نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۳، جلد۴، زمستان ۱۳۸۹، ص. ۳۸۶-۳۷۵

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 3, Vol. 4, Winter 2011, p. 375-386

ارزیابی مدل‌های زهکشی SWAP و DRAINMOD به منظور تعیین عمق و فاصله بهینه زهکش‌ها بر اساس بیشترین عملکرد محصول و کمترین مقدار خروجی زه‌آب

فاطمه سمیع‌پور[۱]، کورش محمدی[۲*]، محمدحسین مهدیان[۳] و عبد علی ناصری[۴]

چکیده

آزمایش‌های مزرعه‌ای به منظور شناخت شرایط موجود سامانه‌های زهکشی مفید هستند، اما محدودیت‌های قابل توجهی نیز دارند. از جمله اینکه از این آزمایش‌ها نمی‌توان برای پیش‌بینی استفاده کرد. کاربرد مدل‌های شبیه‌سازی از جمله روش‌هایی است که این محدودیت‌ها را تا حدود زیادی مرتفع می‌سازد. اما قبل از کاربرد چنین مدل‌هایی، درستی نتایج بدست آمده از آن‌ها باید با نتایج آزمایش‌های مزرعه‌ای مورد ارزیابی قرار گیرد. هدف از این تحقیق تعیین عمق و فاصله بهینه لوله‌های زهکش زیرزمینی براساس افزایش عملکرد محصول و کاهش مقدار زه‌آب خروجی به جای استفاده از هزینه احداث شبکه بود. از جمله معروف‌ترین مدل‌های شبیه‌سازی قابل استفاده در این خصوص، مدل‌های SWAP و DRAINMOD هستند. لذا در این تحقیق ارزیابی مدل‌های مذکور در شرایط مزرعه و مقایسه نتایج آن‌ها با یکدیگر مد نظر قرار گرفت. برای این منظور از آمار جمع‌آوری شده در سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ در واحد نیشکر میرزا کوچک‌خان در استان خوزستان استفاده شد. نتایج بررسی نشان داد که مدل SWAP در دوره‌های واسنجی و صحت‌یابی، نوسانات سطح ایستابی را با دقت بیشتری نسبت به مدل DRAINMOD شبیه‌سازی کرد. مقادیر جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) در دوره‌های واسنجی و صحت‌یابی برای مدل SWAP به ترتیب ۱۵/۱۸ و ۱۴/۸۵ سانتی‌متر و برای مدل DRAINMOD، ۱۸/۱۴ و ۲۰/۶۹ سانتی‌متر محاسبه شد. در ادامه برای تعیین عمق و فاصله بهینه با استفاده از این مدل‌ها، برای ۲۸ ترکیب مختلف عمق و فاصله، عملکرد نسبی و مقادیر آب زهکشی شده، شبیه‌سازی گردید. سپس برای حداقل عملکرد نسبی ۸۰ درصد، در هر یک از مدل‌ها ۴ عمق و فاصله مختلف تعیین شد. در پایان، عمق و فاصله‌ای به عنوان عمق و فاصله بهینه انتخاب گردید که کمترین مقدار آب زهکشی شده را به همراه داشت. برای مدل SWAP عمق ۱۶۰ سانتی‌متر و فاصله ۲۵ متر و برای مدل DRAINMOD عمق ۱۱۵ سانتی‌متر و فاصله ۱۵ متر به عنوان عمق و فاصله مناسب انتخاب گردید. این تفاوت‌ها احتمالا به دلیل متفاوت بودن تابع تولید در دو مدل است و نیز این که در مدل DRAINMOD آثار تاخیر زمان کاشت، شرایط بسیار مرطوب و بسیار خشک به صورت ترکیبی به کار گرفته می‌شوند تا آثار تجمعی آن‌ها بر عملکرد محصول قابل پیش‌بینی و برآورد باشد. اما در مدل SWAP، به دلیل عدم وجود اطلاعات کافی، از مدل گیاهی ساده استفاده شده است که در آن اثر تنش‌های خارجی لحاظ نمی‌شود.

واژه های کلیدی: خوزستان ، شبیه سازی، مدل زهکشی ، نیشکر، SWAP ،DRAINMOD

مقدمه

ایران از لحاظ موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی، جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. در این مناطق، باران و منابع آب طبیعی جواب‌گوی نیاز آبی گیاهان در طول فصل رشد نبوده و این کمبود باید از طریق آبیاری جبران گردد. در پروژه‌های آبیاری به دلیل مستعد بودن اراضی به زه‌دار شدن، احداث شبکه زهکشی و یا بهبود شرایط زهکشی موجود جز تفکیک‌ناپذیر پروژه می‌باشد (آذرنوش، ۱۳۸۳). هدف از زهکشی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کنترل سطح ایستابی و جلوگیری از شور شدن خاک است. اما در مناطق مرطوب، تنها بحث کنترل سطح ایستابی مطرح می‌باشد. برای دستیابی به این اهداف، تعیین عمق و فاصله بهینه زهکش‌ها اهمیت زیادی دارد.

آزمایش‌های مزرعه‌ای به منظور تعیین و بررسی سناریوهای مختلف زهکشی مفید هستند، اما محدودیت‌های قابل توجهی نیز دارند. مهمترین محدودیت آزمایش‌های مزرعه‌ای عبارت است از محدودیت در مکان، زمان و تکرار. کاربرد مدل‌های شبیه‌سازی از جمله روش‌هایی است که محدودیت‌های عنوان شده را تا حدود زیادی مرتفع می‌سازد و در صورت دسترسی به داده‌های اولیه مورد

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه تربیت مدرس
۲- دانشیار، گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: kouroshm@modares.ac.ir)
۳- دانشیار، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران
۴- دانشیار گروه آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

Archive of SID
www.SID.ir

نیاز و مطمئن برای اجرای این مدل‌ها، می‌توان بـه برآوردهـای کـم و بیش مستند و معتبر دست یافت. اما قبل از کاربرد چنـین مـدل‌هـایی، درستی نتایج به‌دست آمده از آن‌ها باید با استفاده از نتایج آزمایش‌های مزرعه‌ای مورد ارزیابی قرار گیرد. دقت مدل‌های شـبیه‌سـازی تـا حـد زیادی به دقت داده‌های مورد نیاز به عنوان ورودی مدل بستگی دارد. در صـورتی کـه ایـن مـدل‌هـا بـه درسـتی واسـنجی گردنـد، بـدون محدودیت‌های زمـانی و مکـانی موجـود در آزمـایش‌هـای مزرعـه‌ای می‌توانند برای ارزیابی سناریوهای مختلف زهکشی به کار گرفته شوند (منصوری و مصطفی‌زاده، ۱۳۸۵).

هرچند اندازه‌گیری برخی از داده‌های مورد نیاز مدل‌هـای شـبیه-سازی مشکل و پرهزینه است، اما این داده‌ها غالبا از طریق اطلاعـات موجود و استفاده از روابط ارائه شده در منـابع مختلـف بـرای تخمـین داده‌های مورد نیاز این مدل‌ها، قابل برآورد می‌باشند. به عنوان نمونـه، خصوصیات هیدرولیکی نظیر توابع منحنی نگهداری رطوبت و هـدایت هیدرولیکی خاک به آسانی قابل اندازه‌گیری نمی‌باشند. اما برای تعیین این پارامترها می‌توان از توابع ارائه شده در منابع علمی استفاده کرد. با استفاده از ویژگی‌هـای فیزیکـی خـاک ماننـد بافـت، وزن مخـصوص ظاهری و درصد مواد آلی خاک که به‌راحتی قابل اندازه‌گیری می‌باشند و استفاده از این توابع، می‌توان داده‌های مورد نیاز مدل را برآورد نمود. بدین ترتیب، مشکل مربوط به عدم وجود داده‌های ورودی مـورد نیـاز مدل‌های زراعی مرتفع مـی‌گـردد (Tietje and Tapkenhinrichs, 1993).

در این تحقیق، کاربرد شبیه‌سازی در زهکشی بررسی شده اسـت. یکی از مسائل مهم در طراحی شبکه‌های زهکشی، تعیین بهینه فاصله و عمق لوله‌های زهکش زیرزمینی می‌باشد. با افزایش عمـق، فاصـله زهکش‌ها را می‌توان افزایش داد ولی از یک حد معین به بعد، افزایش عمق باعث افزایش بیش از حد هزینه‌ها می‌گـردد. از همـین رو ایـن مسئله از دیدگاه دیگری بررسی شده است. افزایش عمـق (بـا فـرض ثابت بودن فاصله زهکش‌هـا)، موجـب پـایین رفـتن سـطح ایـستابی می‌گردد. در چنین شرایطی، تهویه مناسب بـرای گیـاه ایجـاد شـده و افزایش عملکرد را به همراه خواهد داشت. از طرفی، همزمان با خروج این مقدار آب، نیترات و سایر ترکیبات مورد نیاز گیاه که از طریق کود به زمین اضافه می‌شود نیز از خاک خـارج شـده و دسترسـی گیـاه بـه آن‌ها کاهش می‌یابد. بنابراین، هـدف از ایـن تحقیـق تعیـین عمـق و فاصله لوله‌های زهکش زیرزمینی بـه‌گونـه‌ای اسـت کـه از یـک سـو افزایش عملکرد نسبی و از سوی دیگر، کمترین مقـدار زه‌آب خروجـی را بـه همـراه داشـته باشـد. در ایـن تحقیـق از مـدل‌هـای SWAP و DRAINMOD برای انجام شبیه‌سازی‌ها استفاده شد.

مدل DRAINMOD یکی از مدل‌هـایی اسـت کـه بـه منظـور شبیه‌سازی مدیریت آب در سطحی وسیع به کـار گرفتـه شـده اسـت. مدل یک بعدی DRAINMOD اولین بـار در سـال ۱۹۷۸ مـیلادی توسط اسکگز تهیه و سپس در سال ۱۹۸۰ توسعه داده شد (آذرنـوش، ۱۳۸۳). با استفاده از ایـن مـدل مـی‌تـوان یـک سیـستم زهکـشی را طراحی، ارزیابی یا مدیریت نمـود. مـدل DRAINMOD بـه منظـور شبیه‌سازی سطح ایستابی و زه‌آب خروجی از زهکش‌ها در مناطقی که سطح ایستابی در عمق کم قرار گرفته است، بکار مـی‌رود. ایـن مـدل عموما در مناطق مرطوب که سطح ایستابی در عمـق کمـی از سـطح زمین واقع شده و بکارگیری سیستم‌های زهکش امری اجتنـاب‌ناپـذیر است، مورد استفاده قرار می‌گیرد. مـدل بـر اسـاس معادلـه بـیلان آب عمل می‌کند.

این مدل بعدها به‌گونه‌ای اصلاح گردید که قـادر بـه پـیش‌بینـی توزیع نمک در نیمرخ خاک، غلظت نمک در آب زهکشی شده و تـاثیر شوری بر میزان عملکرد محصول باشد و بـه نـام DRAINMOD-S نامگذاری شد (Kandil, 1992). همچنین امکان شبیه‌سازی و پیش-بینی غلظت نیتروژن در نیمرخ خاک در زهکشی سطحی و زیرزمینـی به مدل اضافه شد و DRAINMOD-N نام گرفت (Breve, 1994). این مدل می‌تواند موقعیت‌های مختلف سطح ایستابی را برای محاسبه بیلان آبی مقطعی از خاک که بین دو زهکش قرار گرفته است، شبیه-سازی کند. از معادلات پایه در مدل، معادله بیلان آبی است که بـرای مقطعی از خاک با عرض واحد در نقطه میانی بـین دو زهکـش کـه از سطح زمین تا لایه غیر قابل نفوذ ادامه دارد، در نظر گرفته می‌شود.

کمبـود پارامترهـای ورودی، نظیـر هـدایت هیـدرولیکی اشـباع عمودی، استفاده از برخی مدل‌ها را محدود کرده است (Lilly et al., 2008). هدایت هیدرولیکی اشباع به عنـوان ورودی DRAINMOD می‌تواند با استفاده از توابع انتقالی خاک محاسبه شود. برای استفاده از ایـن توابـع، دانـستن بافـت و چگـالی حجمـی خـاک کـافی است (Mermoud and Xu, 2006). در تحقیقی که بدین منظـور در منطقه‌ای در جنوب غربی سودان انجـام گرفـت، هـدایت هیـدرولیکی اشباع خاک با استفاده از تابع انتقال ROSETTA تعیین گردیـد و بـه عنوان ورودی DRAINMOD بـرای شـبیه‌سـازی جریـان خروجـی زهکـشی اسـتفاده شـد. ایـن نتـایج بـا نتـایج بـه‌دسـت آمـده از DRAINMOD زمانی که از هدایت هیدرولیکی اشباع آزمایـشگاهی استفاده شد، تطابق خوبی داشت (Salazar et al., 2008).

طی تحقیقی، Skaggs (1980) از مدل DRAINMOD، بـرای تعیین نوسانات سطح ایستابی در سه منطقـه Aurora، Plymouth و Laurinburg در طی سال‌های ۱۹۷۳ تا ۱۹۷۷ و برای سیـستم‌هـای زهکشی با فواصل مختلف ۷/۵ تا ۸۵ متر استفاده کرد. نتایج نشان داد که مقادیر جذر میـانگین مربعـات خطـا (RMSE) بـین ۷/۵ تـا ۱۹/۶ سانتی‌متر متغیر است.

در ایران، آذرنوش (۱۳۸۳)، نوسانات سطح ایستابی در منطقه طرح توسعه نیشکر واحد میرزا کوچک خـان خوزسـتان را بـه کمـک مـدل DRAINMOD و شبکه عصبی مصنوعی شبیه‌سازی کـرد. متوسـط

Archive of SID

www.SID.ir

قدرمطلق خطا و ریشه مجذور خطا (RMSE) به ترتیب ۱۳/۱۴ و ۱۸/۱۴ سانتی‌متر برای مدل DRAINMOD و ۸/۶۱ و ۱۰/۶۲ سانتی‌متر برای مدل شبکه عصبی مصنوعی به‌دست آمد. مقایسه نتایج به‌دست آمده نشان داد که مدل شبکه عصبی مصنوعی با تعداد داده کمتر و سرعت بیشتر، همان نتایج را با کمی دقت بهتر ارائه می دهد.

یکی دیگر از مدل‌های هیدرولوژیکی-زراعی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت، مدل SWAP است. این مدل برای شبیه-سازی عملکرد محصول، زهکشی، جریان آب، املاح و گرما در خاک، مدیریت آب در کشت آبی و بیلان آب در سیستم‌های هیدرولوژیکی کاربرد دارد. اساس مدل، ارتباط فیزیکی پارامترهای خاک، آب، اتمسفر و گیاه است و از اطلاعات مختلف اقلیم، آب، خاک و گیاه استفاده می‌کند. اولین نسخه این مدل توسط فدس در سال ۱۹۷۸ توسعه یافت (Van Dam et al., 1997). بخش مرکزی مدل بر اساس جریان عمومی آب در محیط‌های اشباع و غیر اشباع است که با معادله ریچاردز تشریح می‌شود. این مدل به منظور شبیه‌سازی و پیش‌بینی عملکرد محصول و جریان آب و املاح در سیستم‌های هیدرولوژیکی کشاورزی در کشورهای مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج خوبی در مقایسه با اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای داشته است.

پارامترهای طراحی زهکشی پروژه چهارم زهکشی در پاکستان با استفاده از مدل SWAP مورد ارزیابی قرار گرفت. از آنجا که تعرق نسبی شاخص خوبی برای ارزیابی اثرات طرح‌های زهکشی مختلف روی مقدار آب خاک، شوری و در نتیجه روی مقدار رشد محصول است (Sarwar and Feddes, 2000)، در این بررسی به منظر تعیین عمق و فاصله بهینه لوله‌های زهکش زیرزمینی، به ازای عمق و فواصل مختلف نصب زهکش‌ها، مقدار تعرق نسبی که نماینده‌ای از محصول نسبی است، مورد بررسی قرار گرفت.

مدل‌های SWAP و ANIMO به منظور شبیه‌سازی جریان آب و انتقال نیتروژن در منطقه‌ای واقع در بلغارستان استفاده گردید (Marinov *et al.*, 2005). شرایط مرزی پایین‌دست، به گونه‌ای که امکان جریان بین نیمرخ خاک و سفره آب زیرزمینی را فراهم می‌کرد تعیین شد. در این تحقیق مقدار خطا در شبیه‌سازی نوسانات سطح ایستابی ۱۴/۹ سانتی‌متر بود. قابلیت تلفیق مدل‌های SWAP و ANIMO در پیش‌بینی تغییرات غلظت کربن آلی محلول (COD) در نیمرخ خاک به لحاظ کاربردهای مختلف اراضی، توسط Gomez (2007) مورد بررسی قرار گرفت. جریان از لایه مرزی پایین به عنوان تابعی نمایی از تغییرات سطح ایستابی در نظر گرفته شد. در این تحقیق مقدار جذر میانگین مربعات خطا در شبیه‌سازی نوسانات سطح ایستابی برای شش ترکیب مختلف نوع پوشش گیاهی و منطقه بین ۴/۹۵ و ۱۰/۳ سانتی‌متر متغیر بود.

تحقیقات انجام شده همگی نشان از موفقیت استفاده از دو مدل DRAINMOD و SWAP در سطح بین‌المللی داشته ولی کاربرد آن‌ها در ایران بخصوص در مورد مدل SWAP کم می‌باشد. تاکنون مقایسه بین این دو مدل نیز صورت نگرفته و استفاده از آن برای گیاه نیشکر در ایران انجام نشده است. از آنجا که گیاه نیشکر عمدتا در منطقه خوزستان با سطح ایستابی بالا کشت می‌شود، لذا استفاده از یک مدل مناسب زهکشی که بتوان مدیریت سطح ایستابی را با دقت بالا انجام داد، لازم و ضروری است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه شامل کشت و صنعت میرزا کوچک‌خان در قسمت جنوبی شهرستان اهواز و در غرب رودخانه کارون بین۴۸ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۴۶ دقیقه عرض شمالی و در ارتفاع ۲۲/۵ متر ازسطح آب‌های آزاد واقع شده است.

کل مساحت کشت و صنعت ۱۴ هزار هکتار و مساحت خالص اراضی آن ۱۲ هزار هکتار می‌باشد. از نظر فیزیوگرافی، این منطقه به عنوان یک دشت آبرفتی رودخانه‌ای نامیده می‌شود که به طور کلی دارای شیب خیلی کم و بدون پستی و بلندی است. واحد مذکور در پایین‌ترین قسمت دشت آبرفتی رودخانه کارون قرار گرفته و دارای آب و هوای گرم و خشک می‌باشد. طبق آمار موجود، متوسط بارندگی دشت ۲۳۰ میلی‌متر، حداکثر مطلق درجه حرارت ۵۴ در جه سانتی-گراد، حداقل مطلق، صفر درجه سانتی‌گراد و متوسط حرارت حداقل سالیانه ۱۲ درجه سانتی‌گراد در ایستگاه اهواز است (آذرنوش، ۱۳۸۳).

داده‌های مورد نیاز برای محاسبه تبخیر-تعرق به روش پنمن-مانتیث شامل داده‌های تشعشع خورشیدی، دمای هوا، رطوبت و سرعت باد است. این داده‌ها از ایستگاه هواشناسی اداره مطالعات کاربردی شرکت کشت و صنعت امیر کبیر تهیه گردید. از آن‌جا که این آمار، اطلاعات مربوط به تشعشع خورشیدی را شامل نبود، از رابطه انگستروم برای محاسبه داده‌های تشعشع خورشیدی استفاده شد (FAO 56). معادله (۱) این رابطه را نشان می‌دهد.

$$R_s = \left(a_s + b_s \frac{n}{N} \right) R_a \qquad (۱)$$

که در آن:

R_s: تشعشع خورشیدی (مگاژول بر متر مربع در روز)،

n: تعداد ساعات واقعی آفتابی (ساعت)،

N: حداکثر ساعات آفتابی (ساعت)،

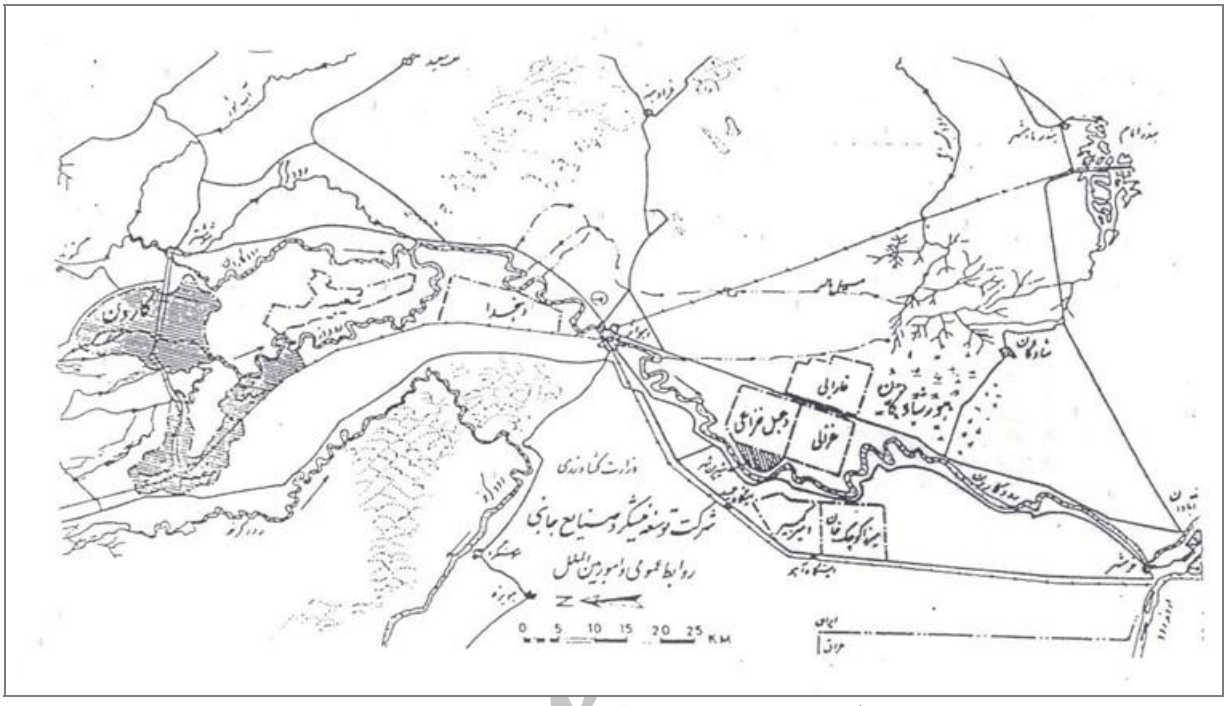
Archive of SID

www.SID.ir

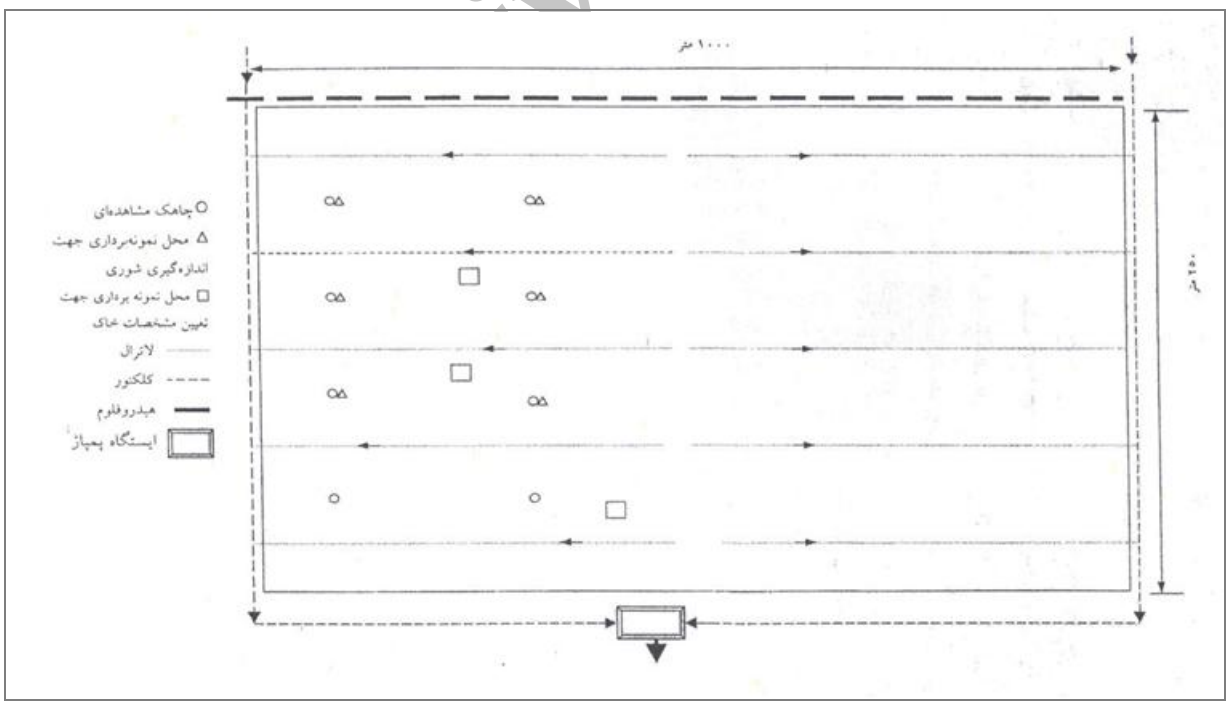
a_s, b_s: ضرایب افت هستند و معمولا در مناطقی کـه داده‌هـای تابش برای کالیبره کردن رابطه (۱) وجود نداشته باشد، به ترتیـب ۰/۵ و ۰/۲۵ در نظر گرفته می‌شوند،

R_a: تابش فرازمینی(مگاژول بر متر مربع در روز).

اطلاعات خاکشناسی موجود، شامل، درصد ذرات خاک و هـدایت هیدرولیکی اشباع تعیین شده برای سه لایه خاک در نمونه‌بـرداری‌هـا به ترتیب در جداول (۱) و (۲) ارائه شده است:



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی کشت و صنعت میرزا کوچک‌خان



شکل ۲- آرایش سیستم زهکشی و نقاط نمونه‌برداری

www.SID.ir

جدول ۱- نتایج تجزیه دانه‌بندی به منظور تعیین بافت خاک (آذرنوش، ۱۳۸۳)

کلاس بافتی	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	عمق (سانتی‌متر)
رسی سیلتی	۴۳/۴	۴۵	۱۱/۶	۳۰-۰
رسی سیلتی	۴۲/۴	۴۷/۶	۱۰	۶۰-۳۰
رسی سیلتی	۴۱/۴	۳۶/۶	۲۲	۱۰۰-۶۰

جدول ۲- نتایج اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی بر حسب متر بر روز (آذرنوش، ۱۳۸۳)

حداکثر	حداقل	متوسط	انحراف معیار
۰/۷۵	۰/۱۱	۰/۴۸	۰/۰۷۸

داده‌های سطح ایستابی مورد استفاده در این تحقیق از یک مزرعه آزمایشی به مساحت ۲۵ هکتار واقع در واحد میرزاکوچک‌خان طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی در اهواز به‌دست آمده است. در کل اراضی این واحد به قطعات منظم ۲۵ هکتاری تقسیم شده و به علت بالا بودن سطح ایستابی و شوری بالای خاک، سیستم زهکشی زیرزمینی با لوله‌های پلاستیکی خرطومی نصب شده است. این لوله-ها به فاصله ۵۰ متر از یکدیگر و در عمق ۲ متری از سطح زمین قرار دارند. برای اندازه‌گیری نوسانات سطح ایستابی در هر قطعه، از چهار حلقه چاهک مشاهده‌ای استفاده شد که چاهک‌های واقع در قطعه اول در امتداد فاروی ۶۶ام و در قطعه دوم در امتداد فاروی ۱۹۸ام و در وسط زهکش‌ها حفر شده‌اند (آذرنوش، ۱۳۸۳). نوسانات آب زیرزمینی به صورت روزانه از تاریخ ۸۰/۱/۱ تا ۸۱/۶/۳۱ ثبت گردیده است. میانگین روزانه عمق آب در چاهک‌های واقع در هر قطعه محاسبه و به عنوان عمق سطح ایستابی قطعه در آن روز منظور شد. از تاریخ ۸۰/۱/۱ تا ۸۰/۱۰/۱۰ برای واسنجی و از تاریخ ۸۰/۱۰/۱۱ تا ۸۱/۶/۳۱ برای صحت سنجی استفاده شد. علت انتخاب این بود که با سال میلادی مطابقت پیدا کند و ورود اطلاعات به مدل راحت‌تر باشد.

ورودی‌های مدل DRAINMOD

مدل DRAINMOD به داده‌های بارندگی ساعتی و تبخیر-تعرق روزانه نیاز دارد. بارندگی به صورت روزانه به مدل معرفی می‌شود و مدل با استفاده از فایل‌های HISARS که به صورت یک برنامه[1] در مدل وجود دارد، بارندگی روزانه را به بارندگی ساعتی تبدیل می‌کند. مدل، تبخیر-تعرق را با استفاده از روش ترنت-وایت محاسبه می‌کند، اما از آن جا که این روش مخصوص مناطق مرطوب است، ابتدا تبخیر-تعرق با استفاده از روش پنمن-مانتیث محاسبه گردید و به صورت یک فایل به مدل معرفی شد. داده‌های خاک مورد نیاز در مدل شامل هدایت هیدرولیکی اشباع، عمق لایه غیر قابل نفوذ، رابطه بین مقادیر حجم آب زهکشی شده و صعود مویینگی با عمق سطح ایستابی و ضرایب معادله گرین آمپت است. از میان این داده‌ها، تنها هدایت هیدرولیکی اشباع خاک و عمق لایه غیرقابل نفوذ در شرایط مزرعه اندازه‌گیری شده بود. بنابراین، باید روابط بین حجم آب زهکشی شده و صعود مویینگی با عمق سطح ایستابی و ضرایب معادله نفوذ گرین آمپت به طریقی محاسبه می‌شد.

در مدل DRAINMOD، یک برنامه[2] به منظور انجام این محاسبات وجود دارد. این برنامه با استفاده از پارامترهای هیدرولیکی خاک شامل α، n، θ_r، θ_s و k_{sat} (پارامترهای توابع تحلیلی Van Genuchten و Mualem) این روابط را محاسبه می‌کند. از این اطلاعات به عنوان فایل ورودی در مدل استفاده می‌شود. برای تعیین پارامترهای هیدرولیکی در هر لایه خاک از تابع انتقالی ROSETTA استفاده شد. از آن‌جا که ممکن است این پارامترها برای خاک و منطقه مورد نظر صدق نکنند، نیاز به واسنجی این پارامترها وجود دارد. اسکگز (Skaggs, 1982) گزارش نموده که برای رسیدن به یک دقت مورد نظر در انجام واسنجی، تغییر همه پارامترهای ورودی، لزومی ندارد. با توجه به تحقیق Singh *et al.* (2006) حساس‌ترین پارامترهای هیدرولیکی خاک α و n در نظر گرفته شد. بنابراین این پارامترها تا حدی که اختلاف بین مقادیر اندازه‌گیری شده و محاسبه شده حداقل شود، تغییر داده شد. در جدول (۳) پارامترهای سیستم زهکشی و در جدول (۴) مقادیر واسنجی شده پارامترهای هیدرولیکی خاک ارائه گردیده است. در شکل‌های (۳) و (۴) به ترتیب مقادیر صعود موئینگی و آب زهکشی شده در برابر عمق سطح ایستابی نشان داده شده است.

θ_{res} = رطوبت باقی‌مانده در خاک در دامنه‌های خیلی خشک

θ_{sat} = رطوبت خاک در حالت اشباع

K_{sat} = هدایت هیدرولیکی اشباع خک

n، α و L= ضرایب شکل

ورودی‌های مدل SWAP

داده‌های ورودی مورد نیاز برای اجرای مدل SWAP شامل، داده‌های هواشناسی، خاکشناسی، گیاهی، اطلاعات مربوط به آبیاری

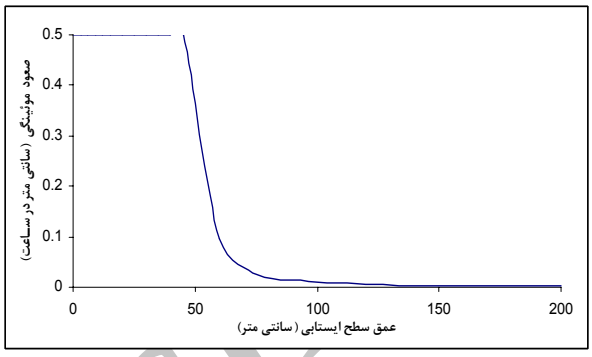
1- Utility (Create Weather File)

2- Utility (Create Soil File)

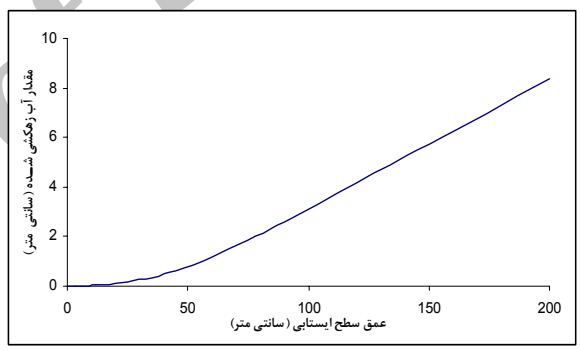
Archive of SID

www.SID.ir

و شرایط مرزی پایین است. در مدل SWAP هشت نوع شرط مرزی مختلف می‌توان در نظر گرفت که بسته به اطلاعات موجود یکی از آن‌ها انتخاب می‌شود. در این تحقیق جریان از مرز پایینی به عنوان تابعی نمایی از تغییرات سطح ایستابی به مدل معرفی گردید (معادله ۲).



شکل ۳- تغییرات مقدار صعود موئینگی نسبت به تغییرات عمق سطح ایستابی



شکل ٤- تغییرات حجم آب زهکشی شده نسبت به تغییرات عمق سطح ایستابی

$$q = Ae^{Bh} \qquad (۲)$$

که در آن: q حجم آب زهکشی شده از کف لایه غیر قابل نفوذ، h ، عمق سطح ایستابی و A و B ضرایب ثابتی هستند.

جدول ۳- پارامترهای مربوط به سیستم زهکشی مورد استفاده در DRAINMOD

عمق نصب زهکش‌ها (cm)	۲۰۰
فاصله زهکش‌ها (cm)	۵۰۰۰
عمق واقعی لایه غیرقابل نفوذ (cm)	۲۵۰
عمق معادل (cm)	۴۷/۴۴
ضریب زهکشی (cm/day)	۲
ضریب کرکهام	۱۲/۹۳
عمق سطح ایستابی در شروع شبیه‌سازی (cm)	۱۰۰

به منظور انطباق نسبی سطح ایستابی شبیه‌سازی شده با داده‌های اندازه‌گیری شده، مقدار A=-100 و B=-0.1 در نظر گرفته شد. در مدل SWAP توابع هیدرولیکی خاک با استفاده از توابع تحلیلی VanGenuchten و Mualem تعیین می‌شود. پارامترهای مورد نیاز برای این توابع تحلیلی با استفاده از مقادیر بافت، وزن مخصوص ظاهری خاک و به کمک توابع انتقالی موجود در خود مدل SWAP تعیین و برای شرایط مورد تحقیق واسنجی شدند. بنابراین، به منظور واسنجی مدل SWAP، مقادیر α و n آن‌قدر تغییر داده شدند تا مقدار RMSE بین داده‌های واقعی و شبیه‌سازی شده در حد قابل قبولی قرار گیرد. جدول (۵) مقادیر واسنجی شده پارامترهای هیدرولیکی خاک که در مدل SWAP مورد استفاده قرار گرفته است را نشان می‌دهد.

برای تعیین کیفیت و اعتبار مدل ها از چند شاخص آماری از جمله جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب باقیمانده جرم (CRM) و ضریب همبستگی (r) استفاده می شود که به ترتیب در روابط (۳) و (۴) تعریف شده است.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(P_i - O_i)^2} \qquad (۳)$$

جدول ٤- پارامترهای معادله Van Genuchten و Mualem برای سه لایه از نیمرخ خاک (واسنجی شده برای مدل DRAINMOD)

لایه خاک	θ_{res} (cm^3cm^{-3})	θ_{sat} (cm^3cm^{-3})	K_{sat} (cm/day)	α	n	L
۳۰-۰	۰/۰۹۴۷	۰/۴۶۸	۴۸	۰/۰۰۹۱۳	۱/۳۹۰۶۰	-۰/۶۷۱۷
۶۰-۳۰	۰/۰۹۶۰	۰/۴۸۳	۶۰	۰/۰۰۹۷۷	۱/۳۱۸۷۸	-۰/۵۸۹۱
۲۵۰-۶۰	۰/۰۸۷۸	۰/۴۲۹	۴۸	۰/۰۱۳۰۹	۱/۰۵۹۸۷	-۰/۸۵۸۳

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- پارامترهای معادله Van Genuchten و Mualem برای سه لایه از نیمرخ خاک (واسنجی شده برای مدل SWAP)

لایه خاک	θ_{res} ($cm^3 cm^{-3}$)	θ_{sat} ($cm^3 cm^{-3}$)	K_{sat} (cm/day)	α	n	L
۳۰-۰	۰/۰۱	۰/۴۳۷	۴۸	۰/۰۱۰	۱/۰۲۰	-۱/۰۰۲۵
۶۰-۳۰	۰/۰۱	۰/۴۵۳	۶۰	۰/۰۲۳	۱/۰۳۵	-۱/۷۳۴۸
۲۵۰-۶۰	۰/۰۱	۰/۴۰۲	۴۸	۰/۰۲۶	۱/۰۳۰	-۱/۷۹۷۷

$$CRM = \frac{\sum_{i=1}^{N} P_i - \sum_{i=1}^{N} O_i}{\sum_{i=1}^{N} O_i} \qquad (۴)$$

که در آن‌ها: N تعداد کل نقاط مورد بررسی، O میانگین مقادیر مشاهده شده، O_i مقدار مشاهده شده در نقطه iام و P_i مقدار پیش‌بینی شده با استفاده از مدل در این نقطه است. از میان این شاخص‌ها RMSE مقدار خطای کل شبیه‌سازی را تعیین می‌کند، CRM مشخص کننده این است که مدل، بیش‌برآوردگر است یا کم‌برآوردگر و r نشان می‌دهد که رابطه بین مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده توسط مدل‌ها تا چه حد خطی است.

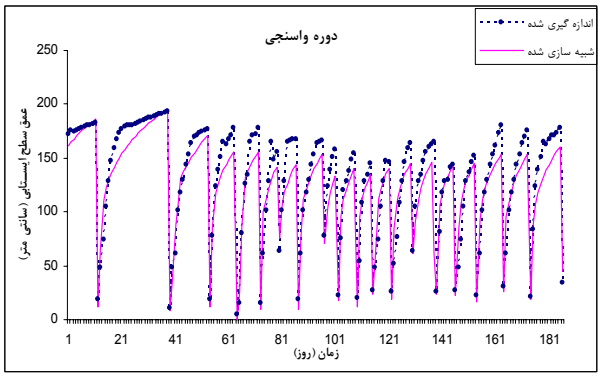
نتایج و بحث

شکل‌های (۵) تا (۸) نوسانات سطح ایستابی مشاهده و محاسبه شده به وسیله دو مدل SWAP و DRAINMOD را در دوره‌های واسنجی و صحت‌یابی نشان می‌دهد. همبستگی مقادیر مشاهده‌ای و محاسبه‌ای، در شکل‌های (۱۰) تا (۱۳) ارائه گردیده است.

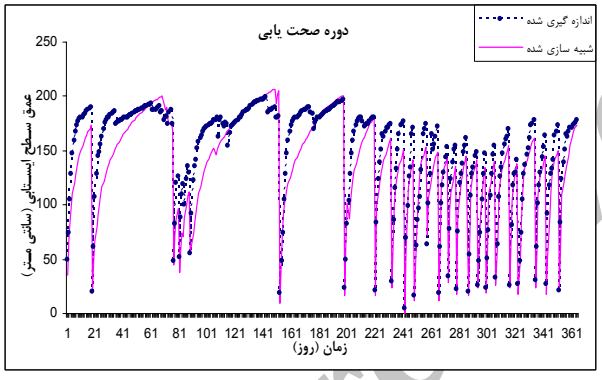
مقادیر ریشه میانگین مربعات خطا، ضریب باقی‌مانده جرم و ضریب همبستگی در دوره‌های واسنجی و صحت‌یابی برای دو مدل SWAP و DRAINMOD در جدول (۶) ارائه شده است.

همان‌طور که در جدول (۵) مشاهده می‌شود و با توجه به تحقیقات Yang (2008) که میزان RMSE را برابر ۷ سانتی‌متر به‌دست آورده بود، خطا بیشتر بوده، ولی تحقیقات Skaggs (1980) آن را ۷/۵ تا ۱۹/۶ سانتی‌متر نشان داده است. بنابراین در حد قابل قبولی قرار دارد.

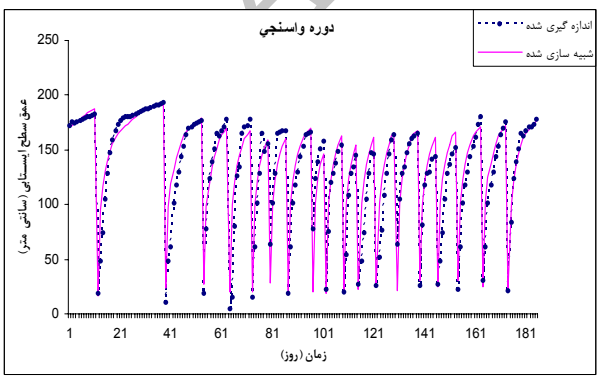
همچنین، مقادیر CRM برای هر دو دوره واسنجی و صحت‌یابی در مدل DRAINMOD مقداری منفی است و بیان کننده این مطلب که مدل DRAINMOD اعماق سطح ایستابی را کمتر از مقادیر واقعی شبیه‌سازی کرده است. به عبارتی، DRAINMOD یک مدل کم‌برآوردگر است. از دلایل این امر می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:



شکل ۵- نوسانات سطح ایستابی در طی دوره واسنجی شبیه‌سازی شده با مدل DRAINMOD



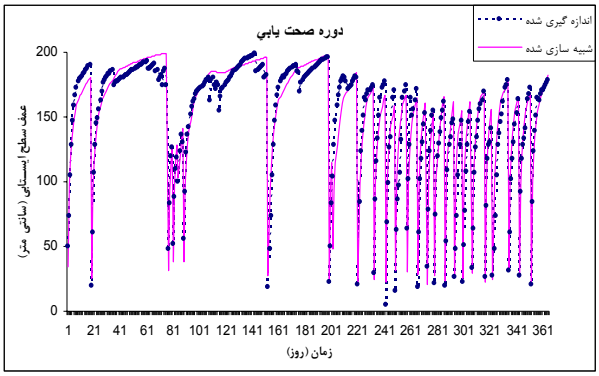
شکل ٦- نوسانات سطح ایستابی در طی دوره صحت‌یابی شبیه‌سازی شده با مدل DRAINMOD



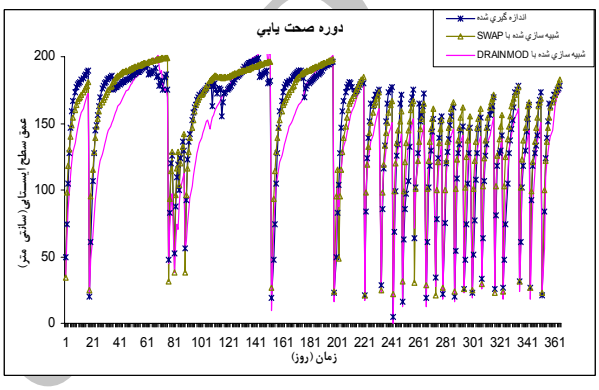
شکل ۷- نوسانات سطح ایستابی در طی دوره واسنجی شبیه‌سازی شده با مدل SWAP

Archive of SID

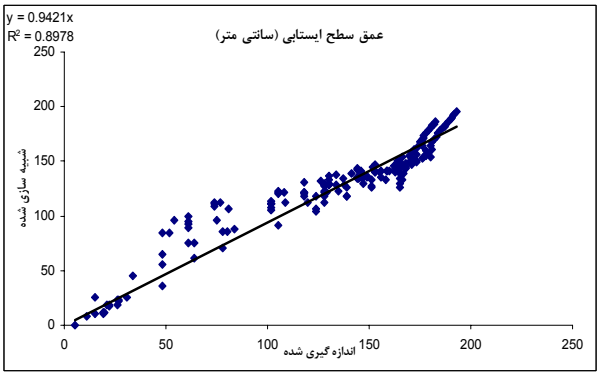
www.SID.ir



شکل ۸- نوسانات سطح ایستابی در طی دوره صحت‌یابی شبیه-سازی شده با مدل SWAP



شکل ۹- مقایسه مقادیر سطح ایستابی واقعی با مقادیر شبیه‌سازی شده توسط دو مدل SWAP و DRAINMOD

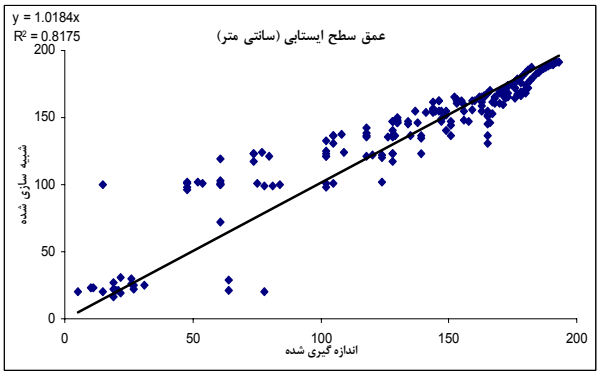


شکل ۱۰- همبستگی مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده در دوره واسنجی در مدل DRAINMOD

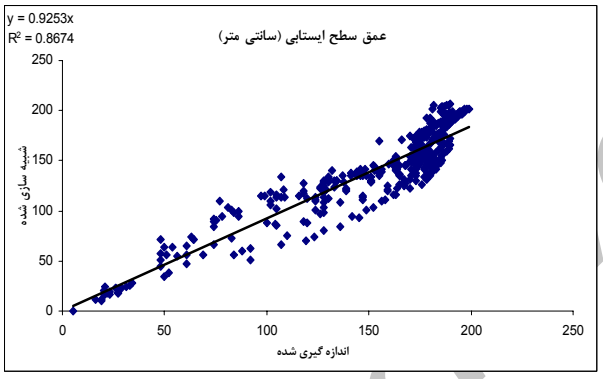
مدل DRAINMOD در زمان تغذیه، تبخیر-تعرق را صفر در نظر می‌گیرد که در واقع این طور نیست.

در اجرای این مدل مقدار نشت عمودی صفر در نظر گرفته شد.

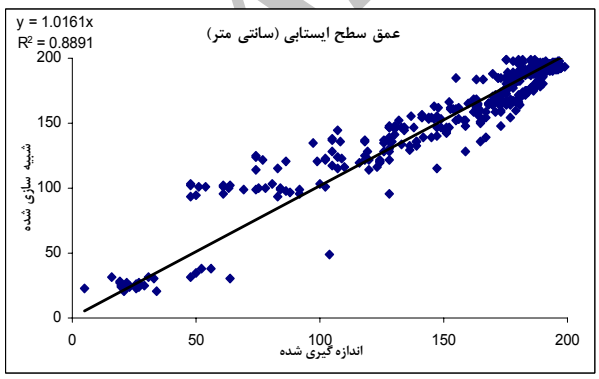
در مدل SWAP نیز با توجه به تحقیقات گذشته، مقدار خطا در هر دو دوره واسنجی و صحت‌یابی در حد قابل قبولی است و در محدوده نتایج به‌دست آمده توسط Marinov *et al.*, (2005) قرار دارد. مقادیر ضریب باقی‌مانده جرم برای هر دو دوره، مقداری مثبت است و این نشان می‌دهد که مدل SWAP مقادیر عمق سطح ایستابی را بیشتر از مقدار واقعی شبیه‌سازی کرده است. به عبارت دیگر در این تحقیق، مدل SWAP یک مدل بیش‌برآوردگر است.



شکل ۱۱- همبستگی مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده در دوره واسنجی برای SWAP



شکل ۱۲- همبستگی مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده در دوره صحت‌یابی با مدل DRAINMOD



شکل ۱۳- همبستگی مقادیر اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده در دوره صحت‌یابی برای SWAP

www.SID.ir

جدول ٦- مقادیر ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب باقی‌مانده جرم (CRM) و ضریب همبستگی (r) در دوره‌های واسنجی و صحت‌یابی برای دو مدل SWAP و DRAINMOD

پارامترهای آماری	نوع مدل	دوره واسنجی	دوره صحت-یابی
RMSE (cm)	SWAP	۱۵/۱۸	۱۴/۸۵
	DRAINMOD	۱۸/۱۴	۲۰/۶۹
CRM	SWAP	۰/۰۴۶	۰/۰۳
	DRAINMOD	-۰/۰۴۶	-۰/۰۷
r	SWAP	۰/۹۰	۰/۹۴
	DRAINMOD	۰/۹۵	۰/۹۳

این امر ممکن است دلایل مختلفی داشته باشد. از جمله این که احتمالا شرایط مرزی بالا و پایین که برای مدل تعریف شده با شرایط واقعی اندکی متفاوت بوده است، یعنی مقدار تبخیر-تعرق و یا در لایه مرزی پایین جریان از کف، بیش از جریان واقعی برآورد شده است.

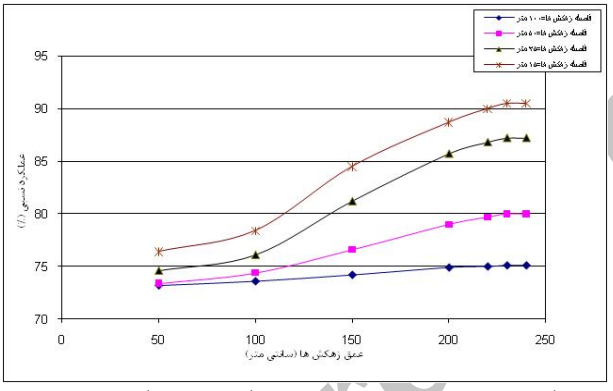
در مدل DRAINMOD، مقدار RMSE و r بزرگتر از مدل SWAP است. یعنی با این‌که مقدار خطای شبیه‌سازی بزرگ بوده، مقدار ضریب همبستگی بین مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی شده افزایش یافته است. این امر به این دلیل است که پراکندگی نقاط در دو طرف خط ۴۵ درجه تقریبا یکسان است و با این‌که نقاط در فواصل تقریبا زیادی از خط ۴۵ درجه قرار دارند (خطا در شبیه‌سازی زیاد است) اما خط برازش داده شده بر این نقاط نزدیک به خط ۴۵ درجه بوده و مقدار ضریب همبستگی بزرگ است.

همان‌طور که در شکل‌های (۱۴) تا (۱۷) مشاهده می‌شود، در شبیه‌سازی‌های حاصل از دو مدل SWAP و DRAINMOD، با افزایش عمق زهکش‌ها و با فرض ثابت نگه داشتن فاصله آن‌ها، عملکرد نسبی محصول افزایش می‌یابد. در اعماق زهکشی بیشتر از دو متر، افزایش عملکرد محسوس نیست. در این مدل‌ها نیز با افزایش فاصله زهکش‌ها با فرض ثابت بودن عمق نصب آن‌ها، عملکرد نسبی کاهش می‌یابد. از طرفی، افزایش عمق باعث افزایش حجم آب زهکشی شده و افزایش فاصله زهکش‌ها، باعث کاهش حجم آب زهکشی شده می‌شود.

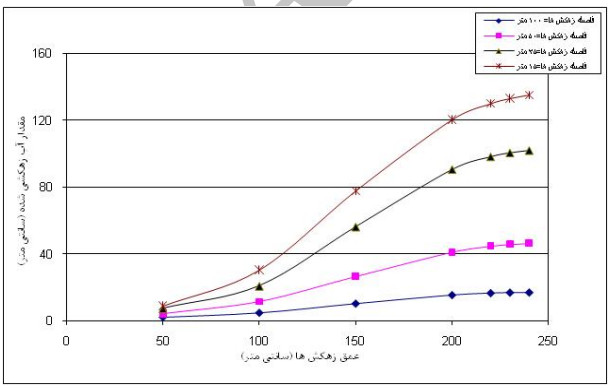
تغییر عمق زهکش با فرض ثابت بودن فاصله روی عملکرد نسبی و مقدار آب زهکشی شده که به وسیله مدل DRAINMOD شبیه-سازی شده، تاثیر بیشتری داشته است. به عنوان نمونه، برای فاصله زهکش ۵۰ متر، با تغییر عمق زهکش از ۲۰۰ سانتی‌متر به ۱۰۰ سانتی‌متر، عملکرد نسبی شبیه‌سازی شده به وسیله مدل DRAINMOD حدود ۵ درصد کاهش می‌یابد. در حالی که با تغییر همین مقدار در عمق زهکش، عملکرد نسبی شبیه‌سازی شده به وسیله مدل SWAP کمتر از یک درصد تغییر می‌کند. در مورد مقدار آب زهکشی شده هم این مطلب صادق است. یعنی با تغییر عمق زهکش از ۲۰۰ سانتی‌متر به ۱۰۰ سانتی‌متر، مقدار آب زهکشی شبیه-سازی شده به وسیله مدل DRAINMOD حدود ۳۰ سانتی‌مترتغییر نموده در حالی که برای مدل SWAP این مقدار در حدود ۲۰ سانتی-متر است. این امر احتمالا به دلیل شرط مرزی پایینی است که برای مدل‌ها در نظر گرفته شده است.

هدف از این تحقیق، تعیین عمق و فاصله‌ای از زهکش‌ها است که از یک طرف افزایش عملکرد و از سوی دیگر کمترین مقدار خروجی آب را در پی داشته باشد. بدین منظور، عملکرد نسبی و مقدار آب زهکشی شده برای ۲۸ ترکیب مختلف عمق و فاصله، به وسیله دو مدل SWAP و DRAINMOD شبیه‌سازی گردید. فواصل زهکش-ها با مقادیر ۱۵، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ متر و اعماق با مقادیر ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۲۰، ۲۳۰ و ۲۴۰ سانتی‌متر تغییر داده شد.

برای عملکرد نسبی ۸۰ درصد، چهار ترکیب مناسب عمق و فاصله تعیین گردید. از این میان، ترکیبی به عنوان ترکیب بهینه انتخاب شد که کمترین میزان خروجی آب را به همراه داشت یعنی عمق زهکشی ۱۱۵ سانتی‌متر و فاصله ۱۵ متر برای مدل DRAINMOD و عمق زهکشی ۱۶۰ سانتی‌متر و فاصله ۲۵ متر برای مدل SWAP.



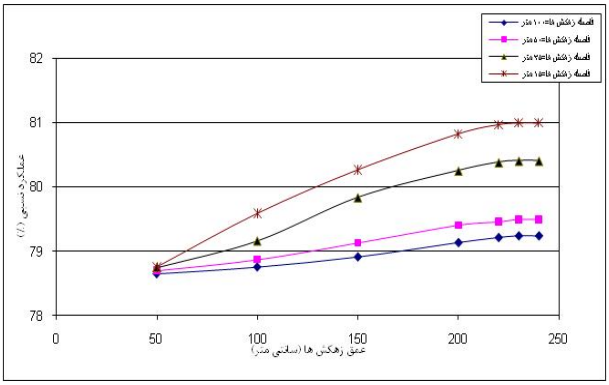
شکل ١٤- تغییرات عملکرد نسبی شبیه‌سازی شده با مدل DRAINMOD با تغییرات عمق و فاصله زهکش‌ها



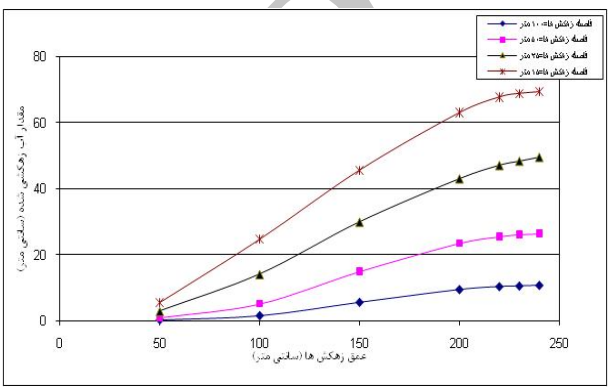
شکل ١٥- تغییرات مقدار آب خروجی شبیه‌سازی شده با مدل DRAINMOD با تغییرات عمق و فاصله زهکش‌ها

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ١٦- تغییرات عملکرد نسبی شبیه‌سازی شده با مدل SWAP با تغییرات عمق و فاصله زهکش‌ها



شکل ١٧- تغییرات مقدار آب خروجی شبیه‌سازی شده با مدل SWAP با تغییرات عمق و فاصله زهکش‌ها

نتیجه‌گیری

مدل‌های شبیه‌سازی در زهکشی از ابزارهای مهم مدیریتی برای پیش‌بینی و تصمیم‌گیری می‌باشد. در این تحقیق، دو مدل معروف زهکشی یعنی SWAP و DRAINMOD با استفاده از داده‌های مزرعه‌ای جمع‌آوری شده در واحد کشت و صنعت نیشکر میرزاکوچک خان واقع در استان خوزستان مورد ارزیابی قرار گرفت. هر دو مدل نتایج نسبتاً رضایت بخشی را ارائه داده و با استفاده از آن‌ها و با هدف حداکثر کردن تولید محصول و کاهش آب زهکشی، فاصله و عمق زهکش‌ها طراحی گردید.

در این تحقیق مقدار جذر میانگین مربعات خطا در دوره صحت‌یابی برای مدل SWAP و DRAINMOD به ترتیب ۱۴/۸۵ و ۲۰/۶۹ سانتی‌متر بدست آمد.

در مقایسه با تحقیقاتی که بر روی هر یک از این مدل‌ها به صورت جداگانه انجام شده است، در این بررسی نتایج حاصل قابل قبول بوده است. وجود مقداری خطا احتمالا به دلیل ورود داده‌هایی است که با مقادیر واقعی مطابقت ندارند. به عنوان نمونه، در بعضی موارد، افزایش سطح ایستابی با زمان آبیاری و یا بارندگی همخوانی نداشتند. داده‌های ورودی مورد نیاز برای انجام شبیه‌سازی به وسیله مدل‌ها، نقش بسیار مهمی در نتایج حاصل از مدل‌ها دارند. بنابراین، دقت در اندازه‌گیری پارامترهای ورودی مورد نیاز، دقت در شبیه‌سازی را به همراه خواهد داشت. در این تحقیق پارامترهای هیدرولیکی خاک مورد نیاز در اجرای مدل‌ها به کمک توابع انتقالی تعیین گردید. این مقادیر احتمالا با مقادیر واقعی متفاوت بوده است. از طرفی ممکن است مقداری از این خطا به دلیل درز و شکاف‌هایی باشد که در خاک وجود دارد و در شبیه‌سازی مدل‌ها در نظر گرفته نمی‌شود و نیز این که ممکن است داده‌های مشاهده‌ای به دقت اندازه‌گیری نشده باشند.

اما همان‌طور که در نتایج ملاحظه شد، مدل SWAP نوسانات سطح ایستابی را بهتر از مدل DRAINMOD شبیه‌سازی کرد که این امر احتمالا به دلیل انعطاف‌پذیری بیشتر این مدل در انتخاب شرایط مرزی مختلف بوده است. شرایط مرزی بالا برای هر دو مدل یکسان فرض شده است (بارندگی، آبیاری و تبخیر-تعرق محاسبه شده با روش پنمن-مانتیث). اما شرط مرزی پایین برای دو مدل یکسان فرض نشده است و این امر به دلیل نقص مدل DRAINMOD در لحاظ کردن شرط مرزی پایین می‌باشد (در مدل DRAINMOD فرض می‌شود که تمام آب در نیمرخ خاک باقی می‌ماند و نشتی از لایه مرزی پایین صورت نمی‌گیرد و تنها در صورتی نشت عمودی محسوس فرض می‌شود که یک سفره آب محصور در لایه مرزی پایین وجود داشته باشد).

در بررسی تاثیر تغییر عمق و فاصله زهکش‌ها روی مقدارعملکرد نسبی و آب زهکشی شده، مشاهده گردید که با افزایش عمق با فرض ثابت بودن فاصله نصب زهکش‌ها، مقدار محصول افزایش پیدا می‌کند. این به دلیل تنش رطوبتی موجود در منطقه ریشه است که با افزایش عمق زهکشی آب اضافی بهتر از این ناحیه خارج شده و تهویه مناسب برای گیاه فراهم می‌شود. با افزایش عمق مقدار آب خروجی هم افزایش می‌یابد. با افزایش فاصله و ثابت فرض کردن عمق زهکش‌ها، عملکرد نسبی کاهش می‌یابد. این امر به دلیل عدم خروج آب اضافی در زمان مناسب از منطقه توسعه ریشه است. با کاهش فاصله زهکش‌ها عملکرد نسبی افزایش می‌یابد، اما کم کردن بیش از حد این فاصله کاهش عملکرد نسبی را به همراه خواهد داشت چون آب بیش از حد از خاک خارج شده و تنش خشکی گیاه را تهدید می‌کند.

به طور کلی چون مقادیر اندازه‌گیری شده عملکرد محصول موجود نیست، نمی‌توان نتیجه گرفت که کدام مدل، عملکرد نسبی را بهتر شبیه‌سازی کرده است و کدام یک از عمق و فاصله بهینه که به وسیله دو مدل پیشنهاد شده، بهتراست.

Archive

www.SID.ir

مراجع

آذرنوش، م. (۱۳۸۳). سطح مدلسازی تغییرات ایستابی در خاک با استفاده از مدل DRAINMOD و شبکه عصبی مصنوعی مطالعه موردی خوزستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

منصوری، ح. و مصطفی زاده. ب. (۱۳۸۵). راهنمای نصب و اجرای مدل SWAP. اولین همایش منطقه ای بهره برداری بهینه از منابع آب حوضه های کارون و زاینده رود. دانشگاه شهرکرد.

Breve, M.A. (1994). Modeling the movement and fate of nitrogen in aartificially drained soils. PhD Dissertation, North Carolina State University.

Gomez, P.B. (2007). Simulation of water flow and DOC transport in upland peat soils with different land covers using SWAP and ANIMO models. MSc Thesis, School Of Applied Sciences, Cranfield University, UK. Pp. 82

Kandil, H.M. (1992). DRAINMOD-S: A water management model for irrigated arid lands. PhD Thesis. North Carolina State University.

Lilly, A., Nemes, A., Rawls, W.J. and Pachepsky, Ya. A. (2008). Probabilistic approach to the identification of input variables to estimate hydraulic conductivity. Soil Science Society of America Journal, 72:16-24.

Marinov, D., Querner, E. and Roelsma, J. (2005). Simulation of water flow and nitrojen transport for a Bulgarian experimental plot using SWAP and ANIMO models. Journal of Contamination Hydrology, 77: 145-164.

Mermoud, A. and Xu,D. (2006). Comparative analysis of three methods to generate soil hydraulic functions. Soil and Tillage Research, 87:89-100.

Salazar, O., Wesstrom, I., and Joel, A. (2008). Evaluation of DRAINMOD using saturated hydraulic conductivity estimated by a pedotransfer function model. Journal of Agricultural Water Management, 95:1135-1143.

Sarwar, A. and Feddes, R.A. (2000). Evaluating drainage design parameters for the Fourth Drainage Project, Pakistan by using SWAP model: part Π-modeling results. Journal of Irrigation and Drainage Systems, 14:281-299.

Singh, R., Helmers, M.J. and Qi, Z. (2006). Calibration and validation of DRAINMOD to design subsurface drainage systems for Iowa' s tile landscapes. Journal of Agricultural Water Management, 85:221-232.

Skaggs, R.W. (1980). DRAINMOD Reference Report: Methods for design and evaluation of drainage water management system for soils with high water tables. United State Department of Agriculture.

Skaggs, R.W. (1982). Field evaluation of a water management simulation model, DRAINMOD. Transacation of the ASAE. 25(3):666-674.

Tietje, O., Tapkenhinrichs, M. (1993). Evaluation of pedo-transfer functions. Soil Science Society of America Journal, 57, 1088–1095.

Van Dam, J.C., Huygen, J., Wesseling, J.G., Feddes, R.A., Kabat, P., Van Walsum, P.E.V., Groenendijk, P. and Van Diepen, C.A. (1997). Theory of SWAP version 2.0. Technical Document , 45. Wageningen Agricultural University and DLO Winand Staring Centre. pp. 126.

Yang, X. (2008). Evaluation and application of DRAINMOD in an Australian sugercane field. Journal of Agricultural Water Management, 95:439-446.

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۱۳
تاریخ پذیرش: ۸۹/۶/۲۴

Archive of SID

www.SID.ir

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 3, Vol. 4, Winter 2011, p. 375-386

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۳، جلد۴، زمستان ۱۳۸۹، ص. ۳۸۶-۳۷۵

Evaluating DRAINMOD and SWAP drainage Models in Determining Optimal Depth and Spacing Using Crop Yield Performance and Drainage Effluent

F. Samipour[1], K. Mohammadi[2]*, M.H. Mahdian[3] and A.A. Naseri[4]

Abstract

Farm experiments are useful in knowing the drainage systems but they have considerable limitations including the inability to use them as prediction tools. Application of simulation models can cover these deficiencies but it is necessary to use the field data to evaluate the accuracy of the model. Two widely used drainage models are SWAP and DRAINMOD. The purpose of this research is to evaluate these models under filed conditions to simulate water table fluctuations and calculate optimum drain space and depth based on maximizing the crop production and minimizing drainage water. For this purpose, collected data from Mirza Kouchakkhan sugarcane farm in Khozestan in years 2001 and 2002 were used. The results showed that SWAP had better performance in calibration and verification periods. The RMSE for SWAP in calibration and verification periods were 15.18 and 14.85, respectively but they were 18.14 and 20.69 for DRAINMOD. Then, to find the best drain space and depth, for 28 different combinations of depth and space, crop production and drainage water were calculated. Considering the minimum crop production equal to 80 percent of the maximum crop production potential, for each model, 4 sets of depths and spaces were selected. Then, the set that had the minimum drainage water was selected as the best drain depth and space combination. This was 1.6 m depth and 25 m space for SWAP model and 1.15 m depth and 15 m space for DRAINMOD model. The difference can be attributed to the different crop production functions in two models. Because of limited data, in SWAP, a simple crop model was selected but in DRAINMOD, the effects of late plantation and over wet or dry conditions were taking into account and they changed the crop production.

Key words: Drainage model, Khozestan, Simulation, Sugarcane, DRAINMOD, SWAP

Archive of SID

1- M.Sc. Student in Irrigation and Drainage Eng., Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2- Associate Professor, Dept. of Irrigation and Drainage Eng., Tarbiat Modares University Tehran
(* - Corresponding Author Email: kouroshm@modares.ac.ir)
3- Associate Professor, Research, Education and Extension of Agriculture, Ministry of the Agriculture, Tehran, Iran
4- Associate Professor, Dept. of Irrigation and Drainage Eng., Faculty of Water Science Engineering, Chamran University, Ahwaz, Iran

www.SID.ir