دانشکده کشاورزی

گروه مهندسی آب

پایان نامه کارشناسی ارشد

تعیین هدایت هیدرولیکی و ضریب پخشیدگی خاک به روش out flow به وسیله دستگاه صفحات فشاری

فاطمه صادق‌زاده

مهر ۱۳۹۱

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد

تعیین هدایت هیدرولیکی و ضریب پخشیدگی خاک به روش out flow به وسیله دستگاه صفحات فشاری

فاطمه صادق‌زاده

استاد راهنما

دکتربیژن قهرمان

استاد مشاور

دکتر کامران داوری

مهر ۱۳۹۱

دانشکده کشاورزی، گروه مهندسی آب

از این پایان نامه کارشناسی ارشد توسط فاطمه صادق زاده دانشجوی مقطع رشته آبیاری و زهکشی در تاریخ در حضور هیات داوران دفاع گردید. پس از بررسی های لازم، هیات داوران این پایان نامه را با نمره عدد حروف و با درجه مورد تایید قرار داد.

عنوان پایان نامه : تعیین هدایت هیدرولیکی و ضریب پخشیدگی خاک به روش out flow به وسیله دستگاه صفحات فشاری

سمت در هیات داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	گروه	دانشگاه	امضاء
داور	آقای دکتر حسین انصاری	دانشیار	مهندسی آب	فردوسی مشهد	
داور	آقای مهندس سید مجید هاشمی‌نیا	مربی	مهندسی آب	فردوسی مشهد	
نماینده تحصیلات تکمیلی	آقای دکتر کاظم اسماعیلی	استادیار	مهندسی آب	فردوسی مشهد	
استاد راهنما	آقای دکتر بیژن قهرمان	استاد	مهندسی آب	فردوسی مشهد	
استاد مشاور	آقای دکتر کامران داوری	دانشیار	مهندسی آب	فردوسی مشهد	

تعهد نامه

عنوان پایان نامه: تعیین هدایت هیدرولیکی و ضریب پخشیدگی خاک به روش out flow به وسیله دستگاه صفحات فشاری

اینجانب فاطمه صادق‌زاده دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تحت راهنمایی آقای دکتر بیژن قهرمان متعهد می شوم:

- **نتایج ارائه شده در این پایان نامه حاصل مطالعات علمی و عملی اینجانب بوده، مسئولیت صحت و اصالت مطالب مندرج را به طور کامل بر عهده می گیرم.**
- **در خصوص استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد نظر استناد شده است.**
- **مطالب مندرج در این پایان نامه را اینجانب یا فرد یگری به منظور اخذ هیچ نوع مدرک یا امتیازی تاکنون به هیچ مرجعی تسلیم نکرده است.**
- **کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد. مقالات مستخرج از پایان نامه، ذیل نام دانشگاه فردوسی مشهد (Ferdowsi University of Mashhad) به چاپ خواهد رسید.**
- **حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تاثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از رساله رعایت خواهد شد.**
- **در خصوص استفاده از موجودات زنده یا بافتهای آنها برای انجام پایان نامه، کلیه ضوابط و اصول اخلاقی مربوطه رعایت شده است.**

فاطمه صادق‌زاده

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) به دانشگاه فردوسی مشهد تعلق دارد و بدون اخذ اجازه کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به شخص ثالث نیست.
- استفاده از اطلاعات و نتایج این پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.

چکیده

در برآورد مقدار و شدت جریان آب های زیر زمینی و انتقال مواد آلاینده در محیط های متخلخل، ضرایب هیدرولیکی(هدایت هیدرولیکی، $K(\theta)$ و پخشیدگی هیدرولیکی، $D(\theta)$) نقش اصلی را ایفا می کنند. دقت این برآورد منوط به تعیین دقیق مقادیر این ضرایب می باشد. اندازه گیری این ضرایب در شرایطی که خاک اشباع نباشد مشکل بوده و به هزینه و وقت زیادی نیاز دارد. هم چنین به طور عمده اندازه گیری در نزدیکی رطوبت اشباع صورت می گیرد. بنابراین در این تحقیق برای تعیین ضرایب هیدرولیکی غیراشباع خاک از روش آزمایشگاهی جریان خروجی یک مرحله ای به وسیله دستگاه صفحات فشاری استفاده شد. در این تحقیق آزمایش جریان خروجی یک مرحله ای برای ٦ بافت مختلف خاک انجام گرفت و مقادیر جریان خروجی از دستگاه برای هر نمونه که تحت فشار ۱۵ بار قرار داده شده بودند اندازه گیری شد. سپس با استفاده از داده های آزمایش ضرایب هیدرولیکی غیر اشباع خاک با استفاده از ٤ معادله پیشنهادی والیانت زاس(۲۰۰۷) و اصلاح شده پاسیورا (موآزو وهمکاران، ۱۹۹۰) و والیانت زاس (۱۹۸۹) و گاردنر(۱۹٦۲) محاسبه شد. سپس مقادیر ضریب پخشیدگی حاصل از معادله گاردنر و والیانت زاس(۱۹۸۹)و اصلاح شده پاسیورا با نتایج حاصل از معادله با فرم توانی ساده مقایسه شد. مقایسه نتایج بین نتایج حاصل از سه معادله گاردنر و والیانت زاس (۱۹۸۹) و اصلاح شده پاسیورا و معادله با فرم توانی ساده تطابق خوبی نشان داد. همچنین آنالیز آماری نتایج با استفاده از نرم افزار SPSS و به کارگیری آزمون دانکن در سطح ۹۵ درصد اختلاف معنی داری بین نتایج حاصل در مقایسه با نتایج حاصل از معادله با فرم توانی ساده نشان نداد. بنابراین به دلیل سادگی و همچنین کاهش خطا در محاسبات با استفاده از فرمول معادله با فرم توانی ساده استفاده از این فرمول به جای معادلات دیگر پیشنهاد می شود. همچنین مقادیر هدایت هیدرولیکی غیراشباع خاک نیز با به کارگیری روش چایلدز و کولیس جرج (۱۹۵۰) با محاسبه شیب منحنی رطوبتی هر نمونه و ضریب پخشیدگی غیر اشباع حاصل از معادله با فرم توانی ساده تعیین شد و نتایج حاصل با مقادیر شبیه سازی توسط نرم افزار RETC مورد مقایسه قرار گرفت که روند مشابهی را نشان می داد.

کلمات کلیدی: هدایت هیدرولیکی خاک، پخشیدگی هیدرولیکی خاک، دستگاه صفحات فشاری

سپاسگزاری

با سپاس و قدردانی از نعمات و الطاف الهی که توفیق گذراندن مرحله‌ی دیگری از دوره تحصیلات علمی را به من عنایت فرمود.

پس از سپاس به درگاه پروردگار متعال بر خود لازم می‌دانم از حمایت ها و زحمات بی دریغ همسرم که مشوق من در طول تحصیل بوده و همچنین خانواده‌ام به ویژه پدر و مادر مهربانم، تقدیر و تشکر نمایم.

از استاد راهنمای گرانقدرم جناب آقای دکتر قهرمان به خاطر زحمات ارزنده‌ای که برای بنده متحمل شده اند و افتخار شاگردی را در محضرشان تجربه نمودم قدردانی می نمایم. از استاد مشاور محترم جناب آقای دکتر داوری به خاطر مشاوره پایان نامه، همچنین از جناب آقای دکتر انصاری و آقای مهندس هاشمی نیا که زحمت مطالعه پایان نامه اینجانب را کشیدند و جناب آقای دکتر اسماعیلی نماینده محترم تحصیلات تکمیلی، نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

فهرست مطالب

فهرست مطالب صفحه

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- پیش گفتار ۱

۱-۲- ضرورت پژوهش ۲

۱-۳- هدف پژوهش ۳

۱-٤- روش تحقیق ۳

فصل دوم: بررسی منابع ۵

۲-۱- ویژگی های هیدرولیکی خاک و اهمیت مطالعه آن ۵

۲-۱-۱- روش های مستقیم ٦

۲-۱-۲- روش های غیر مستقیم ۷

۲-۲- توصیف فرآیند حرکت جریان آب در خاک ۸

۲-۳- هدف سنجش های هیدرولیکی ۹

۲-٤- چالش های موجود برای تعیین خصوصیات هیدرولیکی خاک ۱۰

۲-۵- روش های آزمایشگاهی برای تعیین خصوصیات هیدرولیکی خاک ۱۳

۲-۵-۱- روش جریان خروجی یک مرحله ای و چند مرحله ای ۱۵

۲-٦- محاسبه مشخصات هیدرولیکی غیر اشباع خاک به روش جریان خروجی ۱٦

۲-٦-۱-مدل های موجود برای شبیه سازی هدایت و پخشیدگی هیدرولیکی ۱۸

۲-٦-۱-۱-مدل براساس معادلات کوزینی ۱۸

۲-٦-۱-۲- مدل براساس بررسی های بوردین ۱۹

۲-۷- مشکل اصلی روش های مستقیم معمول برای محاسبه ضریب پخشیدگی ۲۱

۲-۸- مروری بر تحقیقات انجام شده ۲۲

فصل سوم: مواد و روش ها ۳۱

۳-۱- تهیه نمونه ۳۱

۳-۲- روش تعیین پارامترهای مورد نیاز خاک ۳۱

۳-۲-۱-تعیین بافت خاک ۳۱

۳-۲-۲-تعیین وزن مخصوص ظاهری ۳۲

۳-۳-شرح عملیات آزمایش ۳٤

۳-۳-۱-آماده سازی نمونه ها ۳٤

۳-۳-۲-دستگاه صفحات فشاری ۳۵

۳-۳-۳- قرار دادن نمونه ها در دستگاه و داده برداری ۳۵

۳-۳-٤- تعیین منحنی رطوبتی و تعیین شیب منحنی ۳٦

۳-٤- معادلات به کار رفته برای محاسبه $K(\theta)$ و$D(\theta)$ ۳٦

۳-٤-۱- محاسبه ضریب پخشیدگی با استفاده از فرمول والیانت زاس(۱۹۸۹) ۳۷

۳-٤-۲- محاسبه ضریب پخشیدگی با استفاده از فرمول والیانت زاس (۲۰۰۷)..... ۳۷
۳-٤-۲-۱- محاسبه پخشیدگی با استفاده از روش معادله با فرم توانی ساده..... ٤۰
۳-٤-۳- نظریه گاردنر(۱۹٦۲) برای محاسبه ضریب پخشیدگی غیر اشباع خاک..... ٤۱
۳-٤-٤- محاسبه پخشیدگی با استفاده از فرمول اصلاح شده پاسیورا (موآزو،۱۹۹۰)..... ٤۲
۳-۵-تعیین شیب منحنی رطوبتی برای محاسبه هدایت هیدرولیکی غیر اشباع در خاک..... ٤۳
۳-٦-معیارهای ارزیابی نتایج ٤٤
فصل چهارم: نتایج وبحث..... ٤۷
٤-۱- روند جریان خروجی..... ٤۷
٤-۲- تعیین پارامترهای معادله ونگنوختن – معلم توسط نرم افزار RETC..... ٤۹
٤-۳- محاسبه$D(\theta)$ با استفاده از معادله با فرم توانی..... ۵۰
٤-۳- ۱- تخمین پارامترهای A و B معادله..... ۵۰
٤-۳-۲- ضریب پخشیدگی و هدایت هیدرولیکی غیر اشباع با استفاده از معادله با فرم توانی..... ۵۳
٤-٤-محاسبه ضریب پخشیدگی و هدایت هیدرولیکی با استفاده از معادله گاردنر(۱۹٦۲)..... ۵٦
٤-۵-محاسبه ضریب پخشیدگی و هدایت هیدرولیکی از فرمول والیانت زاس(۱۹۸۹)..... ۵۹
٤-٦- محاسبه ضریب پخشیدگی و هدایت هیدرولیکی از فرمول پاسیورا اصلاح شده (۱۹۹۰)..... ٦۱
٤-۷- نتایج به دست آمده برای ضریب پخشیدگی در هر بافت خاک..... ٦٤
٤-۸- ارزیابی نتایج..... ٦٦
٤-۸-۱- ارزیابی نتایج نمونه با بافت رسی لوم..... ٦۷
٤-۸-۲- ارزیابی نتایج نمونه با بافت شنی..... ٦۸
٤-۸-۳- ارزیابی نتایج با بافت لوم شنی۱..... ۷۰
٤-۸-٤- ارزیابی نتایج ب نمونه با بافت لوم شنی۲..... ۷۱
٤-۸-۵- ارزیابی نتایج نمونه با بافت لوم ۱..... ۷۲
٤-۸-٦- ارزیابی نتایج نمونه با بافت لوم ۲..... ۷٤
٤-۹- آنالیز آماری نتایج حاصل برای ضریب پخشیدگی..... ۷۵
٤-۱۰- مقایسه هدایت هیدرولیکی غیراشباع به دست آمده با نتایج نرم افزار RETC..... ۷۵
٤-۱۱- نتایج..... ۷۷
فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات..... ۸۱
۵-۱- مقدمه..... ۸۱
۵-۲-نتیجه گیری ۸۲
۵-۲- پیشنهادات ۸٤
منابع..... ۸۵
اسامی لاتین اشخاص..... ۹۰

فهرست شکل ها

عنوان شکل صفحه

شکل۳-۱.مثلث بافت خاک و تعیین بافت خاک نمونه ها..... ۳۲

شکل۳-۲.آزمایش کلوخه و پارافین برای محاسبه وزن مخصوص ظاهری و تعیین بافت خاک..... ۳۳

شکل۳-۳. نمونه اشباع شده..... ۳٤

شکل۳-٤. دستگاه صفحات فشاری..... ۳۵

شکل۳-۵. جمع آوری خروجی ازدستگاه صفحات فشاری..... ۳٦

شکل۳-٦. طرح کلی تابع کسر آب باقی مانده برای جریان خروجی نسبت به زمان ،$S(\sqrt{t})$ ، وبرازش منحنی توابع توانی $S(\sqrt{t}) = \left[\frac{\sqrt{t_i}}{\sqrt{t}}\right]^{b_1} = A(\sqrt{t})^B$ ۳۹

شکل٤-۱. نمودار تغییرات حجم جریان خروجی در برابر زمان..... ٤۸

شکل ٤-۲. میزان آب باقی مانده در فرایند جریان خروجی در برابر زمان، $s(\sqrt{t})$، برای بافت های مختلف و برازش منحنی $s(\sqrt{t}) = A(\sqrt{t})^B$..... ۵۱

شکل ٤-۳. نتایج آنالیز مقادیر S به دست آمده از داده های آزمایش و معادله با فرم توانی ساده برای نمونه ها با بافت های مختلف و مقایسه آن با خط ۱:۱ ..... ۵۲

شکل٤-٤. مقادیر $D(\theta)$ به دست آمده از از روش معادله با فرم توانی در مقابلθ (رطوبت متوسط) برای بافت های مختلف..... ۵٤

شکل٤-۵. مقادیر $K(\theta)$ به دست آمده با کاربرد $D(\theta)$ حاصل از معادله با فرم توانی، در مقابلθ (رطوبت متوسط)برای بافت‌های مختلف ۵٦

شکل٤-٦. مقادیر $D(\theta)$ به دست آمده از فرمول گاردنر(۱۹٦۲) در مقابلθ (رطوبت حجمی متوسط) برای بافت‌های مختلف ۵۷

شکل٤-۷. مقادیر$K(\theta)$ به دست آمده با کاربرد $D(\theta)$ حاصل از معادله گاردنر(۱۹٦۲)، در مقابلθ (رطوبت متوسط) برای بافت‌های مختلف..... ۵۸

شکل٤-۸. مقادیر $D(\theta)$ به دست آمده از فرمول والیانت زاس (۱۹۸۹) در مقابلθ (رطوبت متوسط) برای بافت های مختلف..... ٦۰

شکل٤-۹. مقادیر$K(\theta)$ به دست آمده با کاربرد $D(\theta)$ حاصل از معادله والیانت زاس (۱۹۸۹)، در مقابلθ (رطوبت متوسط) برای بافت های مختلف..... ٦۱

شکل٤-۱۰. مقادیر $D(\theta)$ به دست آمده از فرمول اصلاح شده پاسیورا (۱۹۹۰) در مقابلθ (رطوبت متوسط) برای بافت‌های مختلف..... ٦۲

شکل٤-۱۱. مقادیر $K(\theta)$ به دست آمده با کاربرد $D(\theta)$ حاصل از معادله اصلاح شده پاسیورا (۱۹۹۰)، در مقابل θ (رطوبت متوسط) برای بافت های مختلف..... ٦۳

شکل ٤-۱۲. ضرایب پخشیدگی به دست آمده از معادلات مورد نظر برای بافت های خاک لوم شنی۱ و لوم شنی۲..... ٦٤

شکل ٤-۱۳. ضرایب پخشیدگی به دست آمده از معادلات مورد نظر برای بافت های خاک لوم ۱ و لوم ۲ و شن..... ٦۵

شکل ٤-۱٤ضرایب پخشیدگی به دست آمده از معادلات مورد نظر برای بافت خاک رسی لوم..... ٦٦

شکل٤-١٥. ارزیابی نتایج پخشیدگی به دست آمده (رسی لوم) از معادلات (گاردنر - والیانت زاس- اصلاح شده پاسیورا) در مقایسه با معادله با فرم توانی و مقایسه نتایج با خط ١:١برای خاک رسی لوم.....٦٧
شکل٤-١٦. ارزیابی نتایج پخشیدگی به دست آمده (شنی) ازمعادلات (والیانت زاس- گاردنر- اصلاح شده پاسیورا) در مقایسه با معادله با فرم توانی و مقایسه نتایج با خط ١:١ برای خاک شنی.....٦٨
شکل٤-١٧. ارزیابی نتایج پخشیدگی به دست آمده (لوم شنی١) ازمعادلات (والیانت زاس- گاردنر- اصلاح شده پاسیورا) در مقایسه با معادله با فرم توانی و مقایسه نتایج با خط ١:١ برای خاک لوم شنی١.....٧٠
شکل٤-١٨. ارزیابی نتایج پخشیدگی به دست آمده ازمعادلات(والیانت زاس- گاردنر- اصلاح شده پاسیورا) در مقایسه با معادله با فرم توانی و مقایسه نتایج با خط ١:١برای خاک لوم شنی٢.....٧١
شکل٤-١٩. ارزیابی نتایج پخشیدگی به دست آمده ازمعادلات (والیانت زاس- گاردنر - اصلاح شده پاسیورا) در مقایسه با معادله با فرم توانی و مقایسه نتایج با خط ١:١ برای خاک لوم١.....٧٣
شکل٤-٢٠. ارزیابی نتایج پخشیدگی به دست آمده ازمعادلات (والیانت زاس- گاردنر - اصلاح شده پاسیورا) در مقایسه با معادله با فرم توانی و مقایسه نتایج با خط ١:١برای خاک لوم٢.....٧٤
شکل ٤- ٢١. مقایسه هدایت هیدرولیکی غیراشباع حاصل از RETC (از روش ونگنوختن – معلم) و روش چایلدزو کولیس – جرج (١٩٥٠) با استفاده از ضریب پخشیدگی حاصل از معادله با فرم توانی ساده.....٧٦

فهرست جدول ها

عنوان جدول صفحه

جدول۳-۱. بافت و وزن مخصوص ظاهری هر نمونه.....۳۳
جدول ٤-۱. پارامترهای معادله ونگنوختن و مقادیر θs و θfبه دست آمده از آزمایش.....٤۹
جدول٤-۲. مقادیرA وB به دست آمده از برازش منحنی برای بافتهای مختلف.....۵۰
جدول ٤- ۱. نتایج ارزیابی مقادیر ضریب پخشیدگی حاصل از معادله گاردنر(۱۹٦۲) در مقایسه با نتایج حاصل از معادله با فرم توانی(والیانت زاس، ۲۰۰۷).....۷۸
جدول ٤- ۲- نتایج ارزیابی مقادیر ضریب پخشیدگی حاصل از والیانت زاس(۱۹۸۹) در مقایسه با نتایج حاصل از معادله با فرم توانی(والیانت زاس، ۲۰۰۷).....۷۸
جدول ٤- ۳. نتایج ارزیابی مقادیر ضریب پخشیدگی حاصل از معادله اصلاح شده پاسیورا (موآزو، ۱۹۹۰) در مقایسه با نتایج حاصل از معادله با فرم توانی (والیانت زاس، ۲۰۰۷).....۷۹

فهرست علائم

علامت	معادل انگلیسی	معادل فارسی
h	Soil water pressure head	پتانسیل فشاری آب خاک
k	Hydraulic conductivity	هدایت آبی
K_s	Saturated hydraulic conductivity	هدایت آبی اشباع
L	Core sample length	طول نمونه
m	Empirical shape factors that depend on soil type	پارامترهای تجربی مرتبط به نوع خاک
n	Empirical shape factors that depend on soil type	پارامترهای تجربی مرتبط به نوع خاک
Se	Degree of saturation	درجه اشباع
t	Actual time	زمان واقعی
α	Empirical shape factors that depend on soil type	پارامترهای تجربی مرتبط به نوع خاک
$\Delta\theta$	Volumetric water content change	تغییرات رطوبت حجمی خاک
θ	Volumetric water content	رطوبت خاک
θ_f	Final water content	رطوبت باقیمانده
θ_i	Initial water content	رطوبت اولیه
θ_r	Residual water content	رطوبت باقیمانده خاک
θ_s	Saturated water content	رطوبت اشباع خاک

فصل اول: مقدمه

۱-۱- پیش گفتار

بخش غیر اشباع خاک نقشی بسیار مهم در چرخه آبی طبیعت ایفا می کند. لذا با بررسی رفتار متقابل خاک و آب و شناخت ویژگی های مربوط به این دو، هم می توان از این دو منبع استفاده صحیح تری نمود و هم از تخریب آنها جلوگیری کرد.یکی از ویژگی های مربوط به رفتار متقابل خاک وآب، خواص هیدرولیکی و پارامترهای مربوط به آن می باشد. از جمله این ویژگی ها می توان به منحنی مشخصه رطوبتی، هدایت آبی اشباع و غیر اشباع و ضریب پخشیدگی آب و نفوذ پذیری خاک اشاره کرد. ویژگی های هیدرولیکی خاک نه تنها از دیدگاه نظری بلکه برای حل بسیاری از مسایل مدیریتی در کشاورزی و محیط زیست ضروری است. این ویژگیها جهت تخمین و توضیح حرکت آب و املاح در خاک به عنوان اطلاعات پایه ای مورد نیاز می باشند. بنابراین با توجه به اهمیت ویژگی های هیدرولیکی و نقش آن ها در حل مسایل مدیریتی، اندازه گیری و تعیین آنها اجتناب ناپذیر می نماید. به طور کلی برای برآورد ویژگی های هیدرولیکی خاک از دو روش مستقیم و غیرمستقیم استفاده می شود. دربرآورد مستقیم دو روش کلی صحرایی و آزمایشگاهی وجود دارد. این روش ها بسیار پرهزینه بوده و علیرغم پیشرفتی که در تعیین آنها صورت گرفته بسیار زمان بر می باشند (وستن و همکاران ,۲۰۰۱). بنابراین در سال های اخیر روش های غیر مستقیم مورد توجه بیشتر پژوهشگران خاک قرار گرفته است. در روش های غیر مستقیم ویژگی های هیدرولیکی اندازه گیری نمی شوند، بلکه از اطلاعات موجود خاک مانند فراوانی نسبی ذرات خاک، مواد آلی و یا مکش خاک در چند نقطه معین جهت برآورد آنها استفاده می

شود (وستن و همکاران ,۲۰۰۱). با این وجود اندازه گیری های مستقیم لازم و ضروری است. زیرا تنها کنترل کننده های تجربی برای عوامل محاسبه شده به وسیله مدل ها می باشند.

تابع هدایت هیدرولیکی خاک یکی از مهم ترین ویزگی های هیدرولیکی خاک در حالت غیراشباع است. هدایت هیدرولیکی غیر اشباع به صورت تابعی از رطوبت یا مکش ماتریک خاک تعریف می شود. عوامل مؤثر برآن، به طورعمده آنهایی هستند که منحنی مشخصه رطوبتی را تحت تاثیر قرار می دهند. از جمله این عوامل می توان به پدیده پسماند، بافت و ساختمان خاک، تخلخل، شکل خلل و فرج خاک (ضریب اعوجاج)، تراکم خاک، درجه حرارت و املاح موجود در خاک اشاره کرد. هدایت هیدرولیکی غیر اشباع را هدایت موبینه ای نیز می نامند. برای تابع هدایت هیدرولیکی و همچنین منحنی مشخصه رطوبتی، رابطه ریاضی منحصر به فرد و کلی وجود ندارد، اما روابط تجربی زیادی برای این منظور پیشنهاد شده است.

یکی از روش های آزمایشگاهی برای تعیین ضریب پخشیدگی آب خاک غیر اشباع وقابلیت هدایت هیدرولیکی غیر اشباع، روش جریان خروجی پیشنهاد شده توسط گاردنر (۱۹۵٦) می باشد.

۱-۲- ضرورت پژوهش

بیشتر فرایندهای مربوط به آب و خاک در مزرعه در وضعیت غیر اشباع صورت می گیرد. زیرا فقط تحت شرایط غیر اشباع است که گیاه قادر می باشد آب و مواد غذایی مورد نیاز خود را از خاک دریافت کند. درک فرآیندهای انتقال آب و املاح نیازمند شناخت ویژگی های هیدرولیکی خاک است. در سال های اخیر نیز افزایش نگرانی عمومی در مورد آلودگی آب های زیرزمینی و تخلیه زیرسطحی فاضلاب ها تحقیقات جدیدی را در جریان در محیط غیراشباع باعث گردیده است. دانستن ویژگی های هیدرولیکی خاک برای توصیف و محاسبه متغیرهایی که ممکن است تاثیر زیادی بر روی طرح های

کشاورزی، مهندسی و محیط زیست داشته باشد نیز مهم است. از جمله مهم ترین ویژگی های هیدرولیکی خاک، منحنی مشخصه رطوبتی و هدایت هیدرولیکی غیراشباع است که هم درباره مدیریت آب و خاک (آرنولد و همکاران،۱۹۹۰ ؛گندلفی و همکاران، ۲۰۰٦) و هم درباره سایر ویژگی های فیزیکی خاک مانند رطوبت قابل استفاده، تخلخل خاک و توزیع اندازه منافذ اطلاعات سودمندی ارایه می کنند (دکستر، ۲۰۰٤).

۱-۳- هدف پژوهش

هدایت هیدرولیکی، $K(\theta)$، و ضریب پخشیدگی هیدرولیکی، $D(\theta)$، از مهم ترین پارامترهای هیدرولیکی خاک بوده و نقش اصلی را در حرکت آب های زیر زمینی، جریان آب در محیط های متخلخل و انتقال مواد آلاینده ایفا می کند. ضرایب هیدرولیکی در محیط اشباع به بالاترین مقدار خود رسیده و در محیط غیراشباع با کاهش رطوبت حجمی، به شدت کاهش می یابند.

هدف از پژوهش حاضر تعیین هدایت هیدرولیکی و پخشیدگی هیدرولیکی غیر اشباع در رطوبت های حجمی متناظر برای بافت های مختلف خاک توسط دستگاه صفحات فشاری است. در این بررسی، منحنی مشخصه آب خاک برای بافت های مختلف خاک با استفاده از دستگاه صفحات فشاری اندازه گیری شده و هدایت و پخشیدگی هیدرولیکی ارزیابی شد.

۱-٤- روش تحقیق

تحقیق حاضر در پنج فصل تدوین شده است.در فصل اول پیرامون ضرورت انجام و اهداف تحقیق بحث گردید. فصل دوم مطالبی شامل مبانی نظری تحقیق و همچنین مروری بر تحقیقات گذشته آورده شده است. در این فصل پیرامون روش های اندازه گیری هدایت هیدرولیکی و ضریب پخشیدگی

غیر اشباع خاک بحث شده است. فصل سوم شامل شرح مختصری از روش های محاسباتی موجود برای به دست آوردن هدایت هیدرولیکی و ضریب پخشیدگی غیر اشباع آب خاک می باشد. فصل چهارم دربرگیرنده نتایج حاصل از آزمایش و نتایج ارزیابی می باشد. فصل پنجم شامل نتیجه گیری و پیشنهادات برای ادامه تحقیق می باشد.

فصل دوم: بررسی منابع

۲-۱- ویژگی های هیدرولیکی خاک و اهمیت مطالعه آن

اکثر فرایندهای مربوط به آب و خاک در مزرعه در وضعیت غیر اشباع صورت می گیرد. زیرا فقط تحت شرایط غیر اشباع است که گیاه قادر می باشد آب و مواد غذایی مورد نیاز خود را از خاک دریافت کند. درک فرآیندهای انتقال آب و املاح نیازمند شناخت ویژگی های هیدرولیکی خاک است. در سال های اخیر نیز افزایش نگرانی عمومی در مورد آلودگی آب های زیرزمینی و تخلیه زیرسطحی فاضلاب ها تحقیقات جدیدی را در جریان در محیط غیراشباع باعث گردیده است (ورما و همکاران ,۲۰۰۸). دانستن ویژگی های هیدرولیکی خاک برای توصیف و محاسبه متغیرهایی که ممکن است تاثیر زیادی بر روی طرح های کشاورزی، مهندسی و محیط زیست داشته باشد نیز مهم است. از جمله مهم ترین ویژگی های هیدرولیکی خاک، منحنی مشخصه رطوبتی و هدایت هیدرولیکی غیراشباع است که هم درباره مدیریت آب و خاک (آرنولد و همکاران،۱۹۹۰ ؛گندلفی و همکاران، ۲۰۰٦) و هم درباره سایر ویژگی های فیزیکی خاک مانند رطوبت قابل استفاده، تخلخل خاک و توزیع اندازه منافذ اطلاعات سودمندی ارایه می کنند (دکستر، ۲۰۰٤). مشکل برای کاربرد موفق مدل های شبیه سازی عددی معمولا در شرایط تخمین پارامتری شان قرار دارد. روشها برای تعیین خصوصیات هیدرولیکی می توانند به صورت روشهای مستقیم وغیرمستقیم دسته بندی شوند.روشهای غیرمستقیم شامل تخمین خصوصیات هیدرولیک بوسیله توابع انتقالی از خصوصیات زود یافت خاک وپیش بینی عمل قابلیت هدایت

هیدرولیکی از منحی نگهداشت آب می باشند. درروشهای مستقیم، مشاهدات خصوصیات جریان از آزمایشگاه یا آزمایشات زمینی ارزیابی می شوند. شرح این دو روش مستقیم و غیرمستقیم برآورد که هر یک محاسن و معایب خاص خود را دارند در زیر آورده شده است.

۲-۱-۱- روش های مستقیم

معمولترین روش تعیین ویژگی های هیدرولیکی خاک، روش مستقیم اندازه گیری آن ها در آزمایشگاه است. با وجود پیشرفت های نسبی که در روش های مستقیم اندازه گیری ویژگی های هیدرولیکی خاک صورت گرفته است، این روش ها هم چنین وقت گیر و پرهزینه اند و روی نمونه های کوچک دست خورده که کمتر قابل تعمیم به مزرعه هستند، صورت می پذیرد (وستن و همکاران ,۲۰۰۱). در روش مستقیم اندازه گیری منحنی مشخصه رطوبتی، فشار ماتریک در مکش های کم اغلب به وسیله دستگاه هینز یا تانسیومتر و در مکش های زیاد با استفاده از دستگاه صفحات فشاری اندازه گیری می شود .رطوبت خاک نیز در همان فشارها با استفاده از دستگاه صفحات فشاری اندازه گیری می شود. رطوبت خاک نیز در همان فشارها با استفاده از روش وزنی یا حسگرهای رطوبتی تعیین می شود.

برای تعیین منحنی هدایت هیدرولیکی غیراشباع به روش مستقیم نیز روش های زیادی وجود دارد که از میان آنها می توان به روش خروجی یک یا چندگامی (وانگ و همکاران، ۲۰۰٦ ؛ فوجیماکی و اینو، ۲۰۰۳ ؛ فیسترل و فیبیشنکو، ۱۹۹۹؛ ون دم و همکاران، ۱۹۹٤)، روش حرکت آب به سمت بالا (سربونلو و همکاران، ۲۰۰٦؛ هادسون و همکاران، ۱۹۹٦) ور روش تبخیر (شیندلر و مولر، ۲۰۰٦؛ سیمیونک و همکاران، ۱۹۹۸؛ استولت و همکاران، ۱۹۹٤) اشاره کرد.

باوجود روش های آزمایشگاهی و مزرعه ای متنوع برای تخمین ویژگی های هیدرولیکی خاک، هنوز چند مشکل بزرگ حل نشده باقی مانده است. بیشتر روش های آزمایشگاهی از نمونه های کوچک

به حجم ۱۰۰-۵۰۰ cm^3 استفاده می کنند. روش های مزرعه ای نیز در سطح تقریبی یک مترمربع و عمق محدود کاربرد دارند. لذا ضرورت توسعه روش هایی برای تخمین ویژگی های هیدرولیکی خاک در نواحی غیر اشباع، در مقیاس بزرگتر احساس می شود. به تازگی روش های ژئوفیزیکی مانند استفاده از اشعه ایکس (رضانژاد و همکاران، ۲۰۰۸؛ زو و همکاران، ۲۰۰۱؛ دیلی و همکاران، ۱۹۹۲) و رادار نفوذ کننده در زمین (السن و همکاران، ۲۰۰۸؛ بنیلی و همکاران،۲۰۰۲، ۲۰۰۱) برای این منظور پیشنهاد شده‌اند.

۲-۱-۲- روش های غیر مستقیم

بررسی ضریب تغییرات ویژگی های هیدرولیکی خاک نشان می دهد که هدایت هیدرولیکی غیراشباع دارای تغییراتی بیشتر از صد مرتبه است. این بدان معناست که اندازه گیری مستقیم ویژگی های هیدرولیکی خاک مستلزم عملیات اجرایی طاقت فرسا، صرف وقت و هزینه زیاد بوده و نتایج آن نیز چندان قابل اطمینان نیست (دیرکسن، ۱۹۹۱). به همین دلیل روش های غیر مستقیم به عنوان راهکاری برای حل نسبی این مشکل ارائه شده اند (لیج و ون گنوختن،۱۹۹۹ ؛ کراوچنکو و ژانگ، ۱۹۹۹).

در روش های غیر مستقیم، ویژگی های دیریافت خاک مانند عوامل منحنی های مشخصه رطوبتی و هدایت هیدرولیکی (یا خود منحنی ها) با استفاده از ویژگی های زودیافت خاک مانند بافت، درصد ماسه، سیلت و رس، چگالی ظاهری، درصد مواد آلی خاک و سایر موارد تخمین زده می شوند. برخلاف روش های مستقیم، بیشتر روش های غیر مستقیم چندان وقت گیر و پرهزینه نیستند. به طورکلی روش های غیرمستقیم به سه دسته توابع انتقالی، مدل های نیمه فیزیکی مدل سازی معکوس طبقه بندی می شوند.(امیدی، ۱۳۸۷)

۲-۲- توصیف فرآیند حرکت جریان آب در خاک

یک توصیف کامل از فرایندهای جریان آب درهمه جنبه های اساسی وبه کاربرده شده از تحقیقات مدیریت خاک ،آب ،مواد غذایی وشوری موردنیاز می باشد. جریان آب درخاک ها معمولا با معادله ریچاردز توضیح داده می شود:

$$C(h)\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z}\left[K(h)\left(\frac{\partial h}{\partial z} - 1\right)\right] + s \qquad (۱-۲)$$

دراینجا t زمان [T]، Z یک مختصات فضایی [L]، متمایل به پایین مثبت، h یک پتانسیل ماتریک، بیان شده به صورت ارتفاع فشار، C(h) یک ظرفیت آبی خاص [L^{-1}]، تعریف شده به وسیله تغییر درصد محتوای آب حجمی θ [L^3L^{-3}]، با ارتفاع فشار، $C = \frac{\partial h}{\partial \theta}$ می باشد، k(h) قابلیت هدایت هیدرولیکی غیراشباع [LT^{-1}]، وs یک عبارت منبع /حفره یا گودال [T^{-1}] می باشد. این مدل به وسیله شرایط اولیه ومرزی مناسب تکمیل می شود زیرا C وK به طور خطی وابسته به h می باشند، راه حل اش معمولا نیاز به روش های عددی دارد. معادله (۲-۱) از ترکیبی از معادله دارسی باکینگهام و بررسی های پیوستگی درچارچوبی از تئوری کوانتوم بدست آورده می شود وبرای مقیاس سنجش معتبر می باشد. این نیز غالبا به عنوان یک مدل فرایند برای نقل وانتقال آب در مقیاس های بزرگتر استفاده می شود. ضرایب C وK به عنوان خصوصیات موثر استفاده می شوند که همان نام ها را برای مقیاس محلی دارا می باشند، ولی مقادیرشان الزاما با تعریف محلی هماهنگ نمی باشند. تعیین خصوصیات هیدرولیکی یک فرایند بدست آوردن روابط اصلی θ(h) وk(θ) یاK(h)، به صورت استفاده شده درمعادله (۲-۱) می باشد. رابطه θ(h)، منحنی نگهداشت آب نامیده می شود. وابستگی قابلیت هدایت هیدرولیکی، K(h) به محتوای آب یا ارتفاع فشار منحنی هدایت هیدرولیکی نامیده می شود.