پایان‌نامه کارشناسی ارشد

ارزیابی روشهای مختلف برآورد نفوذ و معادلات نفوذ در آبیاری جویچه ای

سید محمود هاشمی راد

اساتید راهنما:
دکتر کامران داوری
دکتر حسین انصاری

اساتید مشاور:
مهندس سید مجید هاشمی نیا
دکتر بیژن قهرمان

بهمن ۱۳۹۰

این پایان نامه با عنوان **«ارزیابی روشهای مختلف برآورد نفوذ و معادلات نفوذ در آبیاری جویچه ای»** توسط **«سید محمود هاشمی راد»** در تاریخ با نمره و درجه ارزشیابی در حضور هیات داوران با موفقیت دفاع شد .

هیات داوران:

ردیف	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	سمت در هیات	امضاء
۱	دکتر کامران داوری	دانشیار	استاد راهنما	
۲	دکتر حسین انصاری	دانشیار	استاد راهنما	
۳	مهندس سید مجید هاشمی نیا	مربی	استاد مشاور	
۴	دکتر بیژن قهرمان	استاد	استاد مشاور	
۵	دکتر کاظم اسماعیلی	استادیار	استاد مدعو	
۶	دکتر علی نقی ضیائی	استادیار	استاد مدعو	
۷	دکتر سعیدرضا خداشناس	دانشیار	نماینده تحصیلات تکمیلی	

تعهد نامه

عنوان پایان نامه: ارزیابی روشهای مختلف برآورد نفوذ و معادلات نفوذ در آبیاری جویچه ای

اینجانب **سید محمود هاشمی راد** دانشجوی دوره دکتری / کارشناسی ارشد رشته **مهندسی آبیاری و زهکشی**

دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تحت راهنمایی**دکتر کامران داوری و دکتر حسین انصاری**متعهد می شوم که:

- تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده و مسئول صحت و اصالت مطالب نگارش شده می باشم.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده شده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط اینجانب یا فرد یگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه فردوسی مشهد می باشد. مقالات مستخرج با نام دانشگاه فردوسی مشهد و یا 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 شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.

تاریخ

نام و امضاء دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

چکیده

هدف از انجام این تحقیق ارزیابی روش‌های برآورد پارامترهای معادله نفوذ در آبیاری جویچه‌ای و مقایسه داده‌های مزرعه‌ای با نتایج شبیه‌سازی آبیاری می‌باشد. آزمایشات صحرایی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی در تابستان ۱۳۸۹ و۱۳۹۰ انجام پذیرفت. پارامترهای معادله نفوذ از اطلاعات مزرعه‌ای به روش‌های دونقطه‌ای الیوت و واکر، پیشروی بنامی و افن، و یک نقطه ای شپارد و همکاران در جویچه‌های مورد آزمایش برآورد گردید. سپس آبیاری با معادلات نفوذ بدست آمده از سه روش ذکر شده توسط نرم افزار *sirmod* شبیه‌سازی شد. نتایج خروجی از نرم افزار با داده‌های حاصل از نفوذ سنجی حجمی در نقاط مختلف جویچه‌ها مقایسه شدند، و دقت روش‌های مختلف تعیین پارامترهای معادله نفوذ و مدل موج سینماتیک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از روش دونقطه‌ای و روش پیشروی برای برآورد پارامترهای نفوذ به همراه نرم افزار *sirmod* برای شبیه‌سازی حرکت آب در آبیاری جویچه‌ای ترجیح دارد. نتایج آنالیز حساسیت روش‌های برآورد پارامترهای نفوذ نشان داد که در روش دو نقطه‌ای، پارامترهای a وkمعادله نفوذ به عوامل Q_0، f_0وزمان های پیشروی حساسیت زیادی نشان می‌دهند. همچنین پارامتر نفوذ تجمعی(Z) صرفاً به عوامل f_0و$T_{0.5L}$ حساسیت متوسط و به عوامل Q_0 وT_Lحساسیت زیادی نشان می‌دهد. در روش یک نقطه ای، مقدار a، فقط به عوامل T_L و $T_{0.5L}$وابسته است و به آنها حساسیت زیادی نشان می‌دهد. اما پارامترهای k و Z، به غیر از هندسه سطح مقطع، به تمام عوامل ورودی حساسیت زیادی نشان می‌دهد. در روش پیشروی، پارامترهای k و Z، بیشترین حساسیت را به عوامل ورودی Q_0و زمان های پیشروی نشان دادند. همچنین پارامتر a به عوامل ورودی حساسیت متوسطی دارد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری جویچه ای، پارامترهای نفوذ، شبیه سازی، آنالیز حساسیت، *sirmod*

سپاسگزاری

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتگان به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است. به پاس قلب های بزرگشان که فریاد رس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند. این مجموعه را به پدر و مادر عزیزم و همسر گرانقدرم تقدیم می کنم.

و با تقدیر و تشکر شایسته از اساتید فرهیخته و فرزانه جناب آقای دکترداوری و جناب آقای دکترانصاری که با نکته های دلاویز و گفته های بلند ، صحیفه های سخن را علم پرور نمود و همواره راهنما و راه گشای نگارنده در اتمام و اکمال پایان نامه بوده است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول- مقدمه

۱-۱ مقدمه.....۱

۱-۱-۱ ارزیابی بازده آب آبیاری در کشور.....۲

۱-۲ ضرورت پژوهش.....۳

۱-۳-اهدف پژوهش.....۴

فصل دوم- بررسی منابع

۲-۱- مقدمه.....۵

۲-۲- تحقیقات انجام شده در ایران.....۶

۲-۳- تحقیقات انجام شده در دنیا.....۹

فصل سوم- مواد و روشها

۳-۱مشخصات عمومی منطقه.....۱۳

۳-۲ مشخصات زمین مورد مطالعه.....۱۳

۳-۳ منبع تامین آب.....۱۴

۳-۴ روش‌های مورد استفاده در برآورد پارامترهای معادله نفوذ.....۱۴

۳-۴-۱روش‌دونقطه ای ۱۴

۳-۴-۲روش پیشروی.....۱۷

۳-۴-۳روش یک‌نقطه ای.....۱۷

۱-۵روش کار در مزرعه.....۱۸

۱-۶شاخص های ارزیابی.....۲۳

۳-۶نرم‌افزارSIRMOD.....۲۴

فصل چهارم- نتایج و بحث

۴-۱ مقدمه..... ۲۹
۴-۲ نتایج آزمایشات انجام شده..... ۲۹
۴-۳ نتایج رطوبت سنجی مزرعه ای..... ۳۷
۴-۴ نتایج حاصل از برآورد پارامترهای معادله نفوذ لوییس-کوستیاکف ۴۱
۴-۵ نتایج حاصل از شبیه‌سازی آبیاری توسط نرم افزار SIRMOD..... ۴۳
۴-۶ نتایج آنالیز حساسیت روش‌های برآورد پارامترهای معادله نفوذ به پارامترهای ورودی..... ۵۳

فصل پنجم- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۵-۱ مقدمه..... ۶۱
۵-۲ نتایج..... ۶۱
۵-۳ پیشنهادات..... ۶۲

فهرست منابع

منابع..... ۶۳

فهرست جدول‌ها

جدول۳-۱. مشخصات خاک زمین مورد مطالعه..... ۱۳

جدول ۳-۲. متوسط مشخصات جویچه ۲۰

جدول ۳-۳. نمونه ثبت داده‌های پیشروی و پسروی آب..... ۲۱

جدول ۳-۴. نمونه ثبت داده های زمان و عمق اندازه گیری شده درفلومWSC..... ۲۲

جدول ۴-۱. نتایج حاصل از ثبت داده های پیشروی و پسروی در آزمایشات انجام شده..... ۲۸

جدول ۴-۲. نتایج حاصل از ثبت داده های زمان و عمق اندازه گیری شده و دبی محاسباتی در فلوم WSC.
..... ۳۳

جدول ۴-۳. نحوه محاسبه عمق آب نفوذ کرده در کل یک جویچه..... ۳۶

جدول ۴-۴. نتایج نفوذ حاصل از رطوبت سنجی(V_z) و مقادیر نفوذ حاصل از اندازه گیری دبی ورودی خروجی(V_z') (بر حسب متر مکعب)..... ۳۷

جدول ۴-۵. نتایج پارامتر قدرمطلق خطای نسبی بین داده های نفوذ رطوبت سنجی و نفوذ کل..... ۳۸

جدول ۴-۶. پارامتر های معادله نفوذ بدست آمده از سه روش دو نقطه ای، یک نقطه ای، و پیشروی در آبیاری اول..... ۳۹

جدول ۴-۷.پارامترهای معادله نفوذ بدست آمده از سه روش دونقطه ای، یک‌نقطه ای، و پیشروی در آبیاری دوم ۳۹

جدول ۴-۸. پارامترهای معادله نفوذ بدست آمده از سه روش دونقطه ای، یک‌نقطه ای، و پیشروی در آبیاری سوم..... ۴۰

جدول ۴-۹. نتایج پارامتر نفوذ نهایی در آبیاری ها و تکرارهای مختلف..... ۴۰

جدول ۴-۱۰. عمق های رطوبت اندازه گیری و شبیه سازی شده بر حسب متر در نقاط مختلف جویچه.....
..... ۴۱

جدول ۴-۱۱. مقادیر R^2 بین داده‌های رطوبت اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده در جویچه(آبیاری اول) . ۴۵

جدول ۴-۱۲. مقادیر R^2 بین داده‌های رطوبت اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده در جویچه(آبیاری دوم)..... ۴۵

جدول ۴-۱۳. مقادیر R^2 بین داده‌های رطوبت اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده در جویچه(آبیاری سوم)... ۴۶

جدول ۴-۱۴. زمان‌های پیشروی اندازه گیری و شبیه سازی شده در نقاط مختلف جویچه..... ۴۶

جدول ۴-۱۵. مقادیر درصد خطای نسبی(RE) و درصد خطای استاندارد (SE)بین عمق نفوذ اندازه‌گیری شده و شبیه سازی شده در آبیاری اول..... ۵۰

جدول ۴-۱۶. مقادیر درصد خطای نسبی(RE) و درصد خطای استاندارد (SE)بین عمق نفوذ اندازه‌گیری شده و شبیه سازی شده در آبیاری دوم..... ۵۱

جدول ۴-۱۷. ضریب حساسیت پارامترهای a ، k ، Z نسبت به پارامترهای ورودی در روش دو نقطه ای..... ۵۶

جدول ۴-۱۸. ضریب حساسیت پارامترهای a ، k ، Z نسبت به پارامترهای ورودی در روش یک نقطه ای..... ۵۷

جدول ۴-۱۷. ضریب حساسیت پارامترهای a ، k ، Z نسبت به پارامترهای ورودی در روش پیشروی ۵۸

فهرست شکل‌ها

شکل۳-۱. پروفیلامتر.....۱۷

شکل ۳-۲. انجام آبیاری با دبی ثابت در ۵ جویچه.....۱۸

شکل ۳- ۳. فلوم WSC ۱۹

شکل ۳-۴. مشخصات مورد استفاده در جویچه.....۲۰

شکل ۳-۵. صفحه ورودی داده های اولیه آبیاری.....۲۳

شکل ۳-۶. صفحه ورودی مشخصات هندسی جویچه.....۲۴

شکل ۳-۷. صفحه ورودی مشخصات نفوذ جویچه.....۲۴

شکل ۳-۸. صفحه خروجی داده‌های پیشروی و پسروی.....۲۵

شکل ۳-۹. صفحه خروجی داده های رواناب.....۲۶

شکل ۴-۱. منحنی تغییر عمق رطوبتی حاصل از رطوبت سنجی در جویچه(آبیاری اول، تکرار اول).....۳۷

شکل ۴-۲. ضرایب R^2 بین داده های رطوبت شبیه سازی شده و اندازه گیری شده.....۴۲

شکل ۴-۳. منحنی های پیشروی مشاهده ای و شبیه سازی شده جبهه آب در جویچه.....۴۷

شکل ۴-۴. نتایج حساسیت پارامترهای معادله نفوذ به پارامترهای ورودی در روش دو نقطه ای.....۵۳

شکل ۴-۵. نتایج حساسیت پارامترهای معادله نفوذ به پارامترهای ورودی در روش یک نقطه ای.....۵۴

شکل ۴-۶. نتایج حساسیت پارامترهای معادله نفوذ به پارامترهای ورودی در روش پیشروی.....۵۵

فصل اول- مقدمه

۱-۱- مقدمه

امروزه با رشد جمعیت و نیاز بیشتر به مواد غذایی ، مصرف آب در بخش کشاورزی و صنعت بشدت افزایش یافته است. علاوه بر این به‌علت بالا رفتن سطح زندگی مردم مصرف آب در مصارف خانگی هم افزایش دارد. از اینرو کمبود آب بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک زندگی افراد جامعه را تهدید می کند. در کشور ما نیز کمبود بارندگی و نیاز به آبیاری باعث توسعه کشاورزی فاریاب شده است،که این مساله باعث فشار مضاعف به منابع آب زیرزمینی می شود. میزان برداشت سالانه از منابع زیرزمینی در کشور ما حدود ۶۴ میلیارد متر مکعب است که از این مقدار فقط ۵۶ میلیارد متر مکعب آن تجدیدپذیر می باشدو سالانه حدود ۸ میلیارد متر مکعب کسری مخزن وجود دارد. برای جبران این نقیصه لازم است که با بالا بردن سطح بهروری و استفاده از روش های پیشرفته‌تر در آبیاری اراضی مصرف آب را کاهش دهیم(علیزاده، ۱۳۸۵). برای بالا بردن بهره‌وری در مصرف آب لازم است که شرایط خاک و گیاه به خوبی شناخته شود تا آب به اندازه و در زمان مناسب به گیاه داده شود. در مناطقی که گیاهان تحت آبیاری هستند، مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح برای استفاده بهینه از آب ضروری به نظر می‌رسد. اصلاح مدیریت آبیاری و برنامه‌ریزی دقیق جهت استفاده بهینه از آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک با کاربرد مدل‌های ریاضی امکان‌پذیر می‌باشد.

۱-۱-۱- ارزیابی بازده آب آبیاری در کشور

بررسی بیلان آب کشور نشانگر آن است که علی رغم مهار تمامی آب‌های سطحی و قابل استحصال و با توجه به روند بی‌رویه رشد جمعیت از یک سو و نیز گسترش شهرنشینی و توسعه بخش‌های صنعت و خدمات در مقایسه با بخش کشاورزی، در آینده نه چندان دور با کمبود جدی آب مواجه خواهیم شد. بنابراین در برنامه‌های توسعه اقتصادی کشور، توجه زیادی به افزایش بهره‌وری آب و بهبود بازده آبیاری در بخش کشاورزی شده است. نتایج تحقیقات و مطالعات مختلف بیانگر آن است که در بخش کشاورزی کشور آب به شکلهای مختلف و به میزان زیادی تلف می‌شود. به نحوی که متوسط بازده آبیاری در کشور بین ۳۳ تا ۳۷ درصد تغییر می‌نماید که مقدار آن کمتر از متوسط کشورهای توسعه‌یافته (۶۰ درصد) می‌باشد. برخی از صاحب‌نظران نخستین گام در راه جلوگیری از بحران آب را افزایش بازدهی آب ذکر کرده‌اند که با افزایش بازدهی می‌توان مصرف آب در بخش‌های کشاورزی، صنعت و مصارف شهری را به ترتیب ۱۰ تا ۵۰ درصد، ۴۰ تا ۹۰ درصد و ۳۰ تا ۳۲ درصد کاهش داد بدون اینکه بازده اقتصادی یا کیفیت زندگی کاهش یابد.

بنابراین اصلاح سامانه‌های آبیاری، اعمال مدیریت صحیح در زمان و مقدار آب آبیاری، تسطیح، تجهیز و نوسازی و یکپارچه‌سازی اراضی از جمله موارد ضروری برای بهبود بازدهی آب آبیاری محسوب می‌گردند. در کشورهای در حال توسعه و به ویژه ایران توجه بیشتری به توسعه فیزیکی شبکه‌های آبیاری بوده و مساله بهره‌برداری از شبکه‌ها و مشارکت کشاورزان در امر مدیریت، نگهداری و بهره‌برداری از شبکه‌ها کمتر مد نظر قرار گرفته است. حاصل آن کاهش بازده کل آبیاری تا حدود ۳۰ درصد و تخریب و فرسودگی ساختار فیزیکی شبکه‌ها می‌باشد.

۱-۲- ضرورت پژوهش

آبیاری سطحی یکی از قدیمی‌ترین روش‌های آبیاری است که به علت کم بودن هزینه اولیه آن (در مقایسه با روش‌های آبیاری بارانی و قطره‌ای) تا به حال تحقیقات زیادی برای افزایش راندمان آن انجام گرفته است. همچنین در روشهای مختلف آبیاری سطحی، آبیاری جویچه‌ای به علت هوادهی بهتر منطقه ریشه گیاه و راحت‌تر سبز شدن گیاه، از سایر روش‌های آبیاری سطحی بیشتر مورد استفاده است.به منظور ارزیابی، طراحی و یا شبیه‌سازی یک سیستم آبیاری سطحی در مرحله اول نیاز به تعیین پارامترهای معادله نفوذ می باشد. اگر این پارامترها دقیق‌تر تعیین گردند، بهتر می‌توان سیستم آبیاری مورد نظر را ارزیابی، طراحی و یا شبیه‌سازی نمود. برای استفاده بهینه از آب و افزایش راندمان آبیاری لازم است که پارامترهای معادله نفوذ بخصوص در رابطه با عمق آب، محیط خیس شده و شکل هندسی جویچه با دقت خوبی تخمین زده شوند. در صورتی که پارامترهای معادله نفوذ با دقت مناسب و نزدیک به شرایط مزرعه‌ای تعیین نگردند ممکن است آبیاری بی رویه و در نتیجه فرونشت عمقی و رواناب انتهایی صورت گیرد و یا آبیاری کمتر از مقدار مورد نیاز انجام گیرد که در هر دو صورت، راندمان آبیاری کم خواهد بود. از اینرو به نظر می رسد که یافتن یک روش برآورد پارامترهای نفوذ که بهترین نتیجه را در مقایسه با داده‌های مزرعه‌ای (رطوبت نفوذ کرده واقعی در جویچه) داشته باشد، ضروری می باشد.

نفوذ: نفوذ برحسب تعریف عبارت از وارد شدن آب از سطح زمین به داخل خاک است. پارامتر نفوذ نه تنها یکی از حساس ترین پارامترهای هیدرولیکی موثر بر آبیاری سطحی است، بلکه متاسفانه از مشکل ترین پارامترهای قابل اندازه گیری در مزرعه نیز می باشد. برخی از معادله های نفوذ، پایه و اساس نظری داشته و برخی دیگر معادله هایی هستند که بر داده های نفوذ تجمعی و زمان برازش داده شده و از اصول نظری برخوردار نمی‌باشند. برخی از معادلات نفوذ عبارتند از معادله کوستیاکف، لوییس-کوستیاکف، فیلیپ، معادله هورتون، SCS و گرین

امپت(بای بوردی ۱۳۷۲). در این پژوهش برای به کمیت درآوردن نفوذ در جویچه از معادله لوییس-کوستیاکف استفاده شده است.

۱-۳-اهداف پژوهش

با توجه به مطالب بالا هدف از انجام این پژوهش در موارد زیر خلاصه می‌شود:

۱- انجام یکسری آبیاری در جویچه های آزمایشی و ثبت اطلاعات پیشروی و پسروی در آن ها

۲- اندازه گیری عمق رطوبت در نقاط مختلف جویچه های آزمایشی با استفاده از نمونه های وزنی از اعماق مختلف خاک، و ارزیابی پروفیل رطوبتی در نقاط مختلف جویچه

۳- تعیین معادلات نفوذ در جویچه‌های مورد آزمایش با استفاده از سه روش معمول برآورد پارامترهای نفوذ شامل روش دونقطه ای الیوت و واکر، روش یک نقطه ای شپارد و همکاران و روش پیشروی بنامی و افن

۴- شبیه سازی آبیاریدر جویچه های مورد آزمایشتوسط نرم افزار SIRMOD با استفاده از معادلات بدست آمده از سه روش ذکر شده

۵- مقایسه داده های حاصل از شبیه‌سازی آبیاری توسط نرم افزارSIRMOD با داده‌های نفوذ و زمان های پیشروی و پسروی اندازه گیری شده در مزرعه

۶- و نهایتا بررسی آنالیز حساسیت روش های براورد معادلات نفوذ به پارامتر های ورودی در جویچه های آزمایشی

فصل دوم- بررسی منابع

۲-۱-مقدمه

نفوذ یکی از مهمترین پارامترهای خاک در طراحی و ارزیابی روش های آبیاری سطحی است(الیوت و واکر،۱۹۸۲). نرخ نفوذ خاک در یک خاک یکسان در هر روش آبیاری متفاوت است. در آبیاری سطحی، نفوذ بر روی پیشروی جبهه آب و فاز پسروی بعد از قطع آبیاری تاثیر می گذارد (هولزپفل،۱۹۸۴). در صورتیکه در آبیاری تحت فشار، نفوذ خاک اساسا بر روی سرعت کاربرد آب تاثیر می گذارد. به علت اینکه بهترین تکنیک مورد استفاده برای تعیین پارامترهای مدل های نفوذ، استفاده از مدل‌های تجربی نفوذ است، و این نفوذ به رطوبت خاک، خصوصیات خاک و زبری خاک بستگی دارد تخمین نفوذ خاک مهمترین مساله در مطالعات آبیاری است(هولزپفل۲۰۰۴).

بنابراین تکنیک مورد استفاده برای تعیین خصوصیات نفوذ خاک باید متناسب با هدف مورد مطالعه باشد. برای پیش بینی نرخ نفوذ خاک، مدل‌های تجربی مانند کوستیاکف و کوستیاکف- لوییس بیشتر مورد استفاده هستند. علاوه بر این بیشتر مدل‌های مورد استفاده برای فاز پیشروی و پسروی در آبیاری سطحی از این معادلات ساخته می شود. در آبیاری جویچه‌ای، شکل و اندازه جویچه بر روی حجم آب نفوذ کرده تاثیر می گذارد. زیرا اندازه جویچه محیط مرطوب شده و ناحیه ای که آب با خاک در تماس است را افزایش می دهد(کریستیانسن۱۹۶۶).

۲-۲- تحقیقات انجام شده در ایران

نحوی نیا و همکاران(۱۳۸۸) برای پیش بینی متوسط میزان نفوذ در آبیاری جویچه‌ای توسط مدل های شبکه عصبی و عصبی- فازی به عنوان مدل‌های تجربی و مدل رگرسیونی به عنوان مدل آماری با استفاده از رطوبت اولیه‌ی خاک و دبی ورودی به جویچه، تحقیقی را انجام دادند. به همین منظور از یک سری آزمایش‌های صحرایی که به روش آبیاری جویچه‌ای در پنج مزرعه آزمایشی گلمکان مشهد، توتون ارومیه ، صفی آباد دزفول ، دانشگاه بیرجند و موسسه اصلاح بذر کرج در طی دوره ی زمانی تابستان ۱۳۷۶ تا تابستان ۱۳۸۵ انجام شده بود و دارای طیف گسترده‌ای از نظر بافت خاک (سبک، متوسط و سنگین) بودند، استفاده شد. برای تعیین عوامل معادله ی نفوذ کوستیاکوف-لوییس از روش بیلان حجم در آبیاری جویچه‌ای استفاده گردید. نتایج نشان داد که دقت مدل رگرسیونی در خاک‌های سنگین در مقایسه با خاک‌های متوسط و سبک بیشتر است. مدل شبکه‌های عصبی در خاک‌های متوسط (Silty Clay Loam) دقت مناسبی دارند و در خاک های سنگین (Clay Loam) تمایل به بیش برآورد و در خاک‌های نسبتا سبک (SiltyLoam) تمایل به کم برآورد دارند. اما سیستم استنتاج فازی عصبی قادر است قابلیت تخمین را در تمام شرایط حفظ کند که این امر نشان از دقت بیشتر و قابلت تخمین زیاد سیستم استنتاج فازی عصبی دارد.

ابراهیمیان و همکاران(۱۳۸۸) تحقیقی را به منظور ارزیابی روشهای مختلف تخمین پارامترهای نفوذ پذیری در آبیاری جویچه ای و نواری انجام دادند که نتیجه این تحقیق منجر به ارائه یک روش جدید دونقطه ای براساس معادله فیلیپ برای برآورد پارامترهای نفوذ پذیری در این دو نوع آبیاری شد. در این راستا آنها از هفت سری داده صحرایی با شرایط مختلف مزرعه ای از جمله طول، شیب و دبی ورودی استفاده کردند. همچنین با مدل هیدرودینامیک نرم افزار Sirmod و با تخمین پارامترهای نفوذ با روش پیشنهادی و روش دو نقطه ای الیوت و واکر، پیشروی بنامی و افن، یک نقطه ای شپارد و همکاران و یک نقطه ای والیانتزاس و همکاران، مراحل پیشروی و پسروی شبیه سازی شدند تا دقت های روش های مختلف براورد پارامتر های نفوذ مورد

بررسی قرار گیرد. نتایج نشان داد که در برآورد میزان آب نفوذ یافته به خاک در آبیاری نواری روش پیشنهادی (۴/۸ درصد) و در آبیاری جویچه ای روش شپارد و همکاران(۱۳/۹ درصد) و روش پیشنهادی (۱۴.۲ درصد) دارای کمترین خطای نسبی می باشند. و در پیش بینی مرحله پیشروی در آبیاری جویچه ای و نواری به ترتیب روش پیشروی بنامی و افن (۱۹/۵) و روش پیشنهادی (۶/۶ درصد) و در پیش بینی مرحله پسروی در آبیاری جویچه‌ای و نواری به ترتیب روش شپارد و همکاران(۱/۳ درصد) و روش پیشنهادی (۲/۲ درصد) دارای کمترین خطای استاندارد بودند.

کفایتی و همکاران(۱۳۸۴) یک روش ساده را برای تعیین معادلات نفوذ آبیاری جویچه‌ای براساس هیدروگراف‌های ورودی و خروجی ارائه دادند. در روش ارائه شده نیازی به حل معادلات پیچیده بیلان حجم که دارای پارامترهای متعددی است نمی باشد. برای ارزیابی روش ارائه شده، یک سیستم غلام گردشی واقع در پارک صفه اصفهان مورد استفاده قرار گرفت و پارامترهای معادلات نفوذ کوستیاکف و کوستیاکف-لوئیس تعیین گردید. نتایج نشان داد که روش ارائه شده قادر است با دقت بالایی پارامترهای معادلات نفوذ کوستیاکف و کوستیاکف-لوئیس را تعیین نماید به طوری که خطای پیش بینی حجم نفوذ محاسبه شده با استفاده از معادلات فوق در مقایسه با حجم نفوذ محاسبه شده توسط هیدروگراف‌های جریان ورودی و جریان خروجی به ترتیب برابر با ۲/۹ و ۷/۶ درصد گردید.

سپاسخواه و افشار چمن آباد(۱۳۸۰) در یک مطالعه معادله نفوذ تجربی لوئیس - کوستیاکف را برای آبیاری جویچه‌ای معمولی و یک در میان برای خاکهای سری دانشکده در باجگاه برای بده‌های ورودی ۰/۴، ۰/۸، ۱/۱ لیتر در ثانیه واسنجی کردند. این تحقیق در آزمایشگاه صحرایی بخش آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در باجگاه در جویچه‌هایی با طول ۱۰۰ متر انجام شد. دو روش برای واسنجی معادله نفوذ استفاده شد: روش اول استفاده از داده‌های پیشروی به تنهایی (الیوت و واکر، ۱۹۸۲) و روش دوم استفاده از داده‌های پیشروی + ذخیره با استفاده از دو روش محاسباتی ضرایب معادله نفوذ لوئیس - کوستیاکف برای دو روش

آبیاری جویچه‌ای معمولی و یک در میان متفاوت بود. محاسبه ضرایب به روش دوم به علت اینکه از داده‌های آبیاری کامل استفاده می کند معادله نفوذ واقعی‌تری را نشان می دهد.

مصطفی زاده و فرزام نیا (۱۳۷۹) در یک تحقیق عملکرد هیدرولیکی آبیاری جویچه‌ای را با سه روش مدیریت دبی جریان، شامل روش‌های اعمال شده توسط زارع (سنتی)، واکر و اسکوگربو، و کاهش دبی در سه مزرعه آزمایشی لورک، شرودان و دانشگاه صنعتی اصفهان، برای سه مرحله آبیاری مورد مقایسه قرار دادند. در هر یک از مزارع آزمایشی، با در نظر گرفتن حداقل سه تکرار برای هر آزمایش، اطلاعات لازم برای هر یک از روش‌های فوق، شامل شکل هندسی، طول و شیب جویچه، بافت خاک، پیشروی سطحی آب، دبی ورودی و دبی خروجی جویچه جمع‌آوری گردید. پارامترهای معادله نفوذ کوستیاکف – لوییس، با استفاده از روش بیلان حجم تعیین شد. سپس نسبت نفوذ عمقی، نسبت پایاب و بازده کاربرد آب محاسبه گردید. نتایج نشان داد که همواره نسبت نفوذ عمقی در روش کاهش دبی بیشتر از روش واکر و اسکوگربو (۱۸/۶ درصد در مقایسه با ۱۳/۷ درصد)، و نسبت پایاب در روش کاهش دبی کمتر از روش‌های واکر و اسکوگربو و سنتی (به ترتیب ۱۲/۴ درصد در مقایسه با ۱۶ و ۲۰/۶ درصد) است. تاثیر این دو عامل، یعنی نسبت نفوذ عمقی و نسبت پایاب، سبب گردید که بازده کاربرد در روش سنتی کمتر از روش‌های کاهش دبی واکر و اسکوگربو (به ترتیب ۴۲/۷ درصد در مقایسه با ۶۹ و ۷۰ درصد) باشد. در مجموع، روش کاهش دبی در مزارع با بافت خاک سنگین، در مقایسه با مزارع با بافت خاک سبک، دارای بازده کاربرد بیشتری (۷۳/۹ درصد در مقایسه با ۵۱/۲ درصد) بود.

زینال زاده و همکاران (۱۳۷۹) در یک مطالعه با استفاده از روش استوانه‌های دوگانه و روش ورودی-خروجی در آبیاری های مختلف، ضرایب معادلات نفوذ کوستیاکف و کوستیاکف- لوییس را برای آبیاری جویچه ای اندازه گیری و مورد ارزیابی قرار دادند. آزمایش ها در زمینی به وسعت یک هکتار با بافت خاک سطحی لوم رسی (۲۵-۰ سانتی متر) و بافت خاک زیرین لومی (۱۰۰-۲۵ سانتی متر) در تعداد ۱۵عدد جویچه، هر کدام به طول تقریبی ۸۰ متر و فاصله ۰/۵۷ متر، و در ۴ نوبت آبیاری انجام گردید. درروش استوانه‌ای دو گانه جمعا

تعداد ۳۰ استوانه در ابتدا، وسط و انتهای جویچه‌ها نصب گردید و در روش ورودی-خروجی از فلومهای WSC برای اندازه‌گیری دبی ورودی و خروجی جویچه استفاده شد. بعد ازهرآبیاری، نمونه برداری به منظور تعیین وزن مخصوص ظاهری خاک نیز صورت گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که سرعت نفوذ نهایی اندازه گیری شده از روش ورودی-خروجی ۴/۴ برابر مقدار حاصل از استوانه‌های دوگانه است. عمق نفوذ تجمعی در روش ورودی-خروجی در طول ۱۸۰ دقیقه در آبیاری دوم ۳ برابر و در آبیاری سوم ۲/۲ برابر عمق نفوذ یافته حاصل از روش استوانه‌های دو گانه بود.

۲-۸- تحقیقات انجام شده در دنیا

هولزپفل و همکاران(۲۰۰۴) در یک مطالعه چهار روش مختلف برآورد پارامترهای نفوذ معادله کوستیاکف-لوییس ($Z=AT^B+CT$) را در دو نوع جویچه (باریک با عرض۴۰ سانتی متر) و عریض(با عرض ۶۰ سانتی متر) مورد ارزیابی قرار دادند. این چهار روش عبارت بودند از: روش دو نقطه ای، تک نقطه ای، روش پیشروی و روش نفوذ سنج جویچه. نتایج نشان داد که ثابت های معادله کوستیاکف بدست آمده برای این دو سایز جویچه به نوع روش اندازه گیری بستگی دارد. همچنین مقادیر B در معادله کوستیاکف برای هر روش و سایز فارو به صورت معنی داری تغییر نمی کنند. اگر چه مقادیر A نشان داد که بسته به نوع روش اندازه گیری و سایز فارو بصورت قطعی تغییر می کرد.

رسول زاده و سپاسخواه (۲۰۰۳) در یک تحقیق برای ارائه معادله کلی برای نفوذ در آبیاری جویچه ای از روش مقیاس سازی استفاده کردند. آنها در شش سری خاک هشت اندازه گیری برای بدست آوردن یک معادله کلی شده برای نفوذ در آبیاری جویچه ای، انجام دادند. در این شش سری خاک چهار بافت متفاوت وجود داشت که دامنه وسیعی از خاک ها را شامل می شود(لومی شنی تا لومی رسی). آنها با استفاده از آنالیز ابعادی، یک معادله مناسب برای هر خصوصیت مقیاس مکانی بدست آوردند (فاکتور مقیاس سازی)، که این فاکتور تابعی از

محیط مرطوب، مقدار رطوبت اشباع و رطوبت اولیه خاک بود. با استفاده از این فاکتور مقیاس سازی، منحنی های نفوذ تجمعی اندازه گیری شده برای آبیاری جویچه ای مقیاس سازی شدند. نتایج نشان داد که با استفاده از فاکتورهای مقیاس سازی بدست آمده از آنالیز ابعادی، منحنی های نفوذ مختلف قادرند به یک معادله تنها ترکیب شوند. همچنین یک فاکتور مقیاس سازی دیگر ارائه شد که شامل پهنای فارو به عنوان پارامتر به آسانی در دسترس بود. ارزیابی معادلات مقیاس سازی شده نشان داد که آنها قابل کاربرد در دیگر خاک ها با شرایط هیدرولیکی متفاوت هستند. بنابراین معادلات نفوذ کلی شده(مقیاس سازی شده) بدست آمده در این تحقیق می توانند در دامنه وسیعی از وضعیت‌های خاک و خصوصیات هیدرولیکی جویچه‌ها بکار روند. در آبیاری سرج، مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع و سرعت نفوذ نهایی با ۸۰٪ آنهایی که در یک جویچه با آبیاری پیوسته وجود داشت، مطابق بودند. البته قابل توجه است که معادلات نفوذ مقیاس سازی شده نمی توانند در یک خاک سنگین رسی شکاف دار که نفوذ اولیه در شکاف‌ها نسبت به ماتریکس خاک بیشتر است، بکار روند.

رودریگز (۲۰۰۲) مطالعه‌ای را جهت ارائه یک روش برای تخمین معادلات پیشروی و نفوذ در آبیاری جویچه‌ای مطابق با دبی‌های تست نشده انجام داد. روش پیشنهاد شده با آزمایشات مختلف مزرعه‌ای و دبی‌های غیرفرسایشی که نتایج رضایت بخشی داشتند، ارزیابی شد. انحراف‌های معنی دار زمانی که دبی‌های فرسایشی استفاده شد، بدست آمد. در نهایت، یک معادله برای پیش بینی تاثیر محیط مرطوب بر روی پارامترهای نفوذ بدست آمد.

والیانتاژ و همکاران (۲۰۰۱) یک روش ساده را برای تعیین معادله نفوذ خاک سازمان حفاظت خاک آمریکا(SCS)، $(F=(kT^{\alpha}+c)\frac{p}{w})$، در آبیاری جویچه‌ای ارائه دادند. بر اساس روش آنها، زمان پیشروی فقط در یک نقطه از جویچه مزرعه، نرخ دبی، و متوسط سطح جریان تنها داده‌های مزرعه ای مورد نیاز برای تخمین دو پارامتر معادله نفوذ SCS هستند. ابتدا وابستگی دو پارامتر نفوذα و kمعادله SCS، بصورت تحلیلی بیان شد و سپس پارامتر نفوذ ناشناخته معادله SCS، α، می تواند با کاربرد معادله بیلان حجمی و با استفاده از یک فرض