفوذکننده در داخل زمین و اندازه‌گیری شاخص مخروطی خاک اشاره کرد (آپادهایا و همکاران، ۱۹۹۴.، ریپر و همکاران، ۱۹۹۰). در بین این روش‌ها از آنجا که نفوذسنج مخروطی داده‌های نسبتاً دقیق‌تری را بر اساس فشردگی خاک ارائه می‌کند و کار کردن با آن راحت می‌باشد، بیشتر مورد پذیرش می‌باشند. بعلاوه با استفاده از این روش می‌توان تغییرات مقاومت مکانیکی خاک را در ارتباط با عمق در مقایسه با سایر روش‌ها به‌صورت مناسب‌تری در اختیار قرار داد (کلارک، ۱۹۹۹). مقاومت مکانیکی خاک می‌تواند به عنوان مقاومت خاک در مقابل یک نیروی خارجی، بدون ایجاد شکست خاک در داخل خاک تعریف شود. افزایش مقاومت مکانیکی خاک کاهش رشد ریشه، افزایش نیروی کششی، افزایش مصرف سوخت، افزایش زمان انجام کار و افزایش ساییدگی ادوات را به دنبال خواهد داشت (ریپر، ۱۹۹۰).

پیشرفت‌های اخیر در زمینه کامپیوتر و الکترونیک به‌طور شگفت‌انگیزی توانایی طراحان را در جمع آوری، پردازش و تجزیه وتحلیل داده‌های نفوذسنج‌ها بالا برده است. سیستم‌های جمع‌آوری دیجیتال داده و تجهیزات اندازه‌گیری عمق، اندازه گیری‌های همزمان عمق و نیرو را امکان‌پذیر ساخته است. در شرایط فعلی و با تجهیزات پیشرفته کنونی، پیش‌بینی چگالی ظاهری خاک، بافت، رطوبت و رنگ خاک در شرایط مزرعه‌ای و بدون نمونه‌گیری از خاک امکان‌پذیر می‌باشد.

از نفوذسنج‌های مخروطی در زمینه‌های مختلفی نظیر بدست آوردن اطلاعات مکانی تغییرپذیری مقاومت مکانیکی خاک‌ها، ارزیابی تراکم خاک در اثر عبور وسایل نقلیه و با استفاده از شاخص مخروط به منظور تعیین

نیروی کششی ابزارهای خاک‌ورزی استفاده شده است (دسبیولز و همکاران، ۱۹۹۹؛ راگاوان و مکیز، ۱۹۷۷؛ ویلر و گادوین، ۱۹۹۶).

اطلاع از شاخص مخروط خاک (به عنوان معیاری از فشردگی خاک‌های زراعی) می‌تواند تا حد زیادی به عنوان یک عامل محدود کننده برای عملیات اضافی خاک‌ورزی به حساب آید. بنابراین با توجه به اهمیت بالای تعیین شاخص مخروطی و نیز با در نظر گرفتن مشکلاتی نظیر در دسترس نبودن نفوذسنج، که همواره در تعیین شاخص مخروطی با آنها مواجه هستیم، بدست آوردن روش‌هایی که بتواند با کمترین هزینه و با استفاده از داده‌های قابل دسترس از قبیل جرم مخصوص ظاهری، محتوی رطوبتی، عمق وغیره، مناسب‌ترین مدل و تابع را برای تعیین شاخص مخروطی خاک ایجاد کند، بسیار حائز اهمیت می باشد.

۱-۲- ضرورت تحقیق

امروزه پیشرفت‌های بسیار چشمگیری در زمینه‌های مختلف کشاورزی صورت گرفته است که می‌توان به وضوح آن را قبول کرد (علیمردانی و صلحجو،۱۳۸۳). ولی مدیریت تولید محصول در ارتباط با خصوصیات فیزیکی خاک همچنان نیازمند تحقیقات بیشتر است که بدست آوردن شاخص مخروطی خاک نیز در همین راستا می‌تواند موثر واقع گردد. امروزه با توجه به گستردگی نرم‌افزارهای مهندسی و توانایی خارق العاده آنها، لازم است استفاده از این نرم افزارهای نوین در کشاورزی مدرن مورد توجه واقع گیرد.

با توجه به این‌که مدل‌های ارائه شده برای شاخص مخروطی خاک، عمدتاً به صورت تجربی بوده و روابط ارائه شده هم‌خوانی لازم را با هم‌ندارند، بنابراین استفاده از سیستم‌های فازی و فازی-عصبی (انفیس) می تواند با توجه به توانایی بالای این سیستم‌ها در مدل کردن و شبیه‌سازی سیستم‌های پیچیده در رسیدن به مدل مناسب برای تعیین شاخص مخروطی خاک موثر واقع گردد. در سال‌های اخیر علاقه فزاینده‌ای به توسعه مدل‌های هوش مصنوعی و به خصوص مدل‌های فازی و فازی- عصبی و کاربرد آن در بسیاری از شاخه‌های علوم و مهندسی مشاهده می‌شود و با استفاده از آنها می‌توان فرایندهای طبیعی پیچیده و دارای عوامل متعدد را به سادگی و با دقت زیاد مدل‌سازی نمود.

جعبه ابزار منطق فازی متشکل از توابع فازی در قالب محیط محاسباتی متلب (MATLAB) می‌باشد. این جعبه ابزار امکاناتی را برای استنتاج سیستم‌های فازی در قالب متلب فراهم می‌آورد. همچنین در راستای شبیه‌سازی سیستم‌های فازی امکان یکپارچه‌سازی آنها در قالب نرم افزار simulink وجود دارد. این جعبه ابزار از یک محیط گرافیکی برای کمک به کاربر بهره می‌گیرد. اما در صورت تمایل می‌توان از توابع مربوط به آن روی خط فرمان متلب استفاده کرد. منطق فازی در ترکیب با محاسبات عصبی نیز دارای کاربرد زیادی می‌باشد. ترکیب منطق فازی با شبکه عصبی در قالب سیستم‌های عصبی- فازی از اعتبار بالایی برخوردار است. این سیستم‌ها نقش مهمی را در استنتاج قواعد از مشاهدات ایفا می‌کنند. این نوع سیستم‌ها با نام انفیس گسترش یافته‌اند. استفاده از سیستم‌های فازی و عصبی-فازی با توجه به قابلیت بالای آنها می‌تواند به عنوان جایگزینی برای مدل‌های رگرسیونی مورد استفاده قرار گیرد. در این مدل‌ها مقادیر ورودی و خروجی بدون هیچ‌گونه فرضیه یا رابطه از پیش تعیین شده به همدیگر مرتبط می‌شوند. با توجه به اینکه اطلاعات کافی در مورد نحوه ارتباط بین پارامترها را در اختیار نداریم، بنابراین سیستم‌های فوق می‌توانند به عنوان یک ابزار دقیق در مدل کردن سیستم‌های پیچیده هم‌چون خاک، مورد استفاده قرار گیرند و بسیاری از

محدودیت‌ها و خطاهای روش‌های تحلیلی را برطرف نمایند و مطابق با شرایط کنونی حاکم بر سیستم و به کمک داده‌های واقعی آموزش دیده و برای کاربردهای بعدی تعمیم داده شوند (کیا، ۱۳۸۹).

دلایل عمده استفاده از سیستم‌های فازی را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد:

۱) این مدل بسیار انعطاف‌پذیر است. در واقع به آسانی می‌توان یک سیستم فازی را برای حل یک مساله جدید سازماندهی کرد و نیازی به طراحی دوباره سیستم وجود ندارد (کیا، ۱۳۸۹).

۲) منطق فازی بر مبنای زبان طبیعی می‌باشد. اصول منطق فازی بر مبنای نوع ارتباط بشر است. از آنجا که منطق فازی بر پایه ساختارهای توصیف کیفی در زبان روزمره استوار است، استفاده از آن بسیار ساده می‌باشد (تشنه‌لب و همکاران، ۱۳۷۸).

۳) منطق فازی توان تحمل داده‌های غیر دقیق فازی را به شکل مطلوبی داراست. با نگاه دقیق به هر چیزی متوجه یک نوع نادرستی در آن می‌شویم و منطق فازی از این مفهوم ذکر شده یک پردازش سازمان یافته می‌سازد (کیا، ۱۳۸۹).

۴) این سیستم دارای قابلیت مدل‌سازی توابع غیر خطی پیچیده می‌باشد (کیا، ۱۳۸۹).

۵) منطق فازی بر مبنای تجربه متخصصان عمل می‌کند. یعنی به شما اجازه می‌دهد تا بر تجربه متخصصانی که شناخت دقیقی از سیستم مورد بررسی دارند تکیه نمایید (تشنه‌لب و همکاران، ۱۳۷۸؛ کیا ۱۳۸۹).

در این مطالعه پیش‌بینی شاخص مخروطی خاک تحت تاثیر عوامل جرم مخصوص ظاهری خاک، رطوبت خاک و هدایت الکتریکی مورد بررسی قرار گرفته است. تحقیقات صورت گرفته نشان می‌دهد که بین شاخص مخروطی، به عنوان معیاری از فشردگی خاک‌های کشاورزی، با جرم مخصوص ظاهری (هندرسون و همکاران، ۱۹۸۸) و رطوبت خاک (فوار و داماتا، ۱۹۹۴) ارتباط وجود دارد. اگرچه رطوبت خاک تاثیر قابل ملاحظه‌ای روی مقاومت خاک دارد، اما هنوز رابطه مشخص و دقیقی برای تعیین ارتباط بین شاخص مخروطی و محتوی رطوبتی پیشنهاد نشده است (لیپن و همکاران، ۲۰۰۴). همچنین شاخص مخروط می‌تواند با توجه به تاثیر بافت خاک بر میزان مقاومت مکانیکی خاک، تابع هدایت الکتریکی خاک نیز باشد (عباسپور گیلانده و خلیلیان، ۱۳۸۸).

۱-۳- اهداف تحقیق

مهمترین اهداف این تحقیق عبارتند از:

۱) پیش‌بینی مقادیر شاخص مخروط خاک‌های زراعی با استفاده از پارامترهای موثر بر شاخص مخروط، شامل جرم مخصوص ظاهری، محتوی رطوبتی و هدایت الکتریکی خاک با استفاده از سیستم‌های فازی و عصبی-فازی.

۲) مقایسه دقت مدل‌های بدست آمده به منظور پیش بینی شاخص مخروط خاک با مدل‌های رگرسیونی.

۱-۴- فصل‌بندی و نگارش

در این بخش محتوی کلی فصول تحقیق انجام شده معرفی می‌گردد. در فصل دوم به بحث در مورد فشردگی خاک و عوامل موثر بر فشردگی خاک‌های زراعی می‌پردازیم. ادامه این فصل شامل مطالبی در مورد ماهیت

سیستم‌های فازی و عصبی-فازی می‌باشد. در انتهای این فصل نیز مروری بر تحقیقات گذشته بر روی فشردگی خاک‌های زراعی خواهیم داشت.

در ابتدای فصل سوم به معرفی ابزارهای مورد استفاده در انجام این تحقیق خواهیم پرداخت. این فصل شامل مطالبی در مورد پارامترهای موثر در انجام آزمایش‌ها و نحوه اندازه‌گیری این پارامترها خواهد بود. قسمت پایانی فصل سوم در ارتباط با نحوه اجرای مدل‌های فازی و عصبی-فازی برای این تحقیق می‌باشد.

فصل چهارم شامل نتایج به‌دست آمده از این تحقیق است. در این فصل نتایج بدست آمده از تجزیه و تحلیل آماری، شامل جدول تجزیه واریانس و نمودارهای مختلفی که نشان‌دهنده نحوه اثر عوامل موثر بر فشردگی خاک می‌باشند مورد بحث قرار می‌گیرند. این فصل همچنین نتاج حاصل از مدل‌های ارائه شده با استفاده از منطق فازی و سیستم‌های عصبی-فازی را شامل می‌شود. در انتهای این فصل یک مدل رگرسیونی تحت تاثیر عوامل جرم مخصوص ظاهری، رطوبت، هدایت الکتریکی و عمق ارائه شده است.

فصل پنجم که فصل آخر پایان‌نامه است، شامل پیشنهادها و نتیجه‌گیری‌های کلی به‌دست آمده از این تحقیق خواهد بود

فصل دوم

پیشینه تحقیق

۲-۱- خاک

خاک سطحی‌ترین قسمت پوسته زمین را تشکیل می‌دهد که به صورت یک پوشش سست و کم ضخامت، سنگ‌هایی را که هنوز تخریب نشده‌اند را می‌پوشاند. ضخامت این پوشش در شرایط عادی بین ۰/۵ تا ۲ متر می‌باشد. این قشر نازک در واقع بین جو (اتمسفر) و قسمت سخت زمین، که هنوز تحت تاثیر عوامل جوی قرار نگرفته و تخریب نشده (لیتوسفر)، قرار گرفته است. با وجود اینکه ضخامت پوشش مزبور (خاک) نسبت به اتمسفر و لیتوسفر بسار کم است، ولی از آنجا که حاصلخیز و منبع درآمد و تولید است برای ما مهم بوده و حفظ این منبع درآمد در اولویت می‌باشد (وراوی‌پور، ۱۳۸۹).

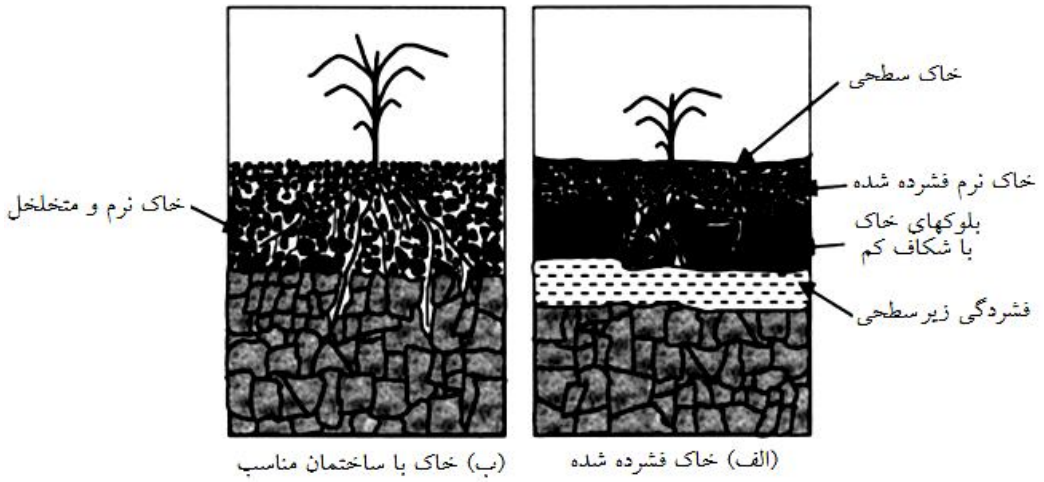
۲-۲- فشردگی خاک

یکی از مهمترین شاخص‌های نشان دهنده‌ی تخریب ساختمان فیزیکی خاک، فشردگی خاک می‌باشد (احمدی مقدم و همکاران، ۱۳۸۴). فشردگی خاک را می‌توان بصورت افزایش جرم مخصوص خاک خشک و نزدیکتر شدن ذرات جامد خاک به یکدیگر و یا کاهش تخلخل و نیز کاهش مواد غذایی قابل دسترس، آب و اکسیژن مورد نیاز گیاه تعریف کرد (معلمی‌اوره و کارپرور فرد، ۱۳۸۶). فشردگی خاک ممکن است در اثر عوامل طبیعی مانند برخورد قطرات باران، خیس شدن خاک، تنش آب داخلی و مشابه آن به وجود آید فشردگی غیر طبیعی در اثر نیروی وارد شده به خاک ناشی از تردد ماشین آلات ایجاد می‌شود (علیمردانی و همکاران، ۱۳۸۹؛ عباسپور گیلانده، ۱۳۸۴). فشردگی بر محیط فیزیکی خاک اثر می‌گذارد، به طوری که در آن تخلخل و نفوذپذیری آب کاهش و مقاومت مکانیکی خاک افزایش می‌یابد و تغییراتی در بافت و مشخصات رفتاری آن به وجود می‌آید (شهیدی و احمدی‌مقدم، ۱۳۸۷).

فشردگی خاک می‌تواند در اغلب زمین‌های کشاورزی ایجاد مشکل نماید. فشردگی می‌تواند رشد گیاهان را کاهش داده، نفوذ ریشه و حرکت آب و هوا را در داخل خاک محدود نماید که در نتیجه آن، استرس غذایی موجب کند شدن جوانه زدن بذر می‌گردد و در نهایت فشردگی خاک منجر به کاهش محصول می‌انجامد. در کشت‌های تک محصولی مبارزه با علف‌های هرز و خرد نمودن بقایای گیاهی محصول سال قبل، از عوامل بالقوه افزایش تردد ماشین‌ها و در نهایت افزایش فشردگی خاک است. افزایش اندازه مزارع نیز می‌تواند فشردگی خاک را تسریع نماید. مزارع بزرگ در برگیرنده وضعیت‌های مختلف خاک بوده بنابراین هنگام کار در مزارع قسمتی از خاک خشک و قسمتی مرطوب می‌باشد. در حالی که در مزارع کوچک هر مزرعه دارای شرایط خاصی بوده و تردد، هنگامی که زمین مناسب است صورت می‌گیرد.

۲-۲-۱- فشردگی خاک و تاثیر آن بر رشد ریشه

فشردگی خاک از مهمترین عواملی است که مانع رشد ریشه گیاه می‌شود. یکی از خصوصیات مهم خاک که در بحث رابطه بین خاک و گیاه و همچنین در مطالعه اثر متقابل خاک- ماشین مطرح می‌شود استحکام خاک یا به عبارت دیگر مقاومت مکانیکی خاک می‌باشد. در اثر افزایش مقاومت مکانیکی خاک، رشد ریشه گیاه محدود شده و برای رشد طولی و عرضی خود نیاز به صرف انرژی بیشتری نسبت به حالت عادی دارد. در صورتی که خاک خیلی متراکم شده باشد، رشد ریشه گیاه متوقف شده و ریشه قادر به عبور از لایه متراکم شده نخواهد بود. شکل (۲-۱) تفاوت توسعه ریشه در حالتهایی که خاک مناسب و فشرده شده است را نشان می‌دهد (بلوئین و همکاران، ۲۰۰۸.، میرانساری و همکاران، ۲۰۰۹).



شکل۲-۱- فشردگی خاک و اثر آن بر رشد ریشه (بلوئین و همکاران، ۲۰۰۸.، میرانساری و همکاران، ۲۰۰۹)

در طی تحقیقات انجام گرفته در مرکز تحقیقات کشاورزی ایالات متحده (USDA-ARS)، نفوذ ریشه به داخل خاک نمونه‌های بسته‌بندی شده با چگالی‌های متفاوت، اندازه‌گیری شده و با قرائت یک نفوذسنج مخروطی مقایسه شد. این تحقیق نشان داد که نفوذ ریشه نسبت به مقاومت نفوذ خاک، به‌صورت خطی