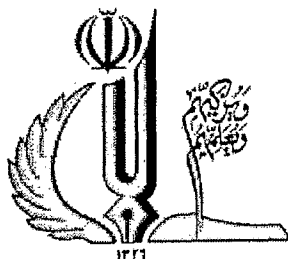


1276

۸۷/۱۱/۵۹۰۲۸
۸۷/۱۱/۲۷



دانشگاه تبریز

دانشکده کشاورزی

گروه خاکشناسی

رساله

برای دریافت درجه دکتری (Ph.D.) در رشته خاکشناسی

ایجاد توابع انتقالی برای پیش بینی منحنی رطوبتی از طریق شبکه های عصبی

مصنوعی (ANNs) و مدیریت گروهی داده ها (GMDH) با استفاده از پارامترهای فراکتالی و تجزیه

به مؤلفه های اصلی

اساتید راهنما

دکتر کورش محمدی

دکتر محمد رضا نیشابوری

اساتید مشاور

دکتر مهدی ایران نژاد

دکتر نادر نریمان زاده

دکتر علی اکبر محبوبی

پژوهشگر

حسین بیات

شماره رساله: ۲

دی ماه ۱۳۸۷

۱۳۸۷ / ۱۱ / ۱۵

ادوات و کتابخانه
کتابخانه مرکزی

۱۰۹۶۷۳

تقدیم به:

روح بلند پدرم، که اولین استاد زندگی ام بود

اسوه ایثار، مادر دلسوز و فداکارم

خواهر و برادرانم که حضور سبزشان قامتم را تکیه گاه بود

و

همسر مهربانم که با صبر و بردباری خود یاریم نمود

باسمه تعالی

سپاس و ستایش خداوند بی همتایی را که کارساز درماندگان است و چاره ساز بیچارگان، فریادرس دل‌های هراسان است و ایمنی بخش نگهبان اوست که نعمتهای بیکران خود را بر من هدیه کرد، در تمامی لحظات یاور و رهنمایم بود و در تمامی خلوت‌هایم به او پناه برده‌ام.

از مادر دلسوز و فداکارم که سالها زحمات ما را تحمل نموده و نگاه پرمهر و دعای خیرش بدرقه‌ی راهم بود صمیمانه تشکر می‌کنم. از خواهر و برادرانم که حضور سبزشان تکیه‌گاهم بود سپاسگذاری می‌نمایم.

از همسر مهربانم که در این راه کمک‌های فراوانی به من نمود و همچنین از خانواده‌ی ایشان که برای حضور در این جلسه، مسافت طولانی را طی نموده‌اند کمال تشکر را دارم.

از استاد راهنمای گرامی ام‌آقای دکتر نیشابوری که به حق، استادی نمونه بوده و علاوه بر راهنمایی‌های ارزنده علمی، استاد اخلاق و زندگی برایم بودند صمیمانه سپاسگذاری می‌نمایم و خدا را شاکرم که افتخار شاگردیش نصیبم گردید.

از آقای دکتر محمدی از دانشگاه تربیت مدرس جهت راهنمایی‌های مفید و ارزشمندشان تشکر می‌نمایم. از آقایان دکتر محبوبی از دانشگاه بوعلی سینا، دکتر نریمان زاده از دانشگاه گیلان و دکتر ایران نژاد از دانشگاه صنعتی امیرکبیر که در انجام این تحقیق راهنمایی‌ام نمودند قدردانی می‌نمایم.

از آقایان دکتر شرفا از دانشگاه تهران، دکتر حاج عباسی از دانشگاه صنعتی اصفهان، دکتر مقدم و دکتر فاخری از دانشگاه تبریز که زحمت داوری پایان‌نامه را تقبل نمودند تقدیر و تشکر می‌نمایم.

از آقای دکتر زهتاب سلماسی نماینده محترم تحصیلات تکمیلی و آقای دکتر علی اصغرزاده مدیر محترم گروه خاکشناسی و نیز دیگر اساتید محترم گروه، آقایان دکتر جعفرزاده، دکتر اوستان، دکتر نجفی و دکتر ریحانی سپاسگذاری می نمایم.

از تمامی اساتیدی که در هر سه مقطع کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری، از محضران کسب فیض نمودم تشکر می نمایم.

از دوستان گرامی ام، آقای مهندس یعقوبی جهت کمک های فراوانشان در انجام این تحقیق و آقای بیات که زحمت مسافرت از همدان را تحمل نموده اند تشکر می نمایم.

از خانم مهندس دره قاعدی و خانم مهندس میرکی به خاطر کمک هایی که در انجام این تحقیق نمودند قدر دانی می نمایم.

از آقایان مهندس عمارت پرداز، مهندس لطف الهی، خانم عاصفی، مهندس بیرامی، مهندس رضائی، مهندس زالی، مهندس آفریدون، مهندس ثروتی، مهندس رحمتی و همکلاسی هایم آقایان دواتگر، احمدی و اصغری سپاسگذاری می نمایم. از آقای عزتی، مسئول محترم خوابگاه قدردانی می نمایم.

از تمامی سرورانی که به هر نحو در انجام این تحقیق یاری ام رساندند و تمامی عزیزانی که در این جلسه حضور دارند سپاسگذاری می نمایم.

نام: حسین	نام خانوادگی: بیات
<p>عنوان پایان نامه: ایجاد توابع انتقالی برای پیش بینی منحنی رطوبتی از طریق شبکه های عصبی مصنوعی (ANNs) و مدیریت گروهی داده ها (GMDH) با استفاده از پارامترهای فراکتالی و تجزیه به مؤلفه های اصلی</p>	
اساتید راهنما: دکتر محمد رضا نیشابوری و دکتر کورش محمدی	
اساتید مشاور: دکتر علی اکبر محبوبی، دکتر نادر نریمان زاده و دکتر مهدی ایران نژاد	
مقطع تحصیلی: دکتری	رشته: خاکشناسی
گرایش: فیزیک و حفاظت خاک	دانشگاه: تبریز
دانشکده: کشاورزی	تاریخ فارغ التحصیلی: دی ماه ۱۳۸۷
تعداد صفحه: ۲۷۴	
<p>کلمات کلیدی: توابع انتقالی، بعد فراکتالی، شبکه های عصبی مصنوعی و روش چند هدفی مدیریت گروهی داده ها</p>	
<p>چکیده: ویژگی های هیدرولیکی خاک برای مدلسازی حرکت آب و مواد در خاک غیر اشباع مورد نیاز می باشند. به دلیل تغییر پذیری بالا و پیچیدگی خاک به دست آوردن آنها بطور مستقیم مشکل، وقت گیر و پرهزینه است. به همین دلیل این ویژگیها با روش های غیر مستقیم تخمین زده شده و نتایج ضد و نقیضی در مورد دقت و قابلیت اعتماد آنها گزارش شده است. در این تحقیق تعداد ۱۴۸ نمونه خاک دست خورده و دست نخورده از دو استان همدان و گیلان تهیه و متغیرهای توزیع اندازه ذرات خاک (PSD)، جرم مخصوص ظاهری (BD)، تخلخل کل (TP)، هدایت هیدرولیکی اشباع (K_s)، رطوبت در مکش های ۱۰، ۵، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ کیلو پاسکال، میانگین وزنی قطر خاکدانه ها (MWD)، شاخص مخروطی (CI)، منافذ درشت (Mp)، منافذ ریز (Mip)، مقدار ماده آلی و جرم مخصوص ظاهری خاکدانه ها اندازه گیری گردید. میانگین هندسی قطر خاکدانه ها (d_g)، انحراف استاندارد هندسی قطر خاکدانه ها (S_g) و پارامترهای فراکتالی برای توزیع اندازه ذرات خاک و خاکدانه ها هر کدام با سه مدل محاسبه شدند. تجزیه به مؤلفه های اصلی (PCA) بر روی ۳۳ متغیر اولیه شامل پارامترهای</p>	

فراکتالی و متغیر های اندازه گیری شده انجام شد و هشت مؤلفه اصلی (PCs) انتخاب گردید. متغیرهای اولیه و PC ها برای پیش بینی ویژگی های هیدرولیکی خاک با دو روش شبکه های عصبی مصنوعی (ANNs) و روش چند هدفی مدیریت گروهی داده‌ها (mGMDH) بکار گرفته شد. میزان دقت هر کدام از این روش ها در هر مرحله پس از افزودن گام به گام متغیرها به عنوان ورودی به تنهایی و با همدیگر مقایسه گردید. سه مدل فراکتالی توزیع اندازه ذرات خاک (PSD) و توزیع اندازه خاکدانه ها (ASD) تفاوت معنی داری را از نظر دقت مدلسازی ذرات خاک و خاکدانه ها نشان دادند. بنابراین برای مدلسازی PSD و ASD بهتر است که دقیق ترین این مدل ها بکار برده شود. اطلاعات جزئی تر بافت خاک فقط در برخی موارد دقت PTF های نقطه ای را افزایش داد و تاثیر معنی داری بر قابلیت اعتماد مدل ها نداشتند. پارامتر های فراکتالی PSD (PSDFP) دقت و قابلیت اعتماد توابع نقطه ای و پارامتریک را افزایش دادند. پارامتر های فراکتالی ASD (ASDFP) موجب افزایش دقت و قابلیت اعتماد تخمین α_{van} با روش mGMDH گردیدند ولی در بقیه PTF ها بدلیل همبستگی ASDFP و PSDFP بهبودی را ایجاد نکردند. CI دقت و قابلیت اعتماد توابع نقطه ای را بهبود داد، هر چند که اثر آن در روش mGMDH کاهش یافت. روش mGMDH تاثیر $MWD-\log K_s-OM$ بر روی منحنی رطوبتی را با وضوح بیشتری نشان داد. استفاده از PC ها دقت و قابلیت اعتماد تخمین ها را بویژه با روش ANNس افزایش داد. بنابراین PCA را می توان به عنوان فرایند تکمیل کننده تخمین منحنی رطوبتی معرفی کرد. روش mGMDH توابعی با قابلیت اعتماد بیشتر نسبت به روش ANNس ایجاد کرد. استفاده از پارامتر های فراکتالی PSD, ASD و PC ها در تخمین منحنی رطوبتی مفید بوده و افزایش هوشمندی روش mGMDH نسبت به ANNس باعث ایجاد PTF هایی با خطای کمتر گردید.

فهرست مطالب

۱- فصل اول: مقدمه و بررسی منابع	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲- بررسی منابع	۵
۱-۲-۱- توابع انتقالی	۵
۱-۲-۲- مقاومت به فروروی یا شاخص مخروطی	۲۵
۱-۲-۳- فراکتالها	۲۶
۱-۲-۴- توزیع اندازه ذرات خاک	۳۲
۱-۲-۵- توزیع اندازه خاکدانه ها (شاخص ساختمان خاک)	۳۸
۱-۲-۶- آمار چند متغیره	۴۴
۱-۲-۷- منحنی رطوبتی:	۴۸
فصل دوم: مبانی و روشها	۵۲
۲-۱- جرم مخصوص ظاهری	۵۶
۲-۲- تخلخل کل	۵۶
۲-۳- هدایت هیدرولیکی اشباع	۵۷
۲-۴- منحنی نگهداری آب خاک	۵۸
۲-۵- توزیع اندازه منافذ	۵۸
۲-۶- میانگین وزنی قطر خاکدانه ها	۵۹
۲-۷- دانسیته ظاهری خاکدانه ها	۶۱

- ۶۲ ۸-۲- توزیع اندازه ذرات خاک
- ۶۳ ۹-۲- شاخص مخروطی
- ۶۴ ۱۰-۲- بسط توابع انتقالی (PTF) جهت تخمین منحنی رطوبتی
- ۶۴ ۱-۱۰-۲- استفاده از ANNs
- ۶۸ ۲-۱۰-۲- روش چند هدفی مدیریت گروهی داده ها (mGMDH)
- ۷۰ ۳-۱۰-۲- بهینه سازی چند هدفی
- ۷۲ ۱۱-۲- تعیین ابعاد فراکتالی:
- ۷۲ ۱-۱۱-۲- محاسبه بعد فراکتالی توزیع اندازه خاکدانه ها
- ۷۵ ۲-۱۱-۲- محاسبه بعد فراکتالی توزیع اندازه ذرات خاک:
- ۷۷ ۳-۱۱-۲- ارزیابی دقت مدل های فراکتالی
- ۷۸ ۱۲-۲- تجزیه به مؤلفه های اصلی (PCA):
- ۸۰ ۱۳-۲- مراحل ایجاد توابع
- ۸۵ ۱۴-۲- آنالیز حساسیت
- ۸۶ ۱۵-۲- معیارهای ارزیابی دقت و قابلیت اعتماد مدل
- ۹۰ فصل سوم: نتایج و بحث
- ۹۱ ۱-۱-۳- ویژگی های آماری
- ۹۲ ۲-۱-۳- همبستگی بین ویژگی های اندازه گیری شده خاک
- ۹۸ ۲-۳- پارامترهای فراکتالی
- ۹۸ ۱-۲-۳- رابطه پارامترهای فراکتالی PSD با ویژگیهای خاک

- ۱۰۳ ۲-۲-۳- همبستگی پارامترهای فراکتالی ASD و ویژگی های خاک
- ۱۰۸ ۳-۳- همبستگی پارامترهای فراکتالی با SWRC
- ۱۰۸ ۱-۳-۳- همبستگی پارامترهای فراکتالی PSD با SWRC
- ۱۱۱ ۱-۳-۳- همبستگی پارامترهای فراکتالی ASD با SWRC
- ۱۱۳ ۴-۳- همبستگی بین پارامترهای فراکتالی
- ۱۱۴ ۵-۳- مقایسه مدل های فراکتالی
- ۱۱۴ ۱-۵-۳- مقایسه مدل های فراکتالی PSD
- ۱۲۰ ۲-۵-۳- مقایسه مدل های فراکتالی PSD برای دو محل همدان و شمال
- ۱۲۱ ۳-۵-۳- مقایسه مدل های فراکتالی ASD
- ۱۲۵ ۶-۳- دانسیته ظاهری خاکدانه ها
- ۱۲۶ ۷-۳- دامنه ابعاد فراکتالی خاکدانه ها
- ۱۲۸ ۸-۳- تجزیه به مؤلفه های اصلی
- ۱۲۹ ۱-۸-۳- متغیر های کنترل کننده PC ها
- ۲-۸-۳- همبستگی PC ها با مقدار رطوبت در مکش های مختلف و پارامترهای مدل ون گنوختن
- ۱۳۷ گنوختن
- ۱۴۴ ۹-۳- مدل های نقطه ای ایجاد شده توسط ANNs
- ۱۴۴ ۱-۹-۳- θ -1kPa
- ۱۵۵ ۲-۹-۳- θ -5 kPa
- ۱۶۲ ۳-۹-۳- θ -10 kPa

۱۶۵	..... θ_{50} و θ_{25} -۴-۹-۳
۱۷۰	..... θ_{1500} -۵-۹-۳
۱۷۳	..... ANNs و مقایسه آنها با mGMDH
۱۷۳	..... θ_1 -۱-۱۰-۳
۱۷۸	..... θ_5 -۲-۱۰-۳
۱۸۱	..... θ_{10} -۳-۱۰-۳
۱۸۴	..... θ_{25} -۴-۱۰-۳
۱۸۷	..... θ_{50} -۵-۱۰-۳
۱۹۰	..... θ_{1500} -۶-۱۰-۳
۱۹۵	..... ۱۱-۳-۱۱-۳ روند کلی دقت و قابلیت اعتماد
۱۹۶	..... ۱۲-۳-۱۲-۳ تخمین پارامترهای مدل ون گنوختن با روش mGMDH
۱۹۶	..... $s \text{ van } \theta$ -۱-۱۲-۳
۲۰۳	..... $r \text{ van } \theta$ -۲-۱۲-۳
۲۰۹	..... $\text{van } \alpha$ -۳-۱۲-۳
۲۱۶	..... $n \text{ van}$ -۱-۱۲-۳
۲۲۱	..... ۱۳-۳-۱۳-۳ تخمین پارامترهای مدل ون گنوختن با روش ANNs و مقایسه آن با mGMDH
۲۲۱	..... θ_s -۱-۱۳-۳
۲۲۴	..... $r \theta \text{ van}$ -۲-۱۳-۳
۲۲۶	..... $\ln \alpha \text{ van}$ -۳-۱۳-۳

۲۲۸	..... n van -۴-۱۳-۳
۲۳۱	..... ۱۴-۳ - ویژگی شبکه های انتخاب شده برای توابع نقطه ای و پارامتریک
۲۳۶	..... فصل چهارم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۲۳۷	..... ۴-۱: نتیجه گیری
۲۳۹	..... ۴-۲: پیشنهادات
۲۴۱	..... منابع:
۲۶۹	..... واژه نامه

فهرست شکل ها

- شکل ۱-۲: پارتو یا نقاط بهینه شده برای MSE داده های آموزشی در مقابل MSE داده های تعمیم ۷۱
- شکل ۳ - ۱: توزیع بافت خاک در ۱۴۸ نمونه مطالعه شده ۹۴
- شکل ۳ - ۲: رابطه برخی از ویژگی های خاک با پارامترهای فراکتالی که بالاترین R^2 را داشتند (نقاط سایه دار در جدول ۳-۴) ۱۰۸
- شکل ۳-۳: همبستگی رطوبت های اندازه گیری شده در مکش های مختلف و ضرایب مدل ون گنوختن با پارامترهای فراکتالی (دارای بالاترین R^2) (نقاط سایه دار در جدول ۳-۵) ۱۱۹
- شکل ۳ - ۴: برازش مدل های فراکتالی ASD (الف، ب و پ) و PSD (ت، ث و ج) برای یک نمونه منتخب از ۱۴۸ نمونه خاک ۱۲۴
- شکل ۳ - ۵: نمودار صخره ای ۱۳۰
- شکل ۳-۶: همبستگی متغیرهای وابسته با PC هایی که بالاترین R^2 را با آنها داشتند (اعداد سایه دار در جدول ۳-۱۷) ۱۴۴
- شکل (۳-۷): آنالیز حساسیت تاثیر پارامترهای فراکتالی PSD به همراه متغیرهای ورودی PTF2 بر θ_{10} ۱۴۸
- شکل (۳-۸): آنالیز حساسیت تاثیر متغیرهای ورودی PTF 8 بر θ_{10} ۱۵۳
- شکل ۳ - ۹: تغییرات RMSE مراحل آموزش و تعمیم تخمین رطوبت در مکش های متفاوت، θ_r و θ_s (الف) با روش ANNs و ب) mGMDH و همچنین RMSE تخمین پارامترهای شکل مدل های ون گنوختن پ) با روش ANNs و ت) mGMDH ۱۶۳

فهرست جداول

- جدول ۱-۲: علائم اختصاری و توضیحات مربوطه ۵۴
- جدول ۲-۲: ویژگی های آماری داده های استفاده شده برای تخمین CI ۶۳
- جدول ۲-۳: متغیر های ورودی در هر مرحله برای ایجاد PTF ها ۸۳
- جدول ۱-۳: ویژگی های آماری متغیر های مستقل مجموعه داده های آموزشی و تعمیم ۹۳
- جدول ۲-۳: ضرایب همبستگی ساده متغیر های اندازه گیری شده مجموعه داده های آموزشی ۹۶
- جدول ۳-۳: ضرایب همبستگی ساده بین متغیر های اندازه گیری شده مجموعه داده های تعمیم ۹۷
- جدول ۳-۴: ضرایب همبستگی ساده بین ویژگی های خاک و پارامترهای فراکتالی محاسبه شده از سه مدل برای توزیع اندازه ذرات (PSD) و خاکدانه ها (ASD) در مجموعه داده های آموزشی و تعمیم ۱۰۰
- جدول ۳-۵: ضرایب همبستگی ساده رطوبت اندازه گیری شده در مکش های مختلف و ضرایب مدل ون گنوختن با پارامترهای فراکتالی مجموعه داده های آموزشی و تعمیم ۱۱۰
- جدول ۳-۶: ضرایب همبستگی ساده بین پارامترهای فراکتالی مجموعه داده های آموزشی و تعمیم ۱۱۶
- جدول ۳-۷: مقایسه میانگین معیارهای ارزیابی دقت سه مدل فراکتالی PSD ۱۱۷
- جدول ۳-۸: ضرایب و معیارهای ارزیابی دقت سه مدل فراکتالی PSD برای یک نمونه خاک که در شکل ۳-۴ نشان داده شده است ۱۱۷
- جدول ۳-۹: مقایسه میانگین بعد فراکتالی و ضرایب تبیین مدل یانگ و همکاران (۱۹۹۳) برای دو منطقه نمونه برداری ۱۱۷
- جدول ۳-۱۰: مقایسه میانگین پارامترهای فراکتالی و ضرایب تبیین مدل بیرد و همکاران (۲۰۰۰) برای دو منطقه نمونه برداری ۱۱۷

- جدول ۳-۱۱: مقایسه میانگین پارامترهای فراکتالی و ضرایب تبیین مدل میلان و همکاران (۲۰۰۳)
- ۱۲۰ برای دو منطقه نمونه برداری
- جدول ۳-۱۲: مقایسه میانگین معیارهای ارزیابی دقت سه مدل فراکتالی ASD ۱۲۴
- جدول ۳-۱۳: ضرایب و معیارهای ارزیابی دقت سه مدل فراکتالی ASD برای یک نمونه خاک که در شکل ۳-۴ الف، ب و پ نشان داده شده است ۱۲۵
- جدول ۳-۱۴: توزیع جرم مخصوص ظاهری خاکدانه ها برای یک نمونه خاک که مدل های فراکتالی آن در شکل ۳-۴ رسم شده است ۱۲۵
- جدول ۳-۱۵: مقدار واریانس تعریف شده توسط هر یک از مولفه های اول تا هشتم ۱۳۰
- مانند $D_m Y$ ، cB_i ، DB_i ، $c_2 M$ ، $d_c M$ و $D_2 M$ دارای علامت مثبت و رس و متغیرهایی مانند $Se B_i$ و شن که تجمع ذرات درشت را نشان می دهند (پرفکت و همکاران، ۱۹۹۲؛ سو و همکاران، ۲۰۰۴) دارای علامت منفی بودند (جدول ۳-۱۶). بنابراین با افزایش درصد رس و متقابلاً با کاهش شن PCI بزرگتر خواهد بود. پس نتیجه گیری می شود که بافت خاک مهمترین عامل تغییر در ویژگی های خاک است و $39/62\%$ از تغییرات کل میان ۳۳ متغیر را توجیه می کند ۱۳۰
- جدول ۳-۱۶: ضرایب متغیر ها در هر کدام از مولفه های اصلی اول تا هشتم (توجه شود که برای محاسبه مقادیر هر مؤلفه اصلی، این ضرایب باید در مقادیر استاندارد شده متغیرهای اولیه ضرب شوند) ۱۳۱
- جدول ۳-۱۷: ضرایب همبستگی ساده (R) بین متغیر های وابسته و PC ها ۱۳۸
- جدول ۳-۱۸: نتایج تخمین θ با روش ANNs برای هشت PTF ۱۴۶
- جدول ۳-۱۹: نتایج تخمین θ با روش ANNs برای هشت PTF ۱۵۶
- جدول ۳-۲۰: نتایج آنالیز حساسیت در تعیین موثرترین مدل فراکتالی PSD و ASD و استفاده از پارامترهای آنها بعنوان ورودی برای PTF 3 و PTF 4 ۱۵۷
- جدول ۳-۲۱: نتایج تخمین θ با روش ANNs برای هشت PTF ۱۶۴

- جدول ۳ - ۲۲: نتایج تخمین θ با روش ANNs برای هشت PTF ۱۶۷
- جدول ۳ - ۲۳: نتایج تخمین θ با روش ANNs برای هشت PTF ۱۶۸
- جدول ۳ - ۲۴: نتایج تخمین θ با روش ANNs برای هشت PTF ۱۷۲
- جدول ۳ - ۲۵: نتایج تخمین θ با روش mGMDH برای هفت PTF ۱۷۵
- جدول ۳ - ۲۶: مقایسه دقت و قابلیت اعتماد PTF های ایجاد شده توسط ANNs و mGMDH برای تخمین θ 1 kPa ۱۷۶
- جدول ۳ - ۲۷: نتایج تخمین θ با روش mGMDH برای هفت PTF ۱۸۰
- جدول ۳ - ۲۸: مقایسه خطای PTF های ایجاد شده توسط ANNs و mGMDH برای تخمین θ 5 kPa ۱۸۱
- جدول ۳ - ۲۹: نتایج تخمین θ با روش mGMDH برای هفت PTF ۱۸۲
- جدول ۳ - ۳۰: مقایسه خطای PTF های ایجاد شده توسط ANNs و mGMDH برای تخمین θ 10 kPa ۱۸۴
- جدول ۳ - ۳۱: نتایج تخمین θ با روش mGMDH برای هفت PTF ۱۸۵
- جدول ۳ - ۳۲: مقایسه خطای PTF های ایجاد شده توسط ANNs و mGMDH برای تخمین θ 25 kPa ۱۸۶
- جدول ۳ - ۳۳: نتایج تخمین θ با روش mGMDH برای هفت PTF ۱۸۸
- جدول ۳ - ۳۴: مقایسه خطای PTF های ایجاد شده توسط ANNs و mGMDH برای تخمین θ 50 kPa ۱۸۹
- جدول ۳ - ۳۵: نتایج تخمین θ با روش mGMDH برای هشت PTF ۱۹۲
- جدول ۳ - ۳۶: مقایسه خطای PTF های ایجاد شده توسط ANNs و mGMDH برای تخمین θ 1500 kPa ۱۹۴
- جدول ۳ - ۳۷: نتایج تخمین $\theta_{s\ van}$ با روش mGMDH برای هشت PTF ۱۹۷
- جدول ۳ - ۳۸: نتایج تخمین $\theta_{r\ van}$ با روش mGMDH برای هشت PTF ۲۰۲
- جدول ۳ - ۳۹: نتایج تخمین $\ln \alpha_{\ van}$ با روش mGMDH برای هفت PTF ۲۱۱

- جدول ۳ - ۴۰: نتایج تخمین $\ln(n - 1)$ با روش mGMDH برای هفت PTF ۲۱۸
- جدول ۳ - ۴۱: نتایج تخمین θ_s van با روش ANNs برای هشت PTF ۲۲۲
- mGMDH فقط موجب بهبود معنی دار دقت 8 PTF گردید ولی بر قابلیت اعتماد مدل تأثیر معنی داری را نداشت. با مقایسه قابلیت اعتماد θ_s van و PTF 8 روش ANNs و mGMDH تفاوت ۲۲۳
- جدول ۳ - ۴۲: مقایسه خطای PTF های ایجاد شده توسط mGMDH و ANNs برای تخمین θ_s ۲۲۳
- van ۲۲۳
- جدول ۳ - ۴۳: نتایج تخمین θ_r van با روش ANNs برای نه PTF ۲۲۴
- جدول ۳ - ۴۴: مقایسه خطای PTF های ایجاد شده توسط mGMDH و ANNs برای تخمین θ_r van ۲۲۵
- جدول ۳ - ۴۵: نتایج تخمین $\ln \alpha$ van با روش ANNs برای هشت PTF ۲۲۷
- جدول ۳ - ۴۶: مقایسه خطای PTF های ایجاد شده توسط mGMDH و ANNs برای تخمین $\ln \alpha$ ۲۲۸
- van ۲۲۸
- جدول ۳ - ۴۷: نتایج تخمین $\ln(n_{van} - 1)$ با روش ANNs برای هفت PTF ۲۳۰
- جدول ۳ - ۴۸: مقایسه خطای PTF های ایجاد شده توسط mGMDH و ANNs برای تخمین $\ln(n)$ ۲۳۱
- 1) - ۲۳۱

فصل اول:

مقدمه و بررسی

منابع

منحنی مشخصه رطوبتی خاک یکی از ویژگی های مهم هیدرولیکی خاک در حالت غیر اشباع است. این ویژگی نه تنها رطوبت خاک در مکش های مختلف را که در مدیریت آب خاک مهم است، نشان می دهد، بلکه ویژگی های دیگری از قبیل توزیع اندازه منافذ، تخلخل کل و رطوبت قابل استفاده خاک را نیز بیان می کند (خداوردی لو و همایی، ۱۳۸۱). به دست آوردن این منحنی بطور مستقیم به دلیل مشکل، وقت گیر و پرهزینه بودن انجام آزمایش ها مقرون به صرفه نبوده و استفاده از روش های غیر مستقیم در تخمین خواص هیدرولیکی معمولا ترجیح داده می شود (رضایی و نیشابوری، ۱۳۷۸؛ رضایی و همکاران، ۱۳۸۰).

در سال های اخیر استفاده از توابع انتقالی^۱ (PTFs) برای تخمین ویژگی های هیدرولیکی خاک بطور فزاینده ای گسترش یافته است. تا کنون پارامترهای متعددی برای تخمین منحنی های رطوبتی خاک در PTF ها مورد استفاده قرار گرفته اند که عبارتند از: بافت خاک، ماده آلی و جرم مخصوص ظاهری خاک (گوپتا و لارسون، ۱۹۷۹)، کربن آلی و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (وریکن و همکاران، ۱۹۹۲)، اطلاعات ژنتیکی خاک (تیت جی و تاپکن هینریش، ۱۹۹۳)، تخلخل مؤثر (اسخاپ و همکاران، ۱۹۹۸)، شکل و اندازه خاکدانه ها (کوکوک و بولتینک، ۱۹۹۹)، CEC (پاچپسکی و راولز، ۱۹۹۹)، میانگین هندسی قطر ذرات^۲ (d_g) و انحراف استاندارد هندسی قطر ذرات^۳ (δ_g) (آنکارو و همکاران، ۲۰۰۵)، مقاومت نفوذی (پاچپسکی و همکاران، ۱۹۹۸)، سطح ویژه (واکزاک و همکاران، ۲۰۰۴) و سطح ویژه هندسی^۴ (واکزاک و همکاران، ۲۰۰۶). دقت و قابلیت اعتماد PTF ها برای بسیاری از کاربردهای

-
1. Pedotransfer functions
 2. Geometric mean of particle diameter
 3. Geometric standard deviation of particle diameter
 4. Geometric surface area

ملی و منطقه ای مناسب بوده و PTF های بدست آمده از پایگاه های اطلاعاتی^۱ یک منطقه برای منطقه دیگر با خاک و شرایط اقلیمی مشابه قابل استفاده می باشد (وستن و همکاران، ۲۰۰۱).

هرچند که ایجاد PTF ها در مقایسه با اندازه گیری مستقیم بسیار ساده می باشد اما نباید از

چندین سؤال اساسی غافل شد:

۱ - بهترین روش برای ایجاد PTF ها چیست؟

۲- چه متغیرهایی به عنوان ورودی جهت ایجاد PTF ها ضروری بوده و نسبت به دیگر متغیرها

ترجیح داده می شود (وستن و همکاران، ۲۰۰۱)؟

با اینکه پژوهش های بسیاری در زمینه ایجاد و توسعه PTF ها با استفاده از روش های مختلف مانند رگرسیون چند متغیره (گویتا و لارسون، ۱۹۷۹؛ وریکن و همکاران، ۱۹۹۲؛ سپاسخواه و بندار، ۲۰۰۲)، شبکه های عصبی مصنوعی^۲ (ANNs) (پاچپسکی و همکاران، ۱۹۹۶؛ پاچپسکی و راولز، ۱۹۹۹) و روش مدیریت گروهی داده ها^۳ (GMDH) (پاچپسکی و همکاران، ۱۹۹۸) انجام شده است ولی نتایج ضد و نقیضی در مورد دقت این روش ها در مقایسه با یکدیگر و قابلیت پیش بینی ویژگی های هیدرولیکی توسط هر کدام از آنها گزارش گردیده است (کوکوک و بولتینک، ۱۹۹۹؛ مردان و همکاران، ۲۰۰۵) و هنوز درباره روشی که بتواند مورد قبول همه و یا اکثریت محققان باشد توافق حاصل نشده است. انتخاب نوع پارامترهایی که بتوانند موجب بهبود تخمین ویژگی های هیدرولیکی توسط PTF ها گردد نیز به عنوان یک سؤال همچنان باقی مانده است (وستن و همکاران، ۲۰۰۱).

استفاده از ابعاد فراکتالی در مدل های مختلف برای پیش بینی ویژگی های هیدرولیکی اخیراً"

بسیار مورد توجه قرار گرفته است (تیلر و ویت کرفت، ۱۹۹۰؛ ریو و اسپوزیتو، ۱۹۹۱؛ کروفورد، ۱۹۹۴؛

1. Database

2. Artificial neural networks

3. Group method of data handling