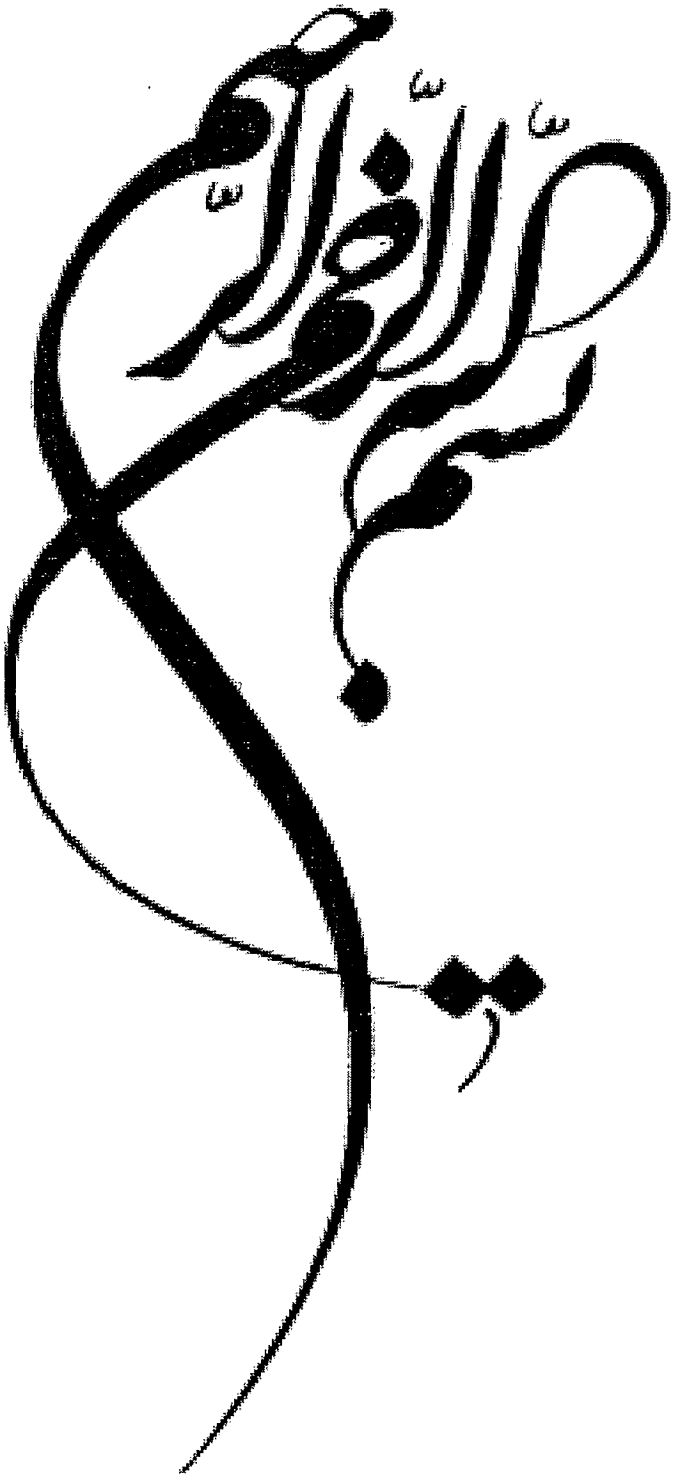

٩٨٠٦٧

۸۷/۱/۱۰۱۵۵
۸۷/۱۰/۲۴

دانشکده کشاورزی
گروه علوم خاک

تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (CEC) در سه دشت اصلی استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی

پایان نامه کارشناسی ارشد علوم خاک

مجتبی معماریان فرد

استاد راهنما:
دکتر حبیب اله بیگی

اساتید مشاور:
دکتر محمد حسن صالحی
دکتر جهانگرد محمدی

۱۳۸۷

۹۸۰۷۷

دانشکده کشاورزی
گروه علوم خاک

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته خاکشناسی مجتبی معماریان فرد
تحت عنوان:

تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (CEC) در سه دشت اصلی استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی

در تاریخ ۱۳۸۷/۸/۱۸ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان نامه — دکتر حبیب اله بیگی

۲- استادان مشاور پایان نامه — دکتر محمدحسن صالحی
دکتر جهانگرد محمدی

۳- استاد داور — دکتر عباس کارگر

۴- استاد داور — دکتر شجاع قربانی دشتکی

رئیس تحصیلات تکمیلی دانشکده — دکتر مجید اولیاء

۱۳۸۷/۱۰/۵

۱۳۸۷/۱۰/

تشکر و قدردانی

سپاس بی پایان پروردگار بی‌همتا را که فرصت کسب علم و دانش را ارزانیم داشت و در تمام مراحل زندگی یاریم نمود. براستی که پیمودن راه دشوار زندگی جز با اتکا به قدرت لایزال او ممکن نیست و تنها با یاری و التفات اوست که انسان می‌تواند بر مشکلات فائق آید. اکنون که به عنایت ذات سبحان مؤفق به انجام مراحل مختلف و تدوین این پایان نامه شدم برخود لازم می‌دانم که از زحمات و تلاش های پدر و مادرم، برادران و خواهرانم که مشکلات و سختی‌های تحصیل را برایم آسان کرده و مشوقم در ادامه تحصیل بوده اند تشکر و قدردانی نمایم.

از استاد راهنمای بزرگوارم جناب آقای دکتر حبیب اله بیگی، به پاس راهنمایی‌های بی دریغ علمی، کمک های ارزنده و محبت هایشان صمیمانه سپاسگذاری و قدردانی می نمایم.

از اساتید مشاور پایان نامه‌ام جناب آقای دکتر محمد حسن صالحی و دکتر جهانگرد محمدی به پاس راهنمایی‌های علمی و ارزنده شان کمال تشکر و قدر دانی دارم.

از اساتید محترم داور جناب آقای دکتر عباس کارگر و جناب آقای دکتر شجاع قربانی که زحمت بازخوانی پایان نامه را بر عهده داشتند تشکر می کنم.

از اساتید محترم گروه خاکشناسی آقایان دکتر بیگی، دکتر محمدی، دکتر صالحی، دکترکریمی، دکتر حسین پور و دکتر نادری که سعادت شاگردی در محضرشان را داشتم، کمال تشکر دارم.

از جناب آقای دکتر مجید اولیاء، مدیر محترم تحصیلات تکمیلی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد تشکر و سپاسگذاری می نمایم.

از کارشناسان محترم آزمایشگاه خاکشناسی، آقایان مهندس قاسمی، ابراهیمی، سرکار خانم ترنج و رجایی به خاطر همکاری‌های صمیمانه شان قدردانی می کنم.

در پایان از دوستان و همکلاسی‌های عزیزم آقایان، مهندس مهدی بحرینی، سید حسین میردهقان، قباد جلالی، الیاس سلطانی، حمید افشار، حمید رضا متقیان، محمود دیانی، رضا باقری، محسن حیدری، مصطفی صاعدی، علی راعی، مرتضی بهمنی، حسن علایی، محمد زمانیان و خانم ها طالبی‌زاده و شمسی که در مراحل درسی حامی و پشتیبان من بودند تشکر می نمایم.

مجتبی معماریان فرد

آبانماه ۱۳۸۷

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع
این پایان نامه متعلق به دانشگاه شهرکرد است.

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

مرواریدهای درخشنده دریای زندگیم

برادر و خواهرانم

یاران با محبت روزهای زندگی ام

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب

چکیده ..... هفت

فصل اول : مقدمه ۱

فصل دوم: کلیات و بررسی منابع ۵

۲-۱ ظرفیت تبادل کاتیونی خاک ۵

۲-۲ ایجاد بارهای الکتریکی در خاک ها ۶

۲-۲-۱ بارهای دائمی در خاک ۶

۲-۲-۲ بارهای الکتریکی وابسته به pH ۷

۲-۳ اهمیت ظرفیت تبادل کاتیونی ۸

۲-۴ عوامل موثر بر CEC ۸

۲-۵ اندازه گیری ظرفیت تبادل کاتیونی ۱۰

۲-۵-۱ عوامل موثر در ایجاد خطا در روش های متداول اندازه‌گیری CEC ۱۱

۲-۶ مدل و مدل سازی ۱۴

۲-۶-۱ طبقه بندی مدل ها ۱۴

۲-۷ توابع انتقالی خاک ۱۵

۲-۸ خصوصیات زودیافت خاک و دیریافت خاک ۱۵

۲-۹ ایجاد توابع انتقالی ۱۶

۲-۹-۱ روش رگرسیون چند متغیره ۱۶

۲-۹-۲ شبکه های عصبی مصنوعی ۱۶

۲-۱۰ مدل سازی یک نرون واحد ۱۷

۲-۱۱ شبکه عصبی مصنوعی پروسپترون ۱۹

۲-۱۱-۱ شبکه پرسپترون تک لایه ۲۲

۲-۱۱-۲ شبکه پرسپترون چند لایه ۲۲

۲-۱۲ توابع تحریک در شبکه های عصبی ۲۳

۲-۱۲-۱ تابع همانی(خطی) ۲۳

۲-۱۲-۲ تابع آستانه ۲۳

۲-۱۲-۳ تابع محرک سیگموئیدی ۲۴

۲-۱۳ قانون یادگیری دلتا ۲۶

۲-۱۴ آموزش در شبکه های عصبی مصنوعی ۲۶
۲-۱۴-۱ انواع روش های آموزش ۲۷
۲-۱۵ نرخ آموزش (ضریب یادگیری) و تاثیرآن بر سرعت یادگیری شبکه ۲۹
۲-۱۶ مومنتم وسرعت یادگیری ۲۹
۲-۱۷ اپک ۳۰
۲-۱۸ مزیت ها و معایب شبکه های عصبی ۳۰
۲-۱۹ برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی با استفاده ازروش های رگرسیونی ۳۱
۲-۲۰ استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی در علوم خاک ۳۴
۲-۲۰-۱ مروری بر تحقیقات در زمینه رطوبت خاک و بافت خاک ۳۴
۲-۲۰-۲ مروری بر تحقیقات در زمینه رابطه آب و خاک وگیاه ۴۰
۲-۲۰-۳ مروری بر تحقیقات در زمینه شیمی و حاصلخیزی خاک ۴۲
۲-۲۰-٤ مروری بر تحقیقات در زمینه آلودگی آب و خاک ۴۴
۲-۲۰-۵ مروری بر تحقیقات در زمینه ماده آلی و بیولوژی خاک ۴۵
۲-۲۰-۶ مروری بر تحقیقات در زمینه فرسایش و حفاظت خاک و آب ۴۶
فصل سوم: مواد و روش‌ها ۴۸
۳-۱ مشخصات عمومی منطقه مورد مطالعه ۴۸
۳-۱-۱دشت شهرکرد ۴۹
۳-۱-۲ دشت لردگان ۵۰
۳-۱-۳ دشت کوهرنگ ۵۱
۳-۲ روش نمونه برداری و آماده سازی نمونه ها ۵۲
۳-۳ ویژگی‌های اندازه گیری شده و نحوه اندازه‌گیری آنها ۵۲
۳-۳-۱ اندازه گیری بافت خاک ۵۲
۳-۳-۲ اندازه گیری ماده آلی خاک ۵۳
۳-۳-۳ اندازه گیریpH خاک ۵۴
۳-۳-۴ اندازه گیری درصد کربنات کلسیم معادل خاک ۵۴
۳-۳-۵ اندازه گیری درصد رطوبت اشباع (SP) ۵۴
۳-۳-۶ اندازه گیری ظرفیت تبادل کاتیونی خاک ۵۴
۳-۴ تجزیه و تحلیل داده ها و مراحل توسعه مدل شبکه عصبی ۵۵
۳-۴-۱ استاندارد سازی و تصادفی نمودن داده ها ۵۵
۳-۴-۲ تقسیم بندی داده ها ۵۶
۳-۴-۳ نوع شبکه و معیار طراحی ۵۶
۳-۴-۴ نحوه تعیین تعداد نرون های لایه پنهان ۵۷
۳-۴-۵ مرحله واسنجی شبکه های عصبی ۵۷
۳-۴-۶ ارزیابی عملکرد مدل ۵۷

فصل چهارم: نتایج و بحث ۵۹
۴-۱ توصیف آماری داده‌ها ۵۹
۴-۲ همبستگی بین خصوصیات خاک ۶۵
۴-۳ مدل‌سازی ظرفیت تبادل کاتیونی با استفاده از تکنیک رگرسیون گام به گام ۷۱
۴-۴ پیش بینی ظرفیت تبادل کاتیونی با استفاده از روش شبکه های عصبی مصنوعی ۷۳
۴-۴-۱ مدل ANN_1 ..... ۷۳
۴-۴-۲ مدل ANN_2 ..... ۷۷
۴-۴-۳ مدل ANN_3 ..... ۸۰
۴-۴-۴ مدل ANN_4 ..... ۸۳
۴-۴-۵ مدل ANN_5 ..... ۸۶
۴-۵ مقایسه‌ی مدل های بدست آمده با استفاده از شبکه های عصبی و رگرسیون ۸۹
۴-۶ آنالیز حساسیت ۹۴
۴-۷ نتیجه‌گیری ۱۰۲
۴-۸ پیشنهادات ۱۰۳
منابع ۱۰۴

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

فصل دوم: کلیات و بررسی منابع

جدول ۲-۱- وابستگی بارهای الکتریکی مواد آلی به pH خاک، در pH های مختلف..... ۷

جدول ۲-۲- ورودی های مورد استفاده در توسعه شبکه های عصبی توسط لاندراس و همکاران ۴۲

جدول ۲-۳- مقایسه مدل رگرسیونی وشبکه عصبی در پیش بینی پارامتر های معادله Michaelis-Menten..... ۴۴

فصل سوم: مواد و روش ها

جدول ۳-۱- زمان لازم برای نمونه برداری ذرات رس در این تحقیق ۵۳

فصل چهارم: بحث و نتایج

جدول ۴-۱- خلاصه آماری ویژگی های اندازه گیری شده برای کل نمونه های خاک..... ۶۱

جدول ۴-۲- خلاصه آماری ویژگی های اندازه گیری شده برای دشت لردگان ۶۲

جدول ۴-۳- خلاصه آماری ویژگی های اندازه گیری شده برای دشت کوهرنگ ۶۳

جدول ۴-۴- خلاصه آماری ویژگی های اندازه گیری شده برای دشت شهرکرد..... ۶۴

جدول ۴-۵- ماتریس همبستگی پیرسون بین ویژگی های اندازه گیری شده خاک برای کل نمونه ها..... ۶۶

جدول ۴-۶- ماتریس همبستگی پیرسون بین ویژگی های اندازه گیری شده خاک برای دشت لردگان..... ۶۷

جدول ۴-۷- ماتریس همبستگی پیرسون بین ویژگی های اندازه گیری شده خاک برای دشت کوهرنگ ۶۸

جدول ۴-۸- ماتریس همبستگی پیرسون بین ویژگی های اتدازه گیری شده خاک برای دشت شهرکرد..... ۶۹

جدول ۴-۹- توابع بدست آمده از رگرسیون گام به گام پس رونده برای کل نمونه ها و هر سه دشت ۷۲

جدول ۴-۱۰- خصوصیات مدل شبکه عصبی ANN_1 برای کل نمونه ها وهر سه دشت..... ۷۴

جدول ۴-۱۱- خصوصیات مدل شبکه عصبی ANN_2 برای کل نمونه ها وهر سه دشت..... ۷۷

جدول ۴-۱۲- خصوصیات مدل شبکه عصبی ANN_3 برای کل نمونه ها وهر سه دشت..... ۸۰

جدول ۴-۱۳- خصوصیات مدل شبکه عصبی ANN_4 برای کل نمونه ها وهر سه دشت..... ۸۳

جدول ۴-۱۴- خصوصیات مدل شبکه عصبی ANN_5 برای کل نمونه ها وهر سه دشت..... ۸۶

جدول ۴-۱۵- نتایج آزمون مدل های شبکه عصبی و رگرسیونی برای کل نمونه های خاک و هر سه دشت ۹۰

جدول ۴-۱۶- نتایج آنالیز حساسیت نسبت به متغیرهای ورودی بر تخمین CEC در کل نمونه ها..... ۹۵

جدول ۴-۱۷- نتایج آنالیز حساسیت نسبت به متغیر های ورودی بر تخمین CEC در دشت لردگان..... ۹۶

جدول ۴-۱۸- نتایج آنالیز حساسیت نسبت به متغیر های ورودی بر تخمین CEC در دشت کوهرنگ..... ۹۷

جدول ۴-۱۹- نتایج آنالیز حساسیت نسبت به متغیر های ورودی برتخمین CEC در دشت شهرکرد..... ۹۸

جدول ۴-۲۰- مدل های شبکه عصبی برگزیده برای سه دشت مهم چهار محال و بختیاری ۱۰۱

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

فصل دوم: کلیات و بررسی منابع

شکل ۲-۱- ساختار یک نرون مصنوعی ۲۱
شکل ۲-۲- ساختار یک شبکه عصبی پرسپترون چند لایه..... ..... ۲۲
شکل ۲-۳- تابع تحریک لاجیستیک ۲۵
شکل ۲-۴- تابع تحریک تانژانت هایپربولیک ۲۵

فصل سوم: مواد وروش ها

شکل ۳-۱- موقعیت استان چهارمحال و بختیاری وپنج شهرستان آن در نقشه ایران ۴۸
شکل ۳-۲- توزیع نقاط نمونه برداری در دشت شهرکرد ۴۹
شکل ۳-۳- توزیع نقاط نمونه برداری در دشت خان میرزای لردگان ۵۰
شکل ۳-۴- توزیع نقاط نمونه برداری در دشت کوهرنگ ۵۱

فصل چهارم: بحث و نتایج

شکل ۴-۱-نمودارها وروابط رگرسیونی بین مقادیر اندازه گیری شده و پیش بینی شده CEC با استفاده
از مدل شبکه عصبی ANN_1 ..... ۷۵
شکل ۴-۲- نمودار مقدار خطا در مقابل تعداد نرون به منظور تعیین تعداد نرون مناسب در لایه پنهان
بااستفاده از مدل شبکه عصبی ANN_1 ..... ۷۶
شکل ۴-۳- نمودارها وروابط رگرسیونی بین مقادیر اندازه گیری شده و پیش بینی شده CEC با
استفاده از مدل شبکه عصبی ANN_2 ..... ۷۸
شکل ۴-۴- نمودار مقدار خطا در مقابل تعداد نرون به منظور تعیین تعداد نرون مناسب در لایه پنهان
بااستفاده از مدل شبکه عصبی ANN_2 ..... ۷۹
شکل ۴-۵- نمودارها وروابط رگرسیونی بین مقادیر اندازه گیری شده و پیش بینی شده CEC با
استفاده از مدل شبکه عصبیANN_3 ..... ۸۱
شکل ۴-۶- شکل۴-۶ نمودار مقدار خطا در مقابل تعداد نرون به منظور تعیین تعداد نرون مناسب
در لایه پنهان بااستفاده از مدل شبکه عصبی ANN_3..... ۸۲
شکل ۴-۷- نمودارها و روابط رگرسیونی بین مقادیر اندازه گیری شده و پیش بینی شده CEC با
استفاده از مدل شبکه عصبی ANN_4 ..... ۸۴
شکل ۴-۸- نمودار مقدار خطا در مقابل تعداد نرون به منظور تعیین تعداد نرون مناسب در لایه پنهان
بااستفاده از مدل شبکه عصبی ANN_4 ..... ۸۵
شکل ۴-۹- نمودارها و روابط رگرسیونی بین مقادیر اندازه گیری شده و پیش بینی شده CEC با

استفاده از مدل شبکه عصبی ANN_5 ..... ۸۷
شکل ۴-۱۰- نمودار مقدار خطا در مقابل تعداد نرون به منظور تعیین تعداد نرون مناسب در لایه پنهان
بااستفاده از مدل شبکه عصبی ANN_5 ..... ۸۸

چکیده

ظرفیت تبادل کاتیونی(CEC) یکی از مهمترین ویژگی های خاک در ارتباط با مواد غذایی، نگهداری آب در خاک، و مدیریت آلودگی خاک می باشد. از آنجایی که روش های اندازه گیری CEC مشکل وهزینه بر است، بخصوص زمانی که تعداد زیادی نمونه مد نظر باشد، معمولاً از این اندازه گیری ها صرف نظر می شود. بدین منظور ایجاد مدل هایی که بتوانند ظرفیت تبادل کاتیونی را با استفاده از خصوصیات ساده و قابل دسترس خاک تخمین بزنند هم از لحاظ اقتصادی و هم از لحاظ سادگی و صرف وقت مقرون به صرفه است.

هدف از این تحقیق تهیه مدل های انتقالی تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک در سه دشت مهم استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی و مقایسه آن با روش رگرسیونی بود. در این تحقیق تعداد ۲۰۰ نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی متری و به طور تصادفی از سه دشت خان میرزای لردگان، شهرکرد و کوهرنگ جمع آوری شد. مواد آلی ،درصد شن،رس کل، رس ریز، کربنات کلسیم معادل، درصد رطوبت اشباع، pH و CEC در این نمونه ها اندازه گیری شدند. داده ها به سه دسته تقسیم شدند: ۶۰ درصد از داده ها برای آموزش شبکه،۲۰ درصد به منظور صحت سنجی شبکه و ۲۰ درصد برای آزمون مورد استفاده قرار گرفت. تجزیه و تحلیل آماری و مدلسازی رگرسیونی توسط نرم افزار STATISTICA 6.0 و مدلسازی شبکه عصبی با استفاده از نرم افزارNeural work pro II plus انجام گرفت.

نتایج نشان داد هنگامی که از همه ۲۰۰ نمونه خاک (بدون تفکیک به دشت) برای مدلسازی استفاده شد مدل شبکه عصبی که در آن از سه ورودی ماده آلی، رس و درصد رطوبت اشباع استفاده شده بود بهترین پیش بینی را با R^2=۰/۶۹ و RMSE =۳/۸۲ سانتی مول بر کیلوگرم نشان داد. در دشت لردگان مدل شبکه عصبی که از ماده آلی، رس، درصد رطوبت اشباع و کربنات کلسیم معادل در آن به عنوان ورودی استفاده شده بود با R^2= ۰/۹۱ و RMSE=۲/۸۳ سانتی مول بر کیلوگرم بهترین مدل برای پیش بینی CEC است. در دشت شهرکرد مدلی که در آن از ماده آلی، رس، شن و درصد رطوبت اشباع به عنوان ورودی استفاده شده بود بهترین مدل پیش بینی کننده بود. در دشت کوهرنگ هنگامی که از همه ویژگی ها به استثناء pH به عنوان ورودی استفاده شد بهترین نتیجه با R^2= ۰/۶۹ و RMSE=۳/۰۱ بدست آمد.

مقایسه مدل های شبکه عصبی با مدل های رگرسیونی گام به گام نشان داد که مدل های شبکه عصبی توانایی بیشتری در پیش بینی CEC در هر سه دشت از خود نشان دادند. برای کل نمونه ها، R^2 مدل شبکه عصبی ۱۷ درصد بیشتر و RMSE آن ۱/۵ سانتی مول بر کیلوگرم کمتراز مدل رگرسیونی بود.

کلمات کلیدی: چهارمحال و بختیاری، شبکه های عصبی مصنوعی، ظرفیت تبادل کاتیونی ، مدل سازی

فصل اول
مقدمه

ظرفیت تبادل کاتیونی[1]، مجموع اکی والان کاتیون‌های تبادلی است که یک خاک می‌تواند در یک pH خاص نگهداری کند. ظرفیت تبادل کاتیونی یکی از مهمترین ویژگی‌های خاک در ارتباط با مواد غذایی، نگهداری آب در خاک، مدیریت آلودگی خاک و همچنین شاخص خوبی برای کیفیت و بهره وری خاک می‌باشد. این ویژگی معرف مکان‌های موجود در سطوح خاک برای نگهداری کاتیون‌ها بوسیله نیروهای الکترواستاتیک و قابلیت رهاسازی آنها برای جذب توسط گیاه می باشد. مقدار ظرفیت تبادل کاتیونی بسته به نوع و شرایط خاک متغیر است. رس‌ها و مواد آلی خاک به علت سطح ویژه زیاد و باردار بودن نقش مهمی در CEC دارند و با افزایش مقدار رس و مواد آلی خاک مقدار CEC افزایش می یابد.

با توجه به اهمیت ونقش این ویژگی خاک، اندازه گیری آن در بسیاری از موارد ضروری به نظر می‌رسد ولی از آن جایی که روش‌های اندازه گیری آن مشکل، بسیار وقت گیر و هزینه بر می باشد معمولاً از اندازه گیری آن به ویژه زمانی که تعداد زیادی نمونه برای منطقه وسیعی مد نظر باشد صرف نظر می شود (مانریکیو وهمکاران ، ۱۹۹۱). بدین منظور ایجاد مدل‌هایی که بتوانند ظرفیت تبادل کاتیونی را با استفاده از خصوصیات ساده و قابل دسترس خاک تخمین بزنند هم از لحاظ اقتصادی وهم از لحاظ سادگی و صرف وقت مقرون به صرفه است.

---

1 -Cation Exchange Capacity

در مورد مشخصاتی که اندازه گیری مستقیم آنها مشکل و پرهزینه می باشد، تجزیه اطلاعات موجود به نحوی که منجر به برآورد آنها از داده های زود یافت گردد راهی آسان و به صرفه خواهد بود.

روش اخیر یا روش غیر مستقیم اندازه‌گیری ویژگی های خاک، توابع انتقالی[1] خاک نامگذاری شده است (بوما و وان کولن، ۱۹۸۷). توابع انتقالی خاک، توابعی هستند که خصوصیات دیر یافت خاک مانند CEC را به خصوصیات زودیافت خاک مانند فراوانی نسبی ذرات، درصد کربنات کلسیم و درصد کربن آلی ارتباط می‌دهند. دستاورد های جدید در توابع انتقالی استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی[2] (ANNs) است. شبکه‌های عصبی مصنوعی روشی هوشمند برای پردازش داده هاست که در سال‌های اخیر و بطور موفقیت آمیزی در پیش بینی بسیاری از خصوصیات خاک توسط محققین مختلف از جمله اسخاپ و بوتن (۱۹۹۶)، لوین وهمکاران (۱۹۹۶)، رزا وهمکاران (۱۹۹۹)، کوکک و بولتینک (۱۹۹۹)، امینی وهمکاران(۲۰۰۵) و سونیل وهمکاران(۲۰۰۸) مورد استفاده قرار گرفته است.

از مطالعه نتایج بدست آمده در تحقیقات گوناگون این گونه برداشت می‌شود که شبکه‌های عصبی در تخمین خصوصیات خاک دقیق تر از رگرسیون عمل می‌کنند(امینی وهمکاران،۲۰۰۵ و سونیل وهمکاران، ۲۰۰۸). شبکه‌های عصبی مصنوعی بدلیل مدل‌سازی ساختار تحلیل اطلاعات توسط مغز، قدرت تعمیم دهی، توانایی آموزش ویادگیری وعدم نیاز به یک مدل ریاضی از پیش تعیین شده و ساختار تبدیل غیر خطی داده ها می‌توانند روابط پارامترهای ورودی وخروجی را درک کنند و خروجی مطلوب را تخمین بزنند (میناسنی ومک بارتنی، ۲۰۰۲). شبکه‌های عصبی به عنوان سیستم های یادگیر، دارای این توانایی هستند که از گذشته و تجربه محیط بیاموزند و رفتار خود را در حین یادگیری بهبود بخشند. یکی از مهمترین کاربردها و توانایی‌های شبکه‌های مصنوعی این است که می توان پس از محقق شدن فرایند یادگیری، با اعمال ورودی‌های جدید به شبکه، خروجی مناسب را با دقت مناسب دریافت کرد. اگر رابطه ورودی- خروجی محاسبه شده توسط شبکه برای الگویی که در پروسه یادگیری به شبکه ارائه نشده است صحیح عمل کند، شبکه از توانایی تعمیم پذیری خوبی برخوردار خواهد بود (هاگان و همکاران، ۱۹۹۶).

گسترش مراکزصنعتی از یک سو و کاربرد برخی کودها همچون لجن فاضلاب از سوی دیگر، سطح بزرگی از اراضی کشور را در معرض آلودگی به فلزات سنگین و دیگر آلاینده های کاتیونی قرار داده است. ارزیابی خطرات زیست محیطی آنها، آگاهی از برخی از ویژگی های کلیدی مانند CEC را اجتناب ناپذیر می سازد.

---

1 - Pedotransfer function
2 - Artifical Neural Networks

بنابر این در مورد مشخصاتی از خاک که اندازه گیری مستقیم آن ها مشکل، وقت گیر و پرهزینه باشد تجزیه اطلاعات موجود به نحوی که منجر به برآورد آن‌ها از داده های اندازه‌گیری شده موجود شود، راهی آسان و به صرفه خواهد بود. در این راستا استفاده از روش‌هایی مانند شبکه های عصبی مصنوعی که قادرند با استفاده از پارامترهای زود یافت خاک پارامترهای دیریافت خاک را تخمین بزنند سودمند خواهد بود.

چنانچه از بررسی منابع بر می‌آید در استان چهارمحال و بختیاری تحقیقات بسیار کمی جهت تخمین CEC از خصوصیات زودیافت خاک با استفاده از توابع انتقالی انجام شده است. تنها تحقیق انجام گرفته در زمینه پیش بینی CEC، توسعه توابع انتقالی در دو واحد نقشه همگن خاک در دوسری غالب خاک در شهرستان شهرکرد بوده (مهاجر،۱۳۸۶) و هیچ گونه تحقیق دیگری جهت پیش بینی CEC وتوسعه مدل‌هایی که بتوانند ظرفیت تبادل کاتیونی دشت های مهم استان را تخمین بزنند انجام نگرفته است. همچنین تاکنون توابع انتقالی رگرسیونی جهت تخمین CEC مورد توجه محققین قرار گرفته و تحقیقات بسیار کمی در این زمینه با استفاده از شبکه های عصبی انجام گرفته است. بنابراین از آنجایی که مدل‌های شبکه عصبی نسبتاً جدید بوده و بدلیل کمبود تحقیق در زمینه CEC، لازم به نظر می‌رسد تا تحقیقات بیشتری در این زمینه با استفاده از شبکه های عصبی و مقایسه نتایج آن‌ها با روش های رگرسیونی صورت گیرد. هدف از این پژوهش پیش بینی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک های سه دشت خان میرزا در لردگان، کوهرنگ و شهرکرد که از دشت های مهم استان چهارمحال و بختیاری هستند، با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی می باشد.

اهداف اصلی این پایان نامه عبارتند از:

۱- تعیین کارآمدی شبکه های عصبی مصنوعی در برآورد ظرفیت تبادل کاتیونی خاک درسه دشت مهم استان چهارمحال و بختیاری

۲- تخمین ظرفیت تبادل کاتیونی خاک های سه دشت مهم استان چهارمحال و بختیاری با استفاده از خواص زود یافت خاک

۳- مقایسه مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیونی در پیش بینی ظرفیت تبادل کاتیونی سه دشت استان چهارمحال و بختیاری

این پایان نامه در چهار فصل تنظیم شده است. فصل دوم این پایان نامه ابتدا به معرفی ظرفیت تبادل کاتیونی، عوامل مؤثر بر آن، اهمیت آن در خاکشناسی، روش های اندازه‌گیری آن و منابع خطای متداول در اندازه‌گیری آن می پردازد. در مرحله بعد مدل و مدل سازی تعریف گردید و توابع انتقالی رگرسیونی و بخصوص شبکه های

عصبی به طور مفصل تشریح شد. در انتهای این فصل تحقیقات انجام گرفته با استفاده از مدل های رگرسیونی در پیش بینی ظرفیت تبادل کاتیونی و تحقیقات انجام گرفته با استفاده از شبکه های عصبی در شاخه های مختلف علوم خاک بررسی گردید. فصل سوم شامل مواد و روش‌هاست که در آن منطقه مورد مطالعه، نحوه نمونه برداری و روش های اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک، مراحل توسعه مدل‌های شبکه عصبی و آماره های مورد استفاده در ارزیابی عملکرد مدل های شبکه عصبی و رگرسیونی شرح داده می شود. فصل چهارم شامل نتایج و بحث، نتیجه گیری کلی و پیشنهادات برای تحقیقات بیشتر است. در این فصل ابتدا به توصیف آماری داده‌ها پرداخته است. در مرحله بعد به منظور پیش بینی ظرفیت تبادل کاتیونی با استفاده از خصوصیات اندازه‌گیری شده ابتدا برای کل نمونه ها و هر دشت به طور جداگانه مدل رگرسیونی منتخب از طریق روش رگرسیونی گام به گام پیش رونده بدست آمد. سپس ۵ مدل شبکه عصبی ANN_1 تا ANN_5 برای هر دشت و کل نمونه ها توسعه داده شد. در بین این مدل ها در مدل ANN_5 از ورودی های منتخب در مدل رگرسیونی گام به گام استفاده شد. سپس ازبین مدل های توسعه داده شده بهترین مدل برای هر دشت و کل نمونه ها انتخاب و معرفی گردید و با مدل رگرسیونی مقایسه گردید. در انتها با انجام آنالیز حساسیت مدل های منتخب ساده تر شده و با حذف هر کدام از ویژگی ها از مدل تأثیرآن‌ها بر روی CEC بررسی گردید.

فصل دوم
کلیات و بررسی منابع

۲-۱ ظرفیت تبادل کاتیونی خاک

هر خاک با توجه به اجزاء معدنی وآلی خود دارای یک ظرفیت برای نگهداری کاتیون‌ها به شکل قابل تبادل است. ظرفیت تبادل کاتیونی مجموع مقدارکاتیون تبادلی است‌که در یک pH مشخص در واحد وزن خاک نگه‌داشته می شود (سیبولد و همکاران، ۲۰۰۵). ظرفیت تبادل کاتیونی به تعداد بارهای منفی روی سطح رس و مواد آلی اشاره می کند. ظرفیت یک خاک برای نگهداری کاتیون ها را ظرفیت تبادل کاتیونی آن خاک می گویند (پوریل و همکاران، ۱۹۹۹) و بر حسب سانتی مول بار الکتریکی بر کیلوگرم خاک بیان می‌کنند.

ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) از مهمترین ویژگی‌های خاک بوده و توانایی خاک را برای نگهداری آب و مواد غذایی نشان می‌دهد و شاخص خوبی برای کیفیت و بهره وری خاک[1] می‌باشد. این ویژگی معرف مکان های موجود در سطوح ذرات خاک برای نگهداری موقت کاتیون‌ها بوسیله نیرو های الکترواستاتیک و قابلیت ذخیره آن‌ها برای جذب توسط گیاه می باشد (میرخانی و همکاران، ۱۳۸٤). ظرفیت تبادل کاتیونی ممکن است در طول زمان دستخوش تغییر گشته و از طریق فرایند های اسیدی شدن و تجزیه مواد آلی کاهش یابد. محدوده CEC در خاک ها از کمتر از ۱ سانتی مول بر کیلوگرم (خاک های شنی با مواد آلی پایین) تا بیش از ۲۵ سانتی مول بر کیلوگرم (خاک های با رس زیاد و موادآلی بالا) متغیر است (میرخانی و همکاران، ۱۳۸٤).

1-Soil quality and productivity

۲-۲ ایجاد بارهای الکتریکی در خاکها

دو خصوصیت که دارای بیشترین اثر در فعالیت ذرات کلوئیدی خاک هستند، سطح ویژه و بار آنهاست. سطح ویژه تابع مستقیم اندازه و شکل ذرات است. قسمت اعظم سطح ویژه در خاک مربوط به ذرات رس و مواد آلی است. بار الکتریکی در خاک نیز قویاً مربوط به همین دو جزء بخش جامد خاک می باشد، اگر چه ذرات شن و سیلت در صورت وجود ورمی‌کولایت درشت ممکن است مقدار کمی به بار الکتریکی خاک کمک کنند. سطح ویژه کلوئید های خاک بین۱۰ (متر مربع بر گرم)برای رس‌هایی که تنها دارای سطوح خارجی هستند و تا۸۰۰ (متر مربع بر گرم) برای رس هایی‌که دارای سطوح داخلی نیز می باشند متغیر است.

جایگزینی همشکلی و یونیزه شدن گروه‌های عامل در سطح مواد آلی و رس‌ها دو عامل ایجاد پیدایش بارهای الکتریکی در خاک‌ها هستند (هاینس و نایدو، ۱۹۹۸؛ مجللی، ۱۳٦٦). این دو مکانیزم باعث ایجاد بارهای دائمی و وابسته به pH در خاک می‌شوند. ظرفیت تبادلی مواد معدنی خاک نتیجه ی بار وابسته به pH خاک و بارهای دائمی در خاک است. در حالی که‌بار موادآلی خاک به شدت وابسته به pH است. در هر خاک مشخص، تعداد مکان های تبادلی وابسته به pH خاک، نوع، اندازه ومقدار رس و مقدار و منبع مواد آلی می باشد (پارفیت و همکاران، ۱۹۹۵).

۲-۲-۱ بارهای دائمی در خاک[1]

یکی از منشأ بارهای منفی در خاک جایگزینی همشکلی در لایه‌های رس‌ها به ویژه رس-های ۲:۱ و۲:۱:۱ است. به طورکلی بار منفی رس‌ها حاصل جانشینی همشکلی یک یون با یک بارکمتر به جای کاتیون با یک بار بیشتر است. نمونه‌ای ازجانشینی همشکل، جایگزینی یون سه ظرفیتی آلومینیم(Al^{+3}) به جای یون چهار ظرفیتی سیلیسیوم (Si^{4+}) در لایه چهاروجهی است که اغلب در کانی‌هایی مانند میکا، ورمی‌کولایت و حتی اسمکتایت ها انجام می گیرد.

تان و دولینگ(۱۹۸٤) CEC مربوط به بارهای دائمی (CEC_p) را از CEC وابسته به pH که مربوط به مواد آلی و برخی از کانی های رسی است جدا کردند. آنها پنج خاک مختلف با مقادیر متفاوت رس و ماده آلی با pH ۵/۳ تا ۷/۹۵ حاوی کائولینایت، ورمیکولایت، ایلایت و مونتموریلونایت انتخاب نمودند. نتایج آنها نشان دادکه کمترین CEC_p مربوط به خاک حاوی کائولینایت با مقدار ماده آلی کم و بیشترین آن مربوط به خاک دارای مونت موریلونایت می باشد.

1-Permanent charges

۲-۲-۲ بارهای الکتریکی وابسته به pH[1]

مجموع بارهای الکتریکی ذرات خاک عموماً با تغییرpH خاک تغییر می‌کند. بارهای الکتریکی مثبت در pH پایین و بارهای الکتریکی منفی در pH بالا تشکیل می‌شود. در این صورت مجموع بارهائی‌که با تغییرpH بوجود می‌آیند را بارهای وابسته به pH می‌گویند. بار متغیرخاک‌ها با تغییر در ترکیبات یونی محلول تغییر می‌کند (بولان و همکاران، ۱۹۹۹).

میزان نسبی بارهای دائم و وابسته به pH در هر خاک مربوط به ترکیب کلوئیدهای خاک و غلظت و نوع یون هایی است که خاک در آن تشکیل شده است. بیشتر خاک ها از جمله خاک‌های ایران به علت بارهای منفی دائمی کانی‌های سیلیکاتی مجموعاً دارای بار منفی خالص می‌باشند. با افزایش pH بارهای منفی بر رس‌های سیلیکاته ۱:۱، آلوفان‌ها، هوموس و حتی اکسیدهای آهن و آلومینیم افزایش یافته و در پی آن CEC افزایش می یابد (مجللی،۱۳٦٦).

وجودمقادیرکم مواد آلی می تواند اثرهای محسوس و قابل توجهی بر روی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک ها در pH های مختلف بگذارد. هلینگ وهمکاران(۱۹٦٤) شصت نوع خاک ایالت ویسکانسین را که pH آنها از ۲/۵ تا ۸ متفاوت بودند مورد بررسی قرار دادند. نتایج جدول دلالت بر وابستگی بارهای الکتریکی مواد آلی به pH خاک، حتی در pH های پایین دارد. نتایج نشان داد که ظرفیت تبادل کاتیونی مواد آلی و سیلیکات‌های ورقه ای با افزایش pH خاک زیاد می‌شود اما افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی جزءآلی در هر حال به مراتب بیشتر از سیلیکات‌های ورقه‌ای است(جدول ۲-۱).

جدول ۲-۱ وابستگی بارهای الکتریکی مواد آلی به pH خاک، در pH های مختلف(مجللی،۱۳٦٦).

ظرفیت تبادل کاتیونی بر حسب(cmol+/kg)			
کل خاک	سیلیکاتهای ورقه ای	مواد آلی	*pH*
۵/۸	۳۸	۳٦	۲/۵
۷/۵	٤٦	۷۳	۳/۵
۹/۷	٥٤	۱۲۷	۵/۰
۱۰/۸	٥٦	۱۳۱	٦/۰
۱۲/۳	٦۰	۱٦۳	۷/۰
۱٤/۸	٦٤	۲۱۳	۸/۰

1-PH-Dependent charge