Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 6, Winter 2013, p. 287-296

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۴، جلد۶، زمستان ۱۳۹۱، ص. ۲۹۶-۲۸۷

براورد مقادیر حجم آب نفوذ یافته در جویچه های آبیاری با استفاده از مدل‌های SIRMOD و HUDRUS2-D

علی اصغر میرزایی[۱*]، سید علی اشرف صدرالدینی[۲]، امیر حسین ناظمی[۳]

چکیده

یکی از مشکلات اصلی آبیاری سطحی، نفوذ زیاد آب در خاک و غیریکنواخت بودن نیمرخ رطوبتی در زیر سطح خاک است که موجب کاهش راندمان آبیاری می‌گردد در این تحقیق شبیه‌سازی توام حرکت آب در جویچه های آبیاری و نفوذ آن انجام شد برای این منظورجویچه های آبیاری به پنج مقطع مساوی تقسیم شد و مساحت مقطع‌ها با مقطع سنج اندازه گیری شد و از مدل‌ها برای حل عددی معادلات جریان سطحی سنت و نانت و معادله اساسی حرکت آب در محیط متخلخل معادله ریچادز انجام پذیرفت سپس با استفاده از مدل جریان سطحی SIRMOD شبیه‌سازی جریان و نفوذ آب در مقطع‌های جویچه‌آبیاری انجام گرفت و پروفیل رطوبتی در مقاطع مختلف و در زمان‌های متوالی آبیاری توسط مدل HYDRUS بدست آمد و با استفاده از مساحت مقطع‌ها حجم آب نفوذ یافته در کل جویچه در زمان‌های مختلف آبیاری با مدل SIRMOD مقایسه گردید و دقت دو مدل در براورد حجم آب نفوذ یافته در خاک مقایسه شد. نتایج نشان داد که مدل HYDRUS به دلیل حل معادله ریچادز خطای کمتری داشته است همچنین دقت شبیه‌سازی عددی مبتنی بر حل معادله ریچاردز برای نفوذ با توجه به ارقام مشاهداتی و مقایسه تطبیقی آن با مدل HYDRUS در پروفیل رطوبتی در روند توسعه حجم مرطوب شده خاک مورد بررسی قرار گرفت. میانگین جذر مربعات خطا(RMSE) در مقایسه با نتایج HYDRUS با مقادیر مشاهداتی برابر ۰/۱۱ و میانگین مقدار ضریب تبیین در عمق‌های مختلف۰/۱۱ =R^2حاصل گردید. لذا، مدل HYDRUS علاوه بر تخمین مناسب حجم آب نفوذ یافته به جویچه نحوه توزیع رطوبت را در خاک مجاور جویچه ها به خوبی شبیه سازی می‌نماید .

واژه های کلیدی: مدل جریان سطحی– معادلات جریان سطحی – SIRMOD - HYDRUS – پروفیل رطوبتی

مقدمه

آبیاری جویچه ای از روش‌های آبیاری سطحی است که به دلیل اینکه سطح کمتری از مزرعه را خیس می‌کند، و تطبیق پذیری بیشتری با شیب‌های مختلف دارد و بطورکلی از پذیرش بیشتری نزد کشاورزان برخوردار است مورد توجه قرار داشته و مطالعات زیادی بر روی آن صورت گرفته است از جمله به تلفات عمده آب در آبیاری جویچه ای می‌توان به نفوذ عمقی و روا ناب انتهایی اشاره نمود. نفوذ یکی از پارامترهای مهم تأثیرگذار در آبیاری سطحی است نفوذ در طی زمان و از مکانی به مکان دیگر تغییر می‌کند با تمام پیشرفت‌هایی که در علم آبیاری حاصل شده است، هنوز متوسط بازده آبیاری سطحی در دنیا از ۳۵ درصد تجاوز نمی‌کند(مصطفی زاده،۱۳۷۸).پذیرش شیوه-های جدید آبیاری و استفاده از فن‌آوری‌های مناسب برای پیاده کردن این روش‌ها از جمله راه‌های افزایش بازده آبیاری و کارایی مصرف آب است. شبیه‌سازی عددی و تحلیلی، راه‌حل آسان و کم هزینه برای مطالعه فعالیت‌های مدیریتی آبیاری سطحی بهینه می‌باشد. کاتوپودز و همکاران(۱۹۹۱) ، روشی را برای برآورد پارامترهای نفوذ و زبری سطح خاک در سیستم‌های آبیاری سطحی و با استفاده از یک مدل اینرسی صفر خطی شده ارائه دادند. کایتال و همکاران (۱۹۸۷)، یک معادله نفوذ توسعه دادند که جریان نفوذ در جویچه ها را به صورت دوبعدی در نظر می‌گرفت. هدف آن‌ها توسعه توابع نفوذی بود که در سراسر فصل رشد و نه تنها در یک واقعه آبیاری قابل کاربرد باشند. روش آن‌ها شامل حل عددی معادله ریچاردز در جویچه ها با استفاده از روش اجزای محدود بود. معادله ریچاردز با استفاده از ویژگی‌های پایه خاک و پارامترهای مربوط به شکل جویچه به منظور برآورد پارامترهای یک تابع نفوذ توانی بکار گرفته شد. این تابع دارای دو متغیر مستقل شامل عرض بالایی جریان و نیز عمق کشت بود. واکر و باسمن (۱۹۹۰)، رویکردی شامل

استفاده از شبیه سازی موج کینماتیک و تلفیق آن با روش بهینه سازی سیمپلکس به منظور تعیین پارامترهای نفوذ در مراحل اولیه فاز پیشروی در جویچه ارائه دادند. رویکرد آن ها بر اساس حداقل سازی اختلاف بین مقادیر شبیه سازی و اندازه گیری شده سرعت پیشروی می‌باشد. آن‌ها نتیجه گرفتند، این روش برآوردهایی از پارامترهای نفوذ

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری وزهکشی دانشگاه تبریز
(* – نویسنده مسئول: (Email: a_mirzaie62@yahoo.com
۲و۳- دانشیار و استاد گروه مهندسی آب دانشگاه تبریز

Archive of SID
www.SID.ir

را با صحتی قابل قبول فراهم می‌کند. مدل‌های نفوذ کوستیاکوف و کوستیاکوف-لوئیس رایج‌ترین مدل‌های مورد استفاده در مسائل آبیاری سطحی می‌باشد. اسمیت (۱۹۷۲)، با استفاده از داده‌های آبیاری سطحی و مدل موج کینماتیک، پارامترهای مدل کوستیاکوف-لوئیز را برآورد نمود. الیوت و همکاران (۱۹۸۳)، روشی جهت برآورد مقادیر پارامترهای نفوذ مدل کوستیاکوف تصحیح شده با استفاده از منحنی‌های بدون بعد پیشروی در داده‌های تجربی جویچه ها ارائه کردند. الیوت و واکر (۱۹۸۲؛۱۹۸۰)، استفاده از روش بیلان حجم دو نقطه‌ای را برای برآورد پارامترهای مدل کوستیاکوف-لوئیس و بر اساس داده‌های اندازه گیری شده فاز پیشروی ارائه کردند. مدل‌های نفوذ بکار رفته برای حل معادله ریچادز، در مطالعات آزمایشگاهی و مزرعه‌ای فراوانی برای شبیه سازی و یا برآورد معکوس ویژگی‌های هیدرولیکی و انتقال املاح خاک مورد استفاده قرار می گیرند که می‌توان به تحقیقات وانگ و همکاران، (۱۹۹۷)؛ سیمیونک و همکاران، (۱۹۹۹)؛ ونترلا و همکاران، (۲۰۰۰) و عباسی و همکاران، (۲۰۰۳) می‌توان اشاره نمود. توماس وولینگ نفوذ در شیار را در سال ۲۰۰۵ با استفاده از مدل HYDRUS2-D شبیه سازی نمود او مقطعی از جویچه را انتخاب و کنتورهای هم رطوبت و توزیع رطوبت را در آن مقطع شبیه سازی نمود. در این تحقیق شبیه سازی نفوذ آب در جویچه های آبیاری در مقاطع مختلف و در زمان های متوالی آبیاری با استفاده از مدل جریان سطحی SIRMODو بدست آوردن پروفیل رطوبتی خاک توسط مدل HYDRUS انجام می گیرد و دقت دو مدل در بر او رد حجم آب نفوذ یافته در خاک مقایسه خواهد شد.

مواد و روش ها

$$\frac{\partial \theta}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial x}\left[K(\theta)\left(\frac{\partial h}{\partial x}+\cos\alpha\right)\right]-S \qquad (۱)$$

مدل‌های آبیاری سطحی، وسیله‌ای جهت طراحی و ارزیابی روش‌های آبیاری سطحی می‌باشند. با استفاده از این مدل‌ها می‌توان یک آبیاری کامل را شبیه سازی نموده و با تغییر عوامل ورودی که در حقیقت عوامل طراحی نیز می‌باشند، به بازدهی و یکنواختی بالایی در اجرای آبیاری دست یافت (امینی زاده،۱۳۸۱).البته شبیه سازی جریان آب روی سطح خاک کار تازه‌ای نیست .دقت نتایج حاصل از هر مدل بستگی به دقت پارامترهای ورودی و شبیه سازی درست پدیده مورد نظر دارد .هر قدر که فرضیات ساده کننده یک مدل کمتر باشد می‌توان اطمینان بیشتری به نتایج حاصل از آن داشت. اغلب روش‌های ارائه شده برای مدل سازی ریاضی آبیاری سطحی بر اساس اعمال قانون بقای جرم و مومنتم که منتج به معادلات سنت و نان می‌شوند، می‌باشند.

مدل HYDRUS

مدل HYDRUS یکی از مدل‌های پیشرفته در ارتباط با حرکت یک بعدی آب، املاح و گرما و خاک می‌باشد. این مدل توسط سیمیونگ و همکاران در آزمایشگاه شوری خاک آمریکا بسط داده شده است که شامل حل عددی معادله ریچاردز برای بررسی حرکت آب در خاک و معادلات انتقال ـ انتشار برای بررسی حرکت گرما و خاک در آب است. معادلات مربوط به روش عناصر محدود حل گردیده‌اند. این مدل قادر به شبیه سازی در شرایط اشباع و غیر اشباع بوده و توانایی تخمین خصوصیات خاک به روش معکوس را دارد. جریان و انتقال می‌توانند در سطحی عمودی، سطحی افقی، منطقه‌ای سه بعدی که تقارنی شعاعی را حول محوری عمودی نشان می‌دهد، یا در منطقه‌ای سه بعدی رخ دهند. جز جریان آب، این مدل بار از پیش تعیین شده و مرزهای شار، مرزهایی که از طریق شرایط اتمسفری کنترل می‌شوند، شرایط مرزی زهکشی آزاد را مدنظر قرار می‌دهد. حرکت آب در خاک در حالت کلی با معادله ریچادز بیان می‌شود، این معادله از ترکیب معادلات پیوستگی و ریچادز حاصل می‌شود. در حالت کلی حرکت یک بعدی آب در خاک با استفاده از رابطه ریچاردز به صورت زیر بیان می‌شود:

$$\theta(h)=\theta_r+\frac{\theta_s-\theta_r}{\left[1+(\alpha h)^n\right]^2} \qquad \begin{matrix} n>1 \\ m=1-1/n \end{matrix} \qquad (۲)$$

$$K(h)=K_s Se^{1}\left[1-(1-Se^{\frac{1}{m}})^m\right]^2 \qquad (۳)$$

که در آن، θ رطوبت حجمی $\left(L^3L^{-3}\right)$، t زمان (T)، k(θ) هدایت آبی غیر اشباع (LT^{-1})، h مکش ماتریک (L)، α زاویه بین مسیر جریان و محور عمودی (برای حرکت عمودی آب در خاک $\alpha=0$، برای حرکت افقی $\alpha=90$ و برای سایر مسیرها $0<\alpha<90$ می‌باشد. برای حل عددی معادله ریچادز لازم است که مقادیر هدایت مویینگی (k(θ) و مکش خاک (h(θ) بر حسب متغییر بیان شوند. در نرم افزارHYDRUS تعدادی از این روابط قابل دسترسی بوده که می‌تواند انتخاب شود. معمول‌ترین آن‌ها رابطه وان گنوختن، معلم (۱۹۸۰) به شرح زیر است. که در آن θ_r رطوبت باقی مانده، θ_s رطوبت اشباع، α، n و m پارامترهای تجربی، K_s هدایت آبی اشباع و S_e اشباع نسبی است.

مدل SIRMOD

مدل SIRMOD انواع روش‌های آبیاری سطحی (شیاری، نواری و کرتی) را شامل می‌شود و می‌تواند رژیم‌های قطع جریان و جریان

Archive of SID

www.SID.ir

موجی را مورد بحث قرار دهد. مدل، تأثیر محیط خیس شده را روی نفوذپذیری و تغییرپذیری مکانی نفوذپذیری و زبری را درون مزرعه لحاظ نمی‌کند. روش‌های حل با تقریب مدل‌های اینرسی صفر، مدل موج سینماتیک و مدل هیدرودینامیک کامل می‌باشند ورودی‌های اصلی مدل سیرمود شامل شدت جریان ورودی، مشخصات هندسی سطح مقطع شیار، طول و شیب شیار پارامترهای نفوذپذیری و پارامتر مقاومت هیدرولیکی می‌باشد. خروجی‌های مدل نیز شامل زمان‌های پیشروی و پسروی، روا ناب از انتهای شیار و عمق نفوذ یافته در امتداد طولی شیار می‌باشد. آزمایش‌های صحرایی در ایستگاه تحقیقاتی خلعت پوشان دانشگاه تبریز انجام شد. در این آزمایش‌ها جویچه هایی انتها بسته به طول ۵۰ متر و با دبی ورودی ۱.۳ لیتر بر ثانیه و اندازه گیری رطوبت به روش وزنی در زمان‌های مختلف آبیاری و در عمق‌های متفاوت جویچه به منظور اندازه‌گیری و تعیین حجم آب نفوذ یافته مورد استفاده قرار گرفتند. دو مدل HYDRUS و SIRMOD به منظور شبیه سازی مقادیر نفوذ آب در خاک بکاربرده شدند و دقت آن‌ها مورد مقایسه و بررسی قرار داده شد.

تعیین حجم آب نفوذ یافته در طول جویچه با استفاده از مدل SIRMOD

مدل SIRMOD از معادله نفوذ کاستیاکف-لوئز برای بر آورد حجم آب نفوذ یافته در آبیاری جویچه ای به صورت معادله 4 استفاده می‌کند. مدل مورد استفاده برای شبیه سازی مدل هیدرودینامیک کامل بوده است.

$$Z = k\, t^{a} + f_o \qquad (۴)$$

Z: نفوذپذیری تجمعی طول جویچه بر حسب (m^3 .m)

f_o : سرعت نفوذ نهایی ($m^3.m^{-1}.min$).

t:فرصت نفوذ (min). K و a ضرایب تجربی.

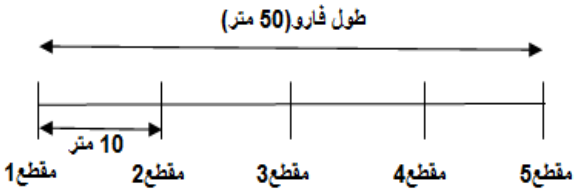
مدل f_oرا از تعادل جریان ورودی-خروجی بعد از آنکه شدت جریان خروجی ثابت شد محاسبه می‌کند و مقادیر aو kرا با استفاده از روش دو نقطه‌ای تعیین می‌کند پارامترهای نفوذ معادله نفوذ کاستیاکف-لوئیز با توجه به نوع خاک محاسبه می‌شود که مقادیر آن در جدول ۱ آورده شده است. مدل SIRMOD مقدار حجم نفوذ یافته در زمان‌های مختلف را در واحد طول محاسبه می‌کند که با توجه به طول جویچه می‌توان حجم آب نفوذ یافته را در کل جویچه در زمان‌های آبیاری بدست آوریم. دبی ورودی و خروجی توسط پارشال فلوم ۳اینچی اندازه گیری شد و مقادیر حجم آب نفوذ یافته در طول جویچه به روش ورودی- خروجی در زمان‌های مختلف آبیاری تعیین شد که در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱- پارامترهای معادله کاستیاکف-لوئز

f_o	a)بدون بعد	K(m^3.m.min).	نوع خاک
۰/۰۰۴۱	۰/۴۱۳	۰/۰۰۴۳۷	خاک لوم سیلتی.

تعیین حجم آب نفوذ یافته در طول جویچه با استفاده از مدل HYDRUS

برای تعیین حجم آب نفوذ یافته با استفاده از مدل HYDRUS پنج مقطع به فاصله ۱۰ متر در طول چویچه انتخاب می‌کنیم و با استفاده از مدل HYDRUS پروفیل رطوبتی در همه مقاطع در زمان‌های مختلف را بدست می‌آوریم. شکل ۱ نمایی از مقاطع آزمایش جهت براورد حجم آب نفوذ یافته مدل HYDRUS را نشان می‌دهد.



شکل ۱-نمایی از مقطع‌های جویچه برای تعیین حجم نفوذ یافته مدل HYDRUS

نتایج و بحث

مشخصات فیزیکی خاک مورد آزمایش با نمونه برداری از آن و انجام آزمایش‌های مربوطه در آزمایشگاه آبیاری دانشگاه تبریز تعیین گردید خصوصیات خاک شامل چگالی ظاهری، چگالی واقعی ذرات خاک، رطوبت اولیه خاک قبل از آزمایش‌های صحرایی اندازه‌گیری و هدایت هیدرولیکی اشباع خاک، منحنی دانه بندی، منحنی. مشخصه رطوبت خاک تعیین شدند. بدین منظور آزمایش استوانه‌های مضاعف برای تعیین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در محل اجرای آزمایش صحرایی، آزمایش هیدرو متری برای تعیین بافت خاک و آزمایش‌های مورد نیاز برای تعیین چگالی ظاهری و واقعی خاک انجام گرفت. اندازه گیری رطوبت در عمق‌های ۱۰،۲۰،۳۰ و۴۵ سانتی متری از جویچه در زمان‌های مختلف آ بیاری که مدت زمان کل آبیاری ۱۵۰ دقیقه است انجام گرفت. جدول ۳ خصوصیات فیزیکی خاک مورد آزمایش و شکل ۱ منحنی مشخصه رطوبتی خاک مورد آزمایش را نشان می‌دهد. آزمایش‌های دستگاه صفحات فشار برای فشارهای ۰/۳ – ۰/۷ – ۱ – ۲ – ۳ – ۴ – ۵ – ۶ و ۷ بار انجام گردید. در هر مرحله از آزمایش، بعد از گذشت مدت زمان لازم برای به تعادل رسیدن آب در خاک تحت فشار معین، دستگاه باز شده و نمونه در گرم خانه ۱۰۵ درجه خشک شده و رطوبت نمونه خاک محاسبه و به رطوبت حجمی تبدیل گردیده است شکل ۲ منحنی مشخصه رطوبتی خاک مورد آزمایش را نشان می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲-محاسبه حجم آب نفوذ یافته در طول جویچه در زمان‌های مختلف به روش ورودی- خروجی

حجم نفوذ یافته (لیتر)	حجم خروجی از جویچه (لیتر)	حجم ورودی به جویچه (لیتر)	دبی ورودی (لیتربرثانیه)	زمان (دقیقه)
۷۸۲	۳۸۹۸	۴۶۸۰	۱.۳	۶۰
۹۹۷	۴۴۶۳	۵۴۶۰	۱.۳	۷۰
۱۱۰۶	۵۱۵۴	۶۲۶۰	۱.۳	۸۰
۱۲۵۵	۵۷۶۵	۷۰۲۰	۱.۳	۹۰
۱۵۳۹	۶۲۶۱	۷۸۰۰	۱.۳	۱۰۰
۱۹۹۶	۷۳۶۴	۹۳۶۰	۱.۳	۱۲۰
۲۶۹۷	۹۰۰۳	۱۱۷۰۰	۱.۳	۱۵۰

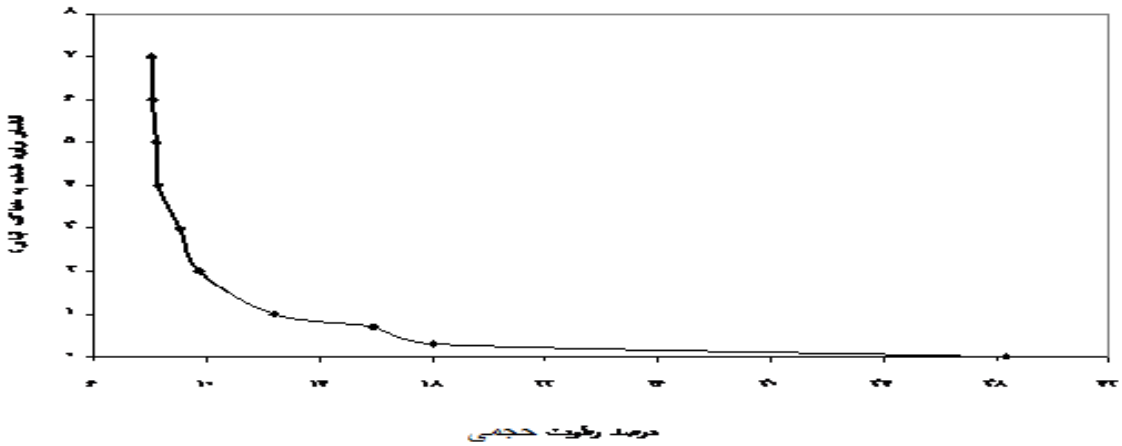
جدول ۳ -خصوصیات فیزیکی خاک مورد آزمایش

خصوصیات فیزیکی	چگالی ظاهری $\left(gr/cm^3\right)$	چگالی واقعی ذرات خاک $\left(gr/cm^3\right)$	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	هدایت هیدرولیکی اشباع $\left(cm/day\right)$
پارامتر	۱/۶۲	۲/۶۱	۷۰	۱۸	۱۲	۳۳

سطح مقطع جویچه توسط دو جویچه سنج که در دو نقطه جویچه نصب شده بود اندازه گیری گردید. به منظور شبیه‌سازی پروفیل رطوبتی نفوذ در جویچه، ابتدا باید پارامترهای مدل ون‌گنوختن محاسبه شوند. بدین منظور با برازش مدل ون‌گنوختن با منحنی مشخصه رطوبتی حاصل از آزمایش دستگاه صفحات فشار توسط صمدیان فرد (۱۳۸۴)، پارامترهای مدل حاصل گردیدند. پارامترهای مدل ون‌گنوختن در جدول ۴ارائه شده است. این پارامترها از برازش مدل ون گنوختن با منحنی مشخصه رطوبتی بدست آورده شده است در این جدول θ_r رطوبت باقی مانده خاک θ_s رطوبت اشباع خاک α و n ضرایب مربوط به توابع هیدرولیکی خاک هستند K_s ضریب نفوذپذیری خاک در حالت اشباع می‌باشد که توسط شبکه عصبی تخمین زده می‌شود.

جدول ۴- پارامترهای مدل ون‌گنوختن

پارامتر	θ_r	θ_s	$\alpha(1/cm)$	n
مقدار	۰/۰۸	۰/۳۸	۰/۰۲۴	۱/۸۹۶۱



شکل ۲- منحنی مشخصه رطوبتی خاک مورد آزمایش

Archive of SID

www.SID.ir

شرایط اولیه وانتهایی داده شده به مدل HYDRUS2-D

شرایط اولیه توزیع رطوبت در خاک عبارت بود از مقدار رطوبت موجود در خاک قبل از آبیاری که برای عمق‌های مختلف اندازه گیری و محاسبه گردیده و به مدل معرفی گردید و مقدار هد متغییرآب در مقاطع مختلف شیار که توسط مدل سیرمود بدست آمده است به عنوان شرط مرزی متغییر به محدوده مدل تعریف شد. در این محدوده فرض بر اینست که از جوانب جریانی صورت نمی‌گیرد و مرز انتهایی مرز زهکش آزاد است. مقادیر رطوبت توسط اندازه گیری مستقیم رطوبت در قبل و بعد از آبیاری در چهار نقطه در طول جویچه اندازه گیری شدند و. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و پس از توزین و خشک کردن مقدار رطوبت محاسبه شدند. مقادیر رطوبت اندازه گیری شده در دو مقطع ۱ و ۲ و در زمان ۷۰ دقیقه از آبیاری با مقادیر رطوبت شبیه سازی شده مدل HYDRUS مقایسه گردید همان‌گونه که از جدول ۵ مشخص است مدل HYDRUS مقدار رطوبت را با RMSE نسبتاً خوبی توانسته پیش بینی کند. که نتیجه آن با پرووونزونا (۲۰۰۷) ومایلهون (۲۰۰۷)و تحقیق اژدری (۱۳۸۲) و صمدیان فرد(۱۳۸۴) برای پیش بینی رطوبت با استفاده از مدل HYDRUS مطابقت دارد.

مدل شبیه سازی شده مقطع جویچه

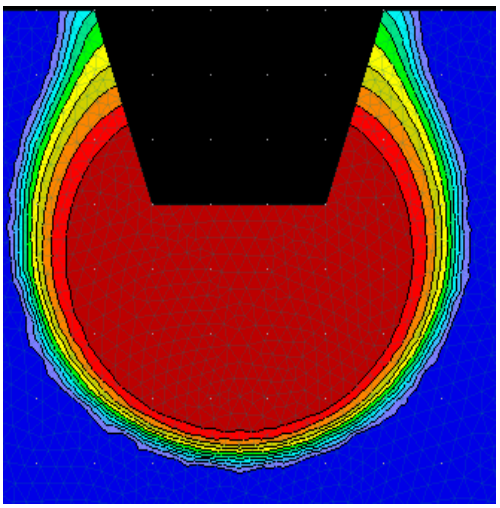
جهت شبیه سازی پروفیل رطویتی در جویچه توسط HYDRUS اندازه مقطع جویچه را شبیه سازی می‌کنیم که یک متوازی الضلاع با قاعده بزرگ ۲۰ سانتی متر و قاعده کوچک ۱۰ سانتی متر و ارتفاع ۴۰ سانتی متر به مدل تعریف می‌کنیم وبا تعریف شرایط مرزی با هد متغییر در ۵ مقطع مختلف در طول جویچه می‌توان پروفیل رطوبتی این مقاطع را در زمان‌های مختلف بدست آورد. برای بدست آوردن داده‌های تراز سطح آب در مقطع جویچه در زمان‌های مختلف که به عنوان هد فشاری در شرایط مرزی متغییر مدل داده شد این داده‌ها را با استفاده از مدل SIRMOD و با مشخص بودن مساحت مقطع، حجم آب ورودی در هر زمان توسط مدل محاسبه گردیدند. مدل سیرمود سطح آب در هر زمان در طول جویچه را با استفاده از معادله زیر محاسبه کند. که در آن y عمق سطح آب و A سطح مقطع عرضی و ضرایب شکل هندسی σ_1 و σ_2 که به شکل سطح مقطع بستگی دارند با اندازه گیری آن توسط مقطع سنج جویچه و کاربرد روش دو نقطه‌ای پیشنهادی الیوت و واکر محاسبه گردیدند. توسط مدل بدست می‌آیند.

جدول ۵- مقایسه مقادیر رطوبتی مشاهداتی و مدل HYDRUS در مقطع ۱

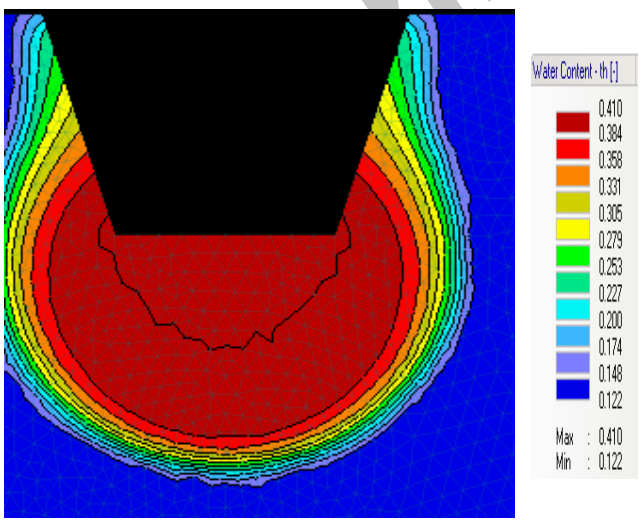
عمق (سانتی متر)	مشاهداتی	HYDRUS	RMSE	R2
10	۲۸۱0 /	۳۷۴0/	93۰/۰	/92
25	۲۴۳./	0/358	۰/۱۱۵	/935
30	۱۹۶0/	۳۱۷0/	0/121	/954
40	۱۱۳0/	۲۳۰0/	0/117	/966

$$y = \sigma_1 A^{\sigma_2} \quad (۱)$$

شکل‌های ۳ تا ۷ کنتورهای هم رطوبت در مقاطع ۱ تا ۵ در زمان ۹۰ دقیقه از آبیاری مدل HYDRUS را نشان می‌دهد.

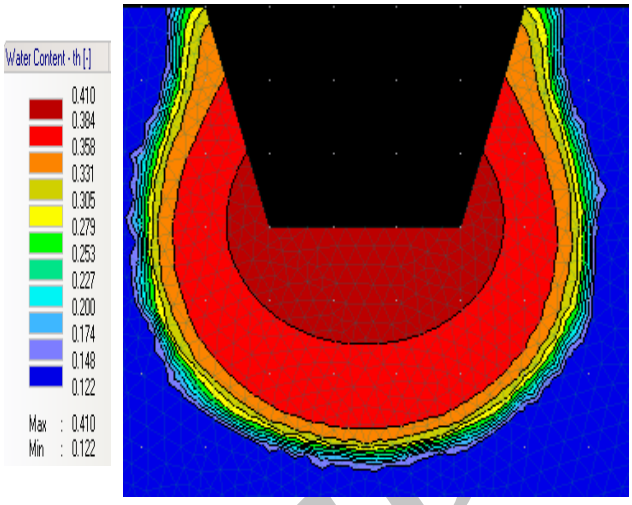


شکل ۳-خطوط کنتوری رطوبت خاک در مقطع ۱ بعد از ۹۰ دقیقه آبیاری

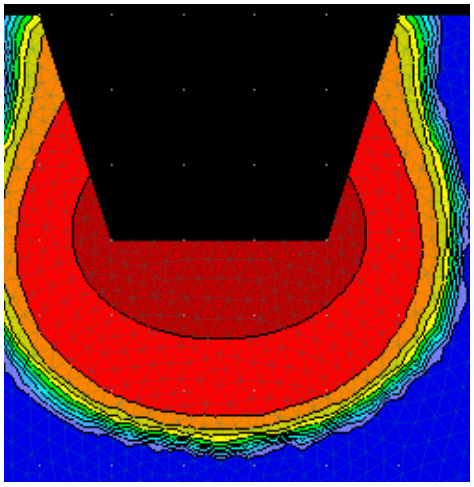


شکل ۴- خطوط کنتوری رطوبت خاک در مقطع ۲ بعد از ۹۰ دقیقه آبیاری

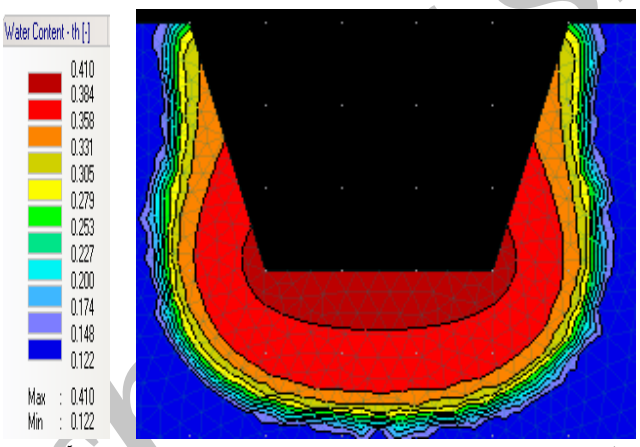
www.SID.ir



شکل ۵- خطوط کنتوری رطوبت خاک در مقطع ۳ بعد از ۹۰ دقیقه آبیاری



شکل ۶- خطوط کنتوری رطوبت خاک در مقطع ۴ بعد از ۹۰ دقیقه آبیاری



شکل ۷- خطوط کنتوری رطوبت خاک در مقطع ۵ بعد از ۹۰ دقیقه آبیاری

برای محاسبه حجم آب نفوذ یافته بین دو رویه در زمان‌های مختلف مساحت واقع بین خطوط کنتوری را در هر ۵ مقطع در طول جویچه با استفاده از نرم افزار AUTOCAD محاسبه نموده و سپس در فاصله دو مقطع ونیز درصد تغییرات رطوبت حجمی ضرب می‌کنیم و مجموع حجم‌های آب نفوذ یافته حاصله در بین هر دو مقطع را بدست آید و با یکدیگر جمع نموده تا مقدار کلی حجم آب نفوذ یافته در طول جویچه در زمان‌های مختلف را بدست آورد. جداول ۷ تا ۸ این محاسبات را نشان می‌دهد. مجموع حجم‌های آب نفوذ یافته بین رویه‌ها برابر حجم کل آب نفوذ یافته در حد فاصل مقطع متوالی در جویچه می‌باشد.

جدول ۷-حجم آب نفوذ یافته در زمان ۹۰ دقیقه از آبیاری مدل HYDRUS

حجم آب نفوذ یافته در واحد طول (مترمکعب)	رطوبت (٪)	مساحت پروفیل (مترمربع)	مقطع	زمان آبیاری (دقیقه)
0.0437	.3069	۱۴۲۲۵0/	۱	90
0.0152	.3069	0/0495	۲	
0.0119	.3069	0/03875	۳	
0.0056	.3069	0/01825	۴	
0.0034	.3069	0/011	۵	

www.SID.ir

حجم نفوذ یافته بین دو مقطع (مترمکعب)	فاصله دو مقطع (متر)	مقطع
0.34	۱۰	۱ و ۲
0.27	۱۰	۲ و ۳
0.19	۱۰	۳ و ۴
0.07	۱۰	۴ و ۵
0.88	50	۵ و ۱

جدول ۸-محاسبه حجم آب نفوذ یافته در زمان 70 دقیقه آبیاری مدل HYDRUS

حجم نفوذ یافته بین دو مقطع(مترمکعب)	فاصله دو مقطع(متر)	مقطع
0.3775	۱۰	۱ و ۲
0.297	۱۰	۲ و ۳
0.2195	۱۰	۳ و ۴
0.0989	۱۰	۴ و ۵
0.9929	50	۵ و ۱

جدول ۹-محاسبه حجم آب نفوذ یافته در زمان ۸۰ دقیقه آبیاری مدل HYDRUS

حجم نفوذ یافته بین دو مقطع(مترمکعب)	فاصله دو مقطع	مقطع
0.44	۱۰	۱و۲
0.33	۱۰	۲و۳
0.24	۱۰	۳و۴
0.11	۱۰	۴و۵
1.13	50	۵و۱

جدول۱۰- محاسبه حجم آب نفوذ یافته در زمان ۹۰ دقیقه آبیاری مدل HYDRUS

حجم نفوذ یافته بین دو مقطع(مترمکعب)	فاصله دو مقطع(متر)	مقطع
0.57	۱۰	۱و۲
0.38	۱۰	۲و۳
0.29	۱۰	۳و۴
0.14	۱۰	۴و۵
1.40	50	۵و۱

جدول۱۱- محاسبه حجم آب نفوذ یافته در زمان ۱۰۰ دقیقه آبیاری مدل HYDRUS

حجم نفوذ یافته بین دو مقطع(مترمکعب)	فاصله مقطع	مقطع.
0.83	۱۰	۱ و ۲
0.44	۱۰	۲ و ۳
0.36	۱۰	۳ و ۴
0.18	۱۰	۴ و ۵
1.82	50	۵ و ۱

جدول ۱۲-محاسبه حجم آب نفوذ یافته در زمان 120 دقیقه آبیاری مدل HYDRUS

حجم نفوذ یافته بین دو مقطع(مترمکعب)	فاصله مقطع	مقطع.
1.31	۱۰	۱ و ۲
0.52	۱۰	۲ و ۳
0.40	۱۰	۳ و ۴
0.22	۱۰	۴ و ۵
2.48	50	۵ و ۱

جدول ۱۳-محاسبه حجم آب نفوذ یافته در زمان 150 دقیقه آبیاری مدل HYDRUS

حجم آب نفوذ یافته با استفاده از مدل SIRMOD و HYDRUS در زمان‌های مختلف با حجم نفوذ یافته به روش ورودی- خروجی مقایسه گردید و خطای هر دو مدل در بر او رد نفوذ تعیین شد. همان‌گونه که از جدول ۱۵ مشخص است مدل HYDRUS خطای کمتری نسبت به مدل SIRMOD داشته و با افزایش زمان آبیاری دقت مدل HYDRUS بیشتر می‌شود. مدل HYDRUS با درصد خطای کمتری به دلیل حل معادله ریچادز مقدار نفوذ را بهتر از مدل سیرمود نشان می‌دهد وبا فرایش زمان آبیاری دقت مدل HYDRUS در بر او رد حجم نفوذ یافته بیشتر می‌شود و می‌توان نتیجه گرفت از مدل HYDRUS در شبیه سازی جریان در جویچه برای بر او رد نفوذ و از مدل SIRMOD در جریان سطحی روی سطح خاک استفاده نمود که این نتیجه با تحقیقات اسمیت (۲۰۰۵). وسیمونک (۲۰۰۹) که برای حل معادلات آبیاری سطحی از معادله ریچادز استفاده کردند و دقت معادله ریچادز را در براورد نفوذ بدست آوردند و همچنین بهبهانی وبابازاده (1382)که مدل SIRMOD را برای جریان سطحی استفاده نمود و دقت مدل SIRMOD را برای جریان در سطح خاک قابل قبول دانست.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۴- محاسبه میزان خطای مدل HYDRUS وSIRMOD در بر او رد حجم آب نفوذ یافته در طول جویچه

میزان خطا (٪) سیرمود	میزان خطا (٪) HYDRUS	SIRMOD (لیتر)	HYDRUS (لیتر)	روش ورودی-خروجی(لیتر)	زمان (دقیقه)
12/56	11/68	683/780	662/690	782	۶۰
12/61	11/12	871/278	133/886	997	70
11/33	10/23	980/69	85/992	1106	80
11/83	9/467	1106/5335	189/1136	1255	90
10/77	8/94	1373/24	4134/1401	1539	100
10/65	8/346	1783/426	5336/1829	1996	120
10/12	8/12	2424/0636	92/2477	2697	150

مسئله قابل توجه دیگر این است که مدل HYDRUSتوزیع رطوبت در خاک را در نقاط مختلف خاک پیش بینی می‌کند که این موضوع در ارزیابی یک سیستم آبیاری بسیار مهم می‌باشد. توزیع رطوبت در خاک می‌تواند با توزیع ریشه گیاه تطبیق داده شود و مقادیر رطوبتی مفید و غیرمفید شناسایی و برای افزایش راندمان، یکنواختی و کفایت آبیاری استراتژی‌های مناسبی را برای آبیاری طراحی نمود.

نتیجه گیری و پیشنهادات

در این تحقیق دقت مدل HYDRUS در بر او رد حجم آب نفوذ یافته در طول جویچه بررسی شد. مدل HYDRUS به دلیل حل معادله ریچادز مقدار نفوذ را بهتر از مدل SIRMOD نشان داد و مدل SIRMOD نفوذ را با خطا بر او رد می‌کند مدل HYDRUS R^2 و RMSE نسبتاً خوبی که بین داده‌های مشاهداتی و شبیه سازی شده رطوبت نشان داد. با توجه به اینکه حجم آب ورودی به جویچه برابر مجموع حجم‌های آب نفوذ یافته و رواناب می‌باشد لذا خطا در محاسبه مقدار نفوذ نشان دهنده وجود خطا در براورد رواناب نیز می‌باشد و از این رو می‌توان گفت مدل SIRMOD در براورد رواناب نیز همراه با خطاست. با توجه به قابلیت خوب مدلSIRMOD در شبیه سازی جریان سطحی و قابلیت مدل HYDRUS در برا ورد نحوه توزیع رطوبت در خاک تحت آبیاری جویچه ای استفاده ترکیبی از دو مدل فوق در این راستا نتایج مطلوبی را نشان می‌دهد.

مراجع

امینی زاده، س .م .ر .۱۳۸۱. تهیهٔ مدل ریاضی جهت بررسی تأثیر محیط خیس شده و تغییرات مکانی نفوذ در و راندمان آبیاری جویچه ای .پایان نامه کارشناسی ارشد رشتهٔ آبیاری و زهکشی . دانشگاه تهران.۱۰۵ صفحه

اژدری. خ.۱۳۸۷. شبیه سازی توزیع رطوبت در خاک در سیستم آبیاری قطره ای با استفاده از مدل HYDRUS2-D. مجله کشاورزی و منابع طبیعی. جلد پانزدهم شماره اول

بهبهانی، م. ر، بابا زاده. ح. ارزیابی مدل آبیاری سطحی (SIRMOD)(مطالعه موردی در آبیاری شیاری).۱۳۸۴.مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. سال ۱۲.شماره ۲

سهرابی، ت؛ و پایدار، ز .۱۳۸۴ . طراحی سیستم های آبیاری .انتشارات دانشگاه تهران

صمدیان فرد، س.۱۳۸۸. شبیه‌سازی عددی و تحلیلی پیشروی جبهه رطوبتی در آبیاری قطره‌ای. پایان نامه کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی. دانشگاه تبریز.۱۲۵ صفحه

مصطفی زاده، بهروز،۱۳۸۷. آبیاری سطحی، جلد اول، انتشارات دانشگاه اصفهان

Abbasi, F., J. Simunek, J. Feyen, M. Th. van Genuchten, and P. J. Shouse, 2003c.
Simultaneous inverse estimation of the soil hydraulic and solute transport
parameters from transient field experiments: homogeneous soil. Trans. ASAE, 46
(4) : 1085–1095.

Elliott, R. Walker. 1983. Field evaluation of furrow infiltration and advance functions. American Society of Agricultural Engineers. Vol 25. No 2.

Elliott, R. L., Walker, W. R. and G. V. Skogerboe (1982). Zero-inertia modeling of furrow
irrigation advance. ASCE, Journal of Irrigation and Drainage Division, 108(3) : 179-195.

Simunek, J., R. Kodesova, M. M. Grib and M.Th. van Genuhten, 1999. Estimating hysteresis in the soil water retention function from cone permeameter experiments. Water Resour. Res., 35(5) :1329-1345

S imunek..J. Kandelous. M. Comparison of numerical, analytical, and empirical models to estimate wetting patterns for surface and subsurface drip irrigation. Irrig Sci
DOI 10.1007/s00271-009-0205-9

Smith. R. J.. K. L. Khatrl. (2005). Evauation OF Methods for Determining Infiltration Parameters From Irrigation Advance Data. Irrig. and Drain. 54: 467–482 (2005).

Archive of SID

www.SID.ir

Wang D., S. R. Yates, J. Simunek and M.Th. van Genuchten, 1997. Solute transport in siulated conductivity fields under different irrigations. J. Irrig. Drain. Eng., 123(5) : 336-343

Walker, W. W. and M. basman. 1990. Shooting method for Saint Venant equations of

furrow irrigation. American Society of Civil Engineers, J. of Irrigation and Drainage

Engineering 116(1) :114-122. February.

Wöhling, Th. (2005). Seasonal Furrow Irrigation Modelling with HYDRUS2. Journal of Irrigation and Drainage, 130(5) , 296-303..

Venterlla, D., B. P. Mohanty, J. Simunek, N. Losavio and M. Th. Van Genuchten, 2000. Water and chloride transport in a fine-textured soil: Field experiments and modeling. Soil., Sci, 165(8) : 624-631

katapodz, E.A., J. Jara, C. Zuñiga, M.A. Mariño, J. Paredes, and M. Billib . 1991.

Infiltration parameters for furrow irrigation. Agricultural Water Management, 68:

19-32

Keytal, J. S., W. W. Wallender and, J. W. Hopmans. 1987. One method for

estimating furrow infiltration. Trans. ASAE, 36 (2) : 395-404.

Provenzano.G. Using HYDRUS-2D Simulation Model to Evaluate Wetted Soil Volume in Subsurface Drip Irrigation Systems. 10.1061/.ASCE.0733-9437(2007) 133:4.342

Mailhol .J.C. *, D. Crevoisier, K. Triki. Impact of water application conditions on nitrogen leaching under furrow irrigation: Experimental and modelling approaches. agri cul t u r a l water management 8 7 (2 0 0 7) 2 7 5 – 2 8 4

تاریخ دریافت: ۹۰/۹/۸
تاریخ پذیرش: ۹۱/۷/۱۵

Archive of SID

www.SID.ir

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 6, Winter 2013, p. 287-296

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۴، جلد۶، زمستان ۱۳۹۱، ص. ۲۹۶-۲۸۷

Determine Values the Influence of Water in Irrigation Furrows with Using Models SIRMOD and HYDRUS2-D

A. Mirzaee[1]*, S. A. Ashraf Sadraddini[2] , A. Nazemi[3]

Abstract

One of the main problems is the influence of surface water irrigation and non-uniform soil moisture profile below the soil surface which reduces the efficiency In this simulation, it was to influence both the water and irrigation .For this purpose, the surface flow equations and the equation of Nantes and the water in the porous medium equation to be done Rychadz Then, using the influence of surface irrigation was sirmod Simulation the flow of irrigation water and Results showed the model to solve the equation hydrus Rychadz error is less The accuracy of numerical simulations based on Richards equation for solving the given number of observations and comparison with moisture in the soil profiles developed in hydrus wet volume was evaluated RMSE hydrus results compared with observational values are (RMSE 0 / ۱۱) and R^2=./92 in different depth Was achieved. The model also estimates hydrus appropriate volume of water to furrows adjacent furrows in the soil moisture distribution can be well simulated.

Key words: Surface flow model, Surface flow model equations hydrus, SIRMOD-HYRUS2-D

Archive of SID

1,2,3 - MSc Student and Associte and Professor Depatrment of Water Engineering,Faculaty of Agriculture,University of Tabriz,Tabriz- Iran
(* - Corresponding Author Email: a_mirzaie62@yahoo.com)

www.SID.ir