

ارزیابی نرم افزار **DRAINMOD-S** در شبیه سازی شوری زهاب زهکش های

زیرزمینی

حامد نوذری^{۱*}، آذین پورصدری، سعید آزادی و عبدالمجید لیاقت

دانشیار گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان.

hanozari@yahoo.com

کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان.

Azin.prs70@gmail.com

دانشجوی دکتری مهندسی منابع آب گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان.

S_Azadi_ir@yahoo.com

استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

aliaghat@ut.ac.ir

چکیده

پس از نصب سیستم زهکشی زیرزمینی، از شروع بهره برداری از شبکه آبیاری و زهکشی تا پیش از رسیدن به حالت کم و بیش پایدار، کیفیت زهاب اراضی شور پیوسته در حال تغییر می باشد. زمان رسیدن به حالت تعادل در مناطق با آب زیرزمینی شور ممکن است چندین سال به طول بیانجامد. در این راستا آزمایش های مزرعه ای به منظور شناخت شرایط موجود حاکم بر سامانه های آبی مفید می باشند، لیکن محدودیت های قابل توجهی نیز دارند. در این شرایط مدل های شبیه سازی از جمله روش هایی می باشند که این محدودیت ها را تا حدود زیادی مرتفع می سازند. در این تحقیق عملکرد مدل **DRAINMOD-S** در شبیه سازی حجم زهاب تولیدی، شوری زهاب خروجی و نوسانات سطح ایستابی، مورد ارزیابی قرار گرفت. برای اعتباریابی نتایج مدل از داده های جمع آوری شده در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ مزرعه **ARCI-18** واقع در اراضی تحقیقاتی مرکز تحقیقات نیشکر (واحد توسعه کشت نیشکر و صنایع جانبی امیرکبیر، استان خوزستان) استفاده گردید. این اطلاعات شامل داده های هواشناسی و خاک، دبی خروجی زهکش ها، شوری آب آبیاری، شوری آب درون پیژومترها و شوری زهاب بودند. پس از تجزیه و تحلیل آماری و محاسبه ریشه میانگین مربعات خطا (**RMSE**) و خطای استاندارد (**SE**)، میزان برازش میان مقادیر واقعی و شبیه سازی شده شوری زهاب خروجی، شوری آب زیرزمینی، نوسانات سطح ایستابی و دبی خروجی زهکش بررسی شد. از این نظر، شاخص آماری **RMSE** برای شوری زهاب خروجی $4/76$ دسی زیمنس بر متر، شوری آب زیرزمینی $0/82$ دسی زیمنس بر متر، تراز سطح ایستابی $21/2$ سانتی متر و دبی خروجی زهکش $1/2$ لیتر بر ثانیه بر آورد گردید که دقت نسبتاً خوبی را نسبت به شرایط واقعی نشان می داد. بر پایه نتایج، مدل حاضر می تواند نوسانات سطح ایستابی، دبی زهاب خروجی از لوله های زهکش و شوری آن را در خوزستان (با سطح ایستابی کم عمق و شور) شبیه سازی کند.

واژه های کلیدی: سطح ایستابی، کیفیت زهاب، شوری آب زیرزمینی، خوزستان

^۱ - آدرس نویسنده مسئول: همدان، گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان.

* - دریافت: اسفند ۱۳۹۶ و پذیرش: مرداد ۱۳۹۷

مقدمه

شوری خاک یکی از مسائل اصلی در مناطق خشک و نیمه خشک به ویژه با سطح ایستابی کم عمق به شمار می رود. ایران از نظر موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه خشک می باشد که حدود ۳۰ درصد از اراضی قابل کشت آن به دلیل جریان رو به بالا از سطح آب زیرزمینی کم عمق، شور شده است (نوذری و همکاران، ۲۰۱۷)؛ بنابراین تنها راه بهره برداری مفید و مطلوب از این زمین ها که اغلب فاقد زهکشی مناسب نیز می باشند، تقویت و احداث سیستم های زهکشی زیرزمینی است. از این نظر طراحی و اجرای صحیح زهکش ها اهمیت بسیار بالایی دارد و هرگونه نقصی می تواند موجب تجمع نمک در خاک، از دست دادن تدریجی حاصلخیزی خاک و پایین آمدن بازدهی محصول شود. از طرفی، عمق نصب زهکش های زیرزمینی از عوامل مهم در عملکرد سیستم های زهکشی و اثرات زیست محیطی این طرح ها می باشد.

در مناطقی با آب شور کم عمق مانند خوزستان، افزایش عمق نصب زهکش ها، به دلیل بالا بودن سطح ایستابی و مشارکت بیشتر آب زیرزمینی شور در زهاب خروجی، می تواند به افزایش نمک خروجی از زهکش های زیرزمینی منجر شود. کاهش عمق نصب زهکش ها نیز پیامدهایی مانند ماندابی شدن، تجمع نمک در ناحیه ریشه و کاهش عملکرد گیاه را در پی دارد (نظری و همکاران، ۱۳۸۷). در کشت های آبی، زهکشی برای مهار و تنظیم شوری و مدیریت سطح ایستابی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. همچنین اگر چه این سیستم امکان تولید زراعی در خاک های شور و مرطوب را فراهم می نماید، لیکن با انتقال آلاینده های موجود در خاک و آب زیرزمینی به آب های سطحی، باعث تخریب برخی از زیست بوم های آبی می شود. از سوی دیگر با توجه به رشد فزاینده جمعیت، نیاز به افزایش تولید مواد غذایی و فشارهای وارده بر منابع آب تجدیدپذیر، بهره برداری از

آب هایی با کیفیت پایین مانند زهاب، راهکاری ضروری و منطقی به نظر می رسد (نوذری و لیاقت، ۲۰۱۴).

طرح های زهکشی و پروژه های کنترل شوری بسیاری در سراسر جهان اجرا شده و تاثیر لوله های زهکشی بر کنترل شوری، احیای اراضی و افزایش عملکرد محصول مورد بررسی قرار گرفته است که می توان به بررسی اثر زهکشی بر سطح ایستابی، کیفیت آب و شوری خاک در مطالعات محققین اشاره کرد (شائو و همکاران، ۲۰۱۲؛ گومان و همکاران، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲). شکبیا و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از یک مدل فیزیکی، تاثیر عمق سطح ایستابی شور را بر میزان شوری زهاب خروجی و عمق اختلاط آب آبیاری و آب زیر لوله های زهکش، مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که نقش و سهم آب زیر عمق لوله های زهکش در شوری زهاب خروجی زیاد می باشد. همچنین این محققین نشان دادند که ناحیه بالای سطح ایستابی بوسیله آب آبیاری آبشویی می شود و هرچه عمق سطح ایستابی نسبت به سطح خاک افزایش پیدا کند، آب آبیاری، ناحیه بیشتری را شسته و باعث افزایش نمک زهاب خروجی می شود. جوری و همکاران (۲۰۰۳)، عملیات استفاده مجدد از زهاب حاصل از سفال های زهکشی برای آبیاری زمین های کشاورزی در منطقه کالیفرنیا را شبیه سازی نمودند و نتیجه گرفتند که مقدار زیادی از زهاب خروجی به آب زیرزمینی مربوط می شود و غلظت نمک های زهاب خروجی تحت تاثیر شوری آب زیرزمینی قرار می گیرد.

به منظور ارزیابی و طراحی سیستم های مدیریت آب می توان از آزمایش های مزرعه ای و مدل های شبیه سازی استفاده نمود. در آزمایش های مزرعه ای، برای تعیین تاثیر عوامل مختلف بر روی عملکرد سیستم، عمق بهینه و برنامه ریزی آبیاری لازم است که آزمایش هایی با کمیت و کیفیت های مختلف انجام شود. در این روش محدودیت هایی نیز وجود دارد. از جمله این محدودیت ها می توان به هزینه بالا، عدم امکان اعمال سناریوهای زیاد و پیچیده مدیریت آبیاری، محدود بودن صحت و سقم نتایج به

منطقه و شرایط آزمایش اشاره نمود. از این نظر مدل‌های شبیه‌سازی را می‌توان به عنوان روش توسعه یافته‌ای از آزمایش‌های صحرایی برای غلبه بر این محدودیت‌ها استفاده کرد (نوذری و همکاران، ۲۰۱۴). در مدل‌های شبیه‌سازی نیز بدلیل عدم قطعیت نتایج، باید بتوان شرایط مرزی را به‌خوبی تعیین کرد و برخلاف شرایط واقعی، شرایط آزمایش را یکنواخت و ایزوله فرض نمود؛ بنابراین، اگر داده‌های ورودی به درستی و اسنچی شوند و دارای دقت قابل قبولی باشند، باعث افزایش دقت این مدل‌ها شده و بدون محدودیت زمانی و مکانی موجود در آزمایش‌های مزرعه‌ای و نیز صرف زمان و هزینه زیاد، می‌توان از مدل‌های شبیه‌سازی بهره برد (مصطفی‌زاده فرد و همکاران، ۲۰۰۹). علاوه بر آن، ثابت نگه داشتن شرایط آزمایش در طول تحقیق نیز بسیار دشوار خواهد بود، از این رو به‌منظور توسعه مدل‌های رایانه‌ای تحقیقات زیادی صورت گرفته است. یکی از مدل‌های کامپیوتری مورد استفاده در زمینه زهکشی، مدل DRAINMOD می‌باشد که به منظور شبیه‌سازی سطح ایستابی و زهاب خروجی از زهکش‌های زیرزمینی در مناطق مرطوب با سطح ایستابی کم عمق توسعه یافته است (اسکگز، ۱۹۸۰). کارایی مدل مذکور را بسیاری از محققین برای خاک‌ها و اقلیم‌های متنوع ارزیابی کرده‌اند. از آن‌جمله می‌توان به وهبا و همکاران (۲۰۰۲) اشاره کرد که به بررسی عملکرد مدل مذکور برای شبیه‌سازی مدیریت سطح ایستابی در مصر پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که انطباق خوبی بین مقادیر واقعی و شبیه‌سازی شده وجود دارد. همچنین وانگ و همکاران (۲۰۰۶) مدل DRAINMOD را برای برآورد شدت تخلیه زهکش در جنوب غربی اوهایو ارزیابی کرده و در نهایت، عملکرد مدل مناسب تشخیص داده شد.

وهبا و کریستین (۲۰۰۶) در تحقیقی در مناطق تحت آبیاری جنوب شرقی استرالیا و به منظور کنترل سطح ایستابی و شوری خاک، از زهکش زیرسطحی بهره بردند. در این تحقیق از DRAINMOD-S نیز برای

شبیه‌سازی میزان سطح ایستابی روزانه و شوری زهاب خروجی استفاده شد. در نهایت این محققین نشان دادند که با بهره‌گیری از این نرم‌افزار، می‌توان طراحی‌های متنوع زهکش‌ها و همچنین استراتژی‌های مدیریتی را در مناطق نیمه‌خشک استرالیا بکار گرفت. همچنین در تحقیقی از مدل DRAINMOD با حداقل داده‌های میدانی به‌منظور پیش‌بینی عمق سطح ایستابی و دبی خروجی از زهکش‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد که حتی با کمترین داده‌های ورودی (بافت و تخلخل خاک)، مدل پیش‌بینی خوبی را ارائه می‌دهد و با افزایش تعداد داده‌ها، مدل تخمین بهتری دارد (بورین و همکاران، ۲۰۰۰). درزی نفت‌چالی و همکاران (۱۳۹۴) با بهره‌گیری از مدل DRAINMOD به شبیه‌سازی نوسانات سطح ایستابی و تغییرات دبی زهکش‌های زیرزمینی در اراضی شالیزاری ساری مبادرت ورزیدند. سه نوع سیستم زهکشی زیرزمینی معمولی متشکل از اعماق و فواصل $D_{0.65}L_{15}$ ، $D_{0.9}L_{30}$ و $D_{0.65}L_{30}$ متری، در مزرعه نصب شد. آنها نتیجه گرفتند که مدل DRAINMOD در پیش‌بینی روند تغییرات سطح ایستابی و دبی زهکش‌ها توانمند می‌باشد. حسن‌پور و همکاران (۱۳۸۹) مدل DRAINMOD را ابزار مناسبی به‌منظور پیش‌بینی سطح ایستابی در شالیزارهای مجهز به زهکش سطحی گزارش کردند.

در تحقیقی که در اراضی شرکت ران بهشهر صورت پذیرفت، عملکرد مدل DRAINMOD در مدل-سازی سطح ایستابی و شدت تخلیه زهکش‌ها قابل قبول ارزیابی شد (ابراهیمیان و لیاقت، ۱۳۸۶). یوسف‌زاده (۱۳۹۱) نشان داد مدل DRAINMOD به‌خوبی اثر متقابل مدیریت آبیاری، زهکشی و شوری را در مناطق خشک پیش‌بینی می‌نماید. کاله (۲۰۱۱) در تحقیقی به ارزیابی مدل DRAINMOD-S در شرایط خشک و نیمه‌خشک ترکیه پرداخت. این محقق نتایج شبیه‌سازی را با مقادیر اندازه‌گیری شده سطح ایستابی، دبی زهاب، شوری خاک و شوری زهاب خروجی مورد مقایسه قرار داد و نتیجه گرفت که مدل به عنوان ابزاری سودمند برای

زهکش ها را بیشتر از حد واقعی و مقادیر شوری شبیه سازی شده را کم تر از واقعیت برآورد می کند و لذا نتایج حاصل از شبیه سازی مدل برای برآورد شوری زه آب خروجی از دقت بسیار پایینی برخوردار است.

تحقیقات انجام شده همگی نشان از موفقیت مدل DRAINMOD در شبیه سازی سطح ایستابی، کمیت و شوری زهاب خروجی از زهکش های زیرزمینی در سطوح مختلف را دارد. از این رو در تحقیق حاضر، به ارزیابی شبیه سازی شوری زهاب خروجی از زهکش های زیرزمینی واقع در اراضی واحد کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر، با استفاده از مدل DRAINMOD-S نسخه 5.1 و داده های صحرائی پرداخته شد. در این بررسی، حجم زهاب تولیدی، شوری زهاب خروجی و نوسانات سطح ایستابی ناشی از آبیاری و بارندگی مطالعه شد تا بتوان دقت مدل در تعیین کیفیت آب زیرزمینی را در اعماق مختلف مورد ارزیابی قرار داد. سپس به کمک مدل سعی بر آن شد تا بتوان ضمن جلوگیری از اثرات منفی زیست محیطی تخلیه زهاب شور در طی دوره بهره برداری، به فرآیند مدیریت صحیح و پایدار در عملیات آبیاری و اداره اراضی فاریاب، به ویژه در مناطق با آب زیرزمینی کم عمق و شور مانند خوزستان دست یافت.

مواد و روشها

مدل DRAINMOD-S

مدل DRAINMOD به منظور شبیه سازی نوسانات سطح ایستابی و زهاب خروجی از زهکش ها در مناطقی که سطح ایستابی در عمق کم قرار گرفته است به کار می رود. مدل براساس محاسبه معادله بیلان آب عمل می کند (اسکگرز، ۱۹۸۰). بیلان آب در این مدل به دو بخش بیلان سطحی و زیرسطحی تقسیم می شود. مدل قادر است عملکرد سیستم های مختلف مدیریت آب مانند زهکشی آزاد، زهکشی کنترل شده، آبیاری زیرزمینی و ترکیبی از آنها را شبیه سازی کند.

طراحی و اعتباریابی سیستم های آبیاری و زهکشی در مناطق خشک و نیمه خشک می تواند به کار گرفته شود. همچنین گاتا و همکاران (۱۹۹۳) با کاربرد مدل DRAINMOD در مناطق نیمه خشک هند و مقایسه با داده های مزرعه ای، نشان دادند که مدل می تواند به منظور طراحی و اعتباریابی سیستم زهکشی زیرسطحی در این مناطق، استفاده شود.

یاری و همکاران (۱۳۸۷) با استفاده از مدل DRAINMOD طرح زهکشی زیرزمینی اراضی کشت و صنعت نیشکر در خوزستان را مورد مطالعه قرار دادند. مدل برای شبیه سازی اعماق سطح ایستابی در نقطه میانی بین زهکش ها، رواناب سطحی، تلفات آب، تعداد روزهای خشک و مرطوب و مقدار زهاب تحت فواصل زهکشی و خصوصیات خاک مختلف استفاده شد. نتایج نشان داد نصب زهکش تا فاصله ۸۰ متر و عمق دو متر با تامین عمق سطح ایستابی مطلوب، مشکلی از لحاظ ماندابی و تاثیر آن بر گیاه در طول دوره شبیه سازی ایجاد نمی کند، به گونه ای که DRAINMOD می تواند برای پایش سیستم های زهکشی زیرزمینی یا تکمیل طراحی سیستم های زهکشی، در جلگه خوزستان که سطح ایستابی به صورت مصنوعی و به واسطه آبیاری صعود نموده و در عمق نسبتاً کمی قرار دارد، بکار رود.

قنبریان علویچه (۱۳۹۰) با استفاده از نرم افزار DRAINMOD تداخل آب آبیاری و آب زیرزمینی و تاثیر آنها بر شوری زهاب خروجی را مورد ارزیابی قرار داد. ایشان نتایج مدل را با آمار و اطلاعات جمع آوری شده از یکی از اراضی تحقیقاتی نیشکر در واحد امیرکبیر مقایسه نمود. نتایج نشان داد که میزان شوری زهاب خروجی بیش از دو برابر میزان شوری پروفیل خاک بالای لوله های زهکش می باشد. لذا با توجه به کیفیت بالای آب آبیاری می توان نتیجه گرفت که این میزان افزایش شوری زهاب به دلیل ورود آب زیرزمینی به لوله های زهکش می باشد. این محقق پس از مقایسه نتایج شبیه سازی و مشاهده ای نشان داد که مدل مذکور شدت تخلیه

مدل مجموع غلظت نمک نامحلول در نیمرخ خاک و شوری زهاب را به صورت روزانه محاسبه می‌کند.

منطقه مورد مطالعه

در این قسمت از آمار و اطلاعات جمع‌آوری شده در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ از مزرعه ARC1-18 به مساحت ۲۵ هکتار واقع در اراضی تحقیقاتی مرکز تحقیقات نیشکر واحد توسعه کشت نیشکر و صنایع جانبی امیرکبیر که یکی از واحدهای هفت‌گانه طرح توسعه نیشکر در استان خوزستان می‌باشد، استفاده شد. واحد توسعه کشت نیشکر و صنایع جانبی امیرکبیر، سال ۱۳۷۹ تاسیس و مورد بهره‌برداری قرار گرفت. منطقه مورد نظر در ۴۵ کیلومتری جنوب اهواز و در غرب رودخانه کارون و شرق جاده اهواز به خرمشهر و بین طول‌های جغرافیایی ۱۲' ۴۸۵ تا ۳۰' ۴۸۵ و عرض‌های ۱۵' ۳۱۵ تا ۴۰' ۳۱۵ قرار گرفته است. محدوده درجه حرارت ماهیانه منطقه در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ به عنوان سال زراعی مینا، از ۱/۹ تا ۴۵/۰ درجه سانتیگراد و میانگین رطوبت نسبی آن از ۳۴/۲ تا ۶۳/۶ درصد می‌باشد. متوسط بارش سالیانه در سطح منطقه براساس داده‌های ایستگاه هواشناسی واحد امیرکبیر برای سال مذکور، ۱۱۱/۳ میلی‌متر بود.

برای بررسی نوسانات سطح ایستابی در این مزرعه، از سه ردیف پیژومتر که در فواصل ۴۰، ۱۲۰ و ۲۰۰ متری از جمع‌کننده‌ها و در بین دو خط لوله زهکشی و در هر ردیف سه عدد پیژومتر در عمق‌های ۲/۲۰، ۲/۶۰ و ۳/۱۰ متری نسبت به سطح زمین وجود داشت، استفاده گردید. لوله‌های پیژومتر از نوع گالوانیزه با قطر دو سانتیمتر انتخاب شد. ورودی‌های مورد نیاز مدل برای پارامترهای سیستم زهکشی در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنین شکل ۱ محل قرارگیری ردیف‌های پیژومتر را به صورت شماتیک نشان می‌دهد. در طی دوره آبیاری نیشکر در سال زراعی مینا، پارامترهای موقعیت سطح ایستابی به صورت روزانه، دبی خروجی زهکش‌ها، شوری آب آبیاری، شوری آب درون پیژومترها و شوری

DRAINMOD-S از زیرمدل‌های DRAINMOD می‌باشد که علاوه بر قابلیت‌های مدل اصلی، قابلیت شبیه‌سازی شوری خاک و زهاب را نیز دارا می‌باشد. اساس شبیه‌سازی شوری نیمرخ خاک در مدل DRAINMOD-S، حل معادله Advection-Dispersion به روش بیلان جرم می‌باشد (کندیل، ۱۹۹۲). داده‌های ورودی مدل DRAINMOD-S شامل داده‌های اقلیمی، خصوصیات فیزیکی خاک، شرایط اولیه شوری خاک، پارامترهای سیستم زهکشی و اطلاعات گیاه می‌باشد (نظری و همکاران، ۱۳۸۷).

معادله اساسی Advection-Dispersion به منظور تخمین انتقال محلول در محیط خاک در حالت غیرماندگار به صورت زیر می‌باشد (کاله، ۲۰۱۱):

$$\frac{\partial \theta C'}{\partial t} = \nabla \cdot (\theta D_h \nabla C' - qC) + R(C'') + \Gamma_c \quad (1)$$

در این رابطه:

C' میانگین حجم غلظت محلول ($mg.L^{-1}$)، θ محتوی رطوبت حجمی خاک ($cm^3.cm^{-3}$)، t زمان (day)، D_h ضریب پخشیدگی هیدرودینامیکی مرتبه دوم ($cm^2.day^{-1}$)، q بردار جریان ($cm.day^{-1}$)، $R(C'')$ جزء عکس-العمل محلول ($mg.L^{-1}day^{-1}$)، Γ_c منبع محلول ($mg.L^{-1}$) می‌باشد.

همچنین رابطه ۲ به صورت تقریبی بیانگر جریان به سمت پایین می‌باشد (کاله، ۲۰۱۱):

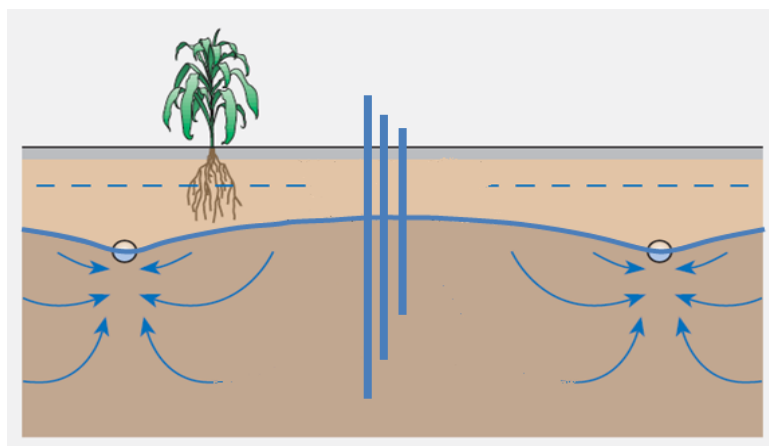
$$C_{ini} = \frac{C_{io} \theta_{io}}{\theta_{ini}} + \frac{(M_o - M_i)}{\Delta Z \theta_{ini}} + \frac{\Gamma \Delta t}{\theta_{ini}} \quad (2)$$

در این رابطه:

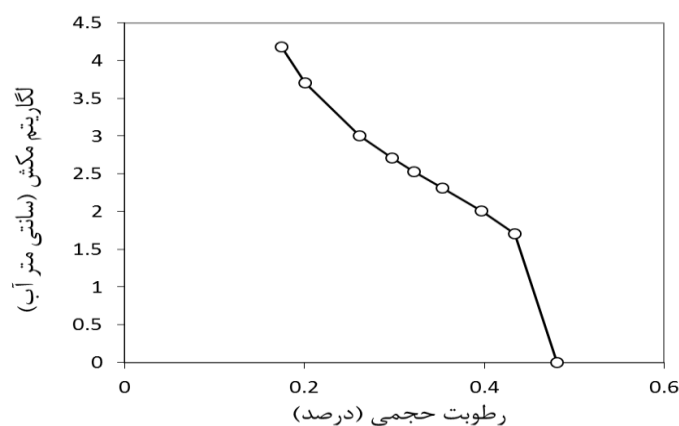
C_{ini} و C_{io} به ترتیب غلظت نمک در پایان گام زمانی قبلی و جدید ($mg.L^{-1}$)، θ_{ini} و θ_{io} به ترتیب محتوی رطوبت خاک در لایه i ام در پایان گام زمانی قبلی و جدید، M_o و M_i به ترتیب جرم نمک در لحظه ورود و خروج لایه i ام خاک در زمان Δt (mg)، Γ جزء تغذیه یا تخلیه ($mg.L^{-1}day^{-1}$)، Z فاصله عمودی (cm) و t زمان (day) می‌باشد.

مربوط به هدایت هیدرولیکی افقی خاک و منحنی مشخصه رطوبتی خاک می باشد. بافت خاک مزرعه Silty clay که شامل ۵۱/۵۵ درصد رس، ۴۵/۹۰ درصد سیلت و ۲/۵۵ درصد شن می باشد. منحنی مشخصه رطوبتی خاک نیز در شکل ۲ نشان داده شده است. در جدول ۲ شوری اولیه نیمرخ خاک معرفی شده به مدل ارائه شده است.

زهاب ثبت گردید. اندازه گیری دبی خروجی از زهکش ها همزمان با قرائت تراز سطح آب، بعد از یک تا دو روز از انجام آبیاری و از طریق چاهک کنترل لوله زهکشی (منهول) در محل ورود به جمع کننده صورت گرفت. اطلاعات هواشناسی مورد نیاز مدل شامل بارندگی ساعتی، تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه و دمای روزانه (اختیاری) می باشد. مهمترین اطلاعات ورودی خاک، اطلاعات



شکل ۱- محل قرارگیری پیزومترها بین دو خط زهکش



شکل ۲- منحنی نیمه لگاریتمی مشخصه رطوبتی خاک مزرعه آزمایشی

جدول ۱- خلاصه ای از ورودی های پارامترهای سیستم زهکش

مقدار	پارامتر
۲	عمق متوسط زهکش (m)
۴۰	فاصله زهکش ها (m)
۱/۲	ضریب زهکشی (cm/day)
۱/۵	شعاع موثر زهکش ها (cm)
۶	عمق لایه غیرقابل نفوذ (m)
۴/۸	میانگین هدایت هیدرولیکی خاک (cm/h)
۱۲/۵	میانگین هدایت هیدرولیکی لایه اشباع خاک (cm/h)

جدول ۲- شوری اولیه نیمرخ خاک در ابتدای دوره شبیه‌سازی در سال زراعی ۱۳۸۶-۸۷

عمق (cm)	۰-۱۸۰	۱۸۰-۲۲۰	۲۲۰-۲۶۰	۲۶۰-۳۰۰	۳۰۰-۳۴۰	۳۴۰-۳۸۰	۳۸۰-۴۲۰	۴۲۰-۴۶۰	۴۶۰-۶۰۰
EC (dS/m)	۱/۳۶	۳/۸۸	۴/۱۲	۵/۱۶	۶/۰۰	۸/۰۰	۸/۰۰	۱۰/۰۰	۲۰/۰۰

جدول ۳- میزان آب آبیاری مزرعه آزمایشی در سال ۱۳۸۷ (میلی‌متر)

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
مقدار	۹۰	۲۴۰	۵۰۰	۵۶۰	۵۴۰	۲۷۰

جدول ۴- EC آب کانال آبیاری امیرکبیر در ماه‌های مختلف سال ۱۳۸۷ (dS/m)

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی
مقدار	۱/۵۶	۰/۷۹	۱/۰۷	۱/۲۱	۱/۵۱	۱/۶۰	۱/۷۵	۱/۷۳	۱/۶۶	۱/۴۷

شد. محققین مختلف در ارزیابی مدل‌های شبیه‌سازی تراز سطح آب، RMSE تا ۴۰ سانتی‌متر را خوب ارزیابی کرده‌اند (تکین، ۲۰۰۲؛ سینگ و همکاران، ۲۰۰۶؛ مائوریزو و همکاران، ۲۰۰۰). همچنین مقادیر SE بین صفر و یک متغیر می‌باشد و هر چقدر مقدار این پارامتر به صفر نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده تطابق خوب بین مقادیر مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده می‌باشد؛ بنابراین می‌توان گفت که مدل DRAINMOD در محاسبه تراز سطح ایستابی دارای دقت خوبی بوده است. با توجه به شکل ۳ به نظر می‌رسد که دقت شبیه‌سازی مدل در ابتدا و انتهای فصل زراعی بیشتر از اواسط فصل بوده و در اواسط فصل، سطح ایستابی مشاهده‌ای پایین‌تر از شبیه‌سازی شده است. سطح ایستابی اندازه‌گیری شده در اواسط فصل از ۱/۶ متر پایین‌تر می‌باشد که می‌توانست تا عمق ریشه (۷۰ سانتی‌متر) ادامه داشته باشد. در این مواقع می‌توان فاصله زهکش‌ها را در طراحی بیشتر در نظر گرفت و یا از زهکشی کنترل شده بهره برد. به‌طور کلی، مدل روند تغییرات سطح ایستابی را غالباً کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده شبیه‌سازی نمود که نشان از کم‌برآورد بودن آن دارد. ابراهیمیان و لیاقت (۱۳۸۶) نشان دادند که مدل DRAINMOD در شبیه‌سازی تراز سطح ایستابی، مقادیر شبیه‌سازی شده را کمتر از مقادیر واقعی نشان می‌دهد که با نتایج به دست آمده از این تحقیق هم‌راستا می‌باشد.

تنها منبع آب آبیاری اراضی منطقه رودخانه کارون است. آبیاری این مزرعه در اوایل سال ۱۳۸۷ آغاز و به مدت شش ماه به طول انجامید (جدول ۳). جدول ۴ میانگین شوری آب کانال آبیاری در ماه‌های مختلف را نشان می‌دهد. به‌منظور ارزیابی و اعتباریابی نتایج مدل، از شاخص‌های آماری ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و خطای استاندارد (SE) استفاده شد (نوذری و آزادی، ۲۰۱۷). شکل ریاضی این آماره‌ها به‌صورت زیر می‌باشد:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Y_m - Y_p)^2}{n}} \quad (۳)$$

$$SE = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum (Y_m - Y_p)^2}}{\bar{Y}_m} \quad (۴)$$

در این روابط:

n تعداد روزهای دوره مورد مطالعه، Y_m مقادیر اندازه‌گیری شده در هر روز، Y_p مقدار پیش‌بینی شده با استفاده از مدل و \bar{Y}_m میانگین داده‌های اندازه‌گیری شده می‌باشد.

نتایج و بحث

سطح ایستابی

شکل ۳ نوسانات تراز آب مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده در سال زراعی ۱۳۸۶-۸۷ به‌عنوان سال زراعی مبنا توسط مدل DRAINMOD را نشان می‌دهد. مقادیر پارامترهای آماری RMSE و SE برای تراز سطح ایستابی شبیه‌سازی شده به‌ترتیب ۲۱/۲ سانتی‌متر و ۰/۱۲ محاسبه

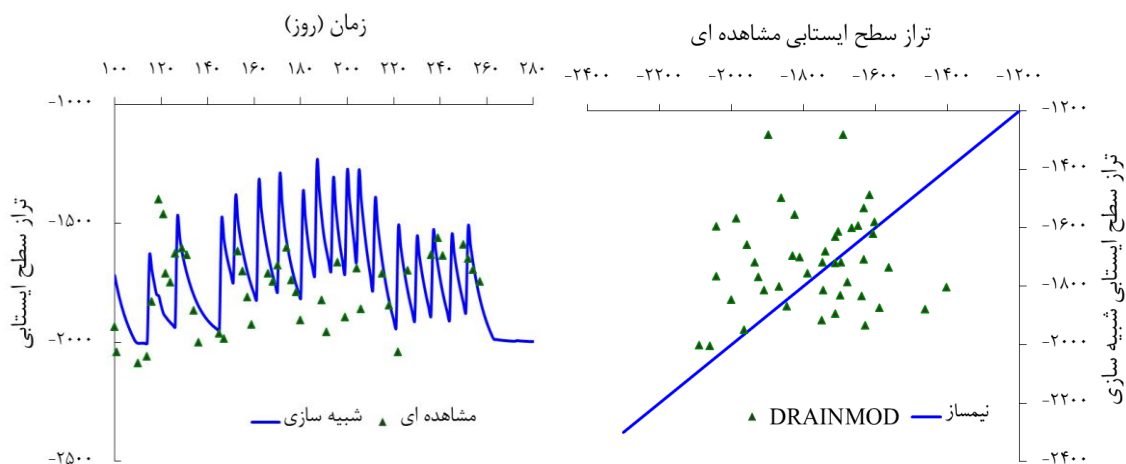
دبی خروجی زهکش

در شکل ۴ داده های مشاهده ای و شبیه سازی شده در برابر هم ترسیم شده اند. با توجه به این شکل می توان گفت میزان زهاب شبیه سازی شده تطابق خوبی با داده های صحرائی دارد. مقادیر پارامترهای آماری RMSE و SE در تعیین دقت میزان زهاب شبیه سازی شده به ترتیب ۱/۲ لیتر بر ثانیه و ۰/۶۷ بدست آمد. همچنین با توجه به شکل، مدل روند تغییرات دبی خروجی از زهکش ها را بیش تر از مقادیر اندازه گیری شده شبیه سازی نموده است که نشان از بیش برآورد بودن آن داشته و با

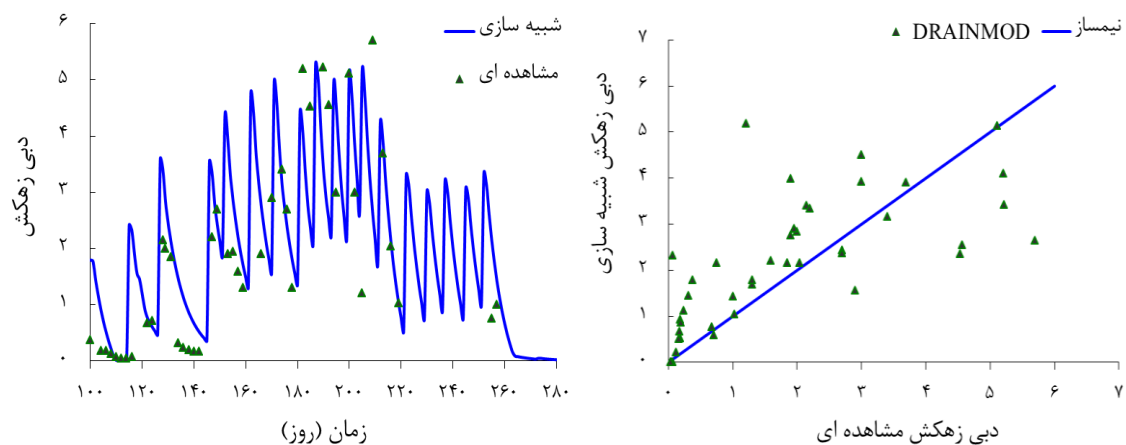
نتایج بدست آمده از تحقیق ابراهیمیان و لیاقت (۱۳۸۶) هم سو می باشد.

شوری زهاب خروجی

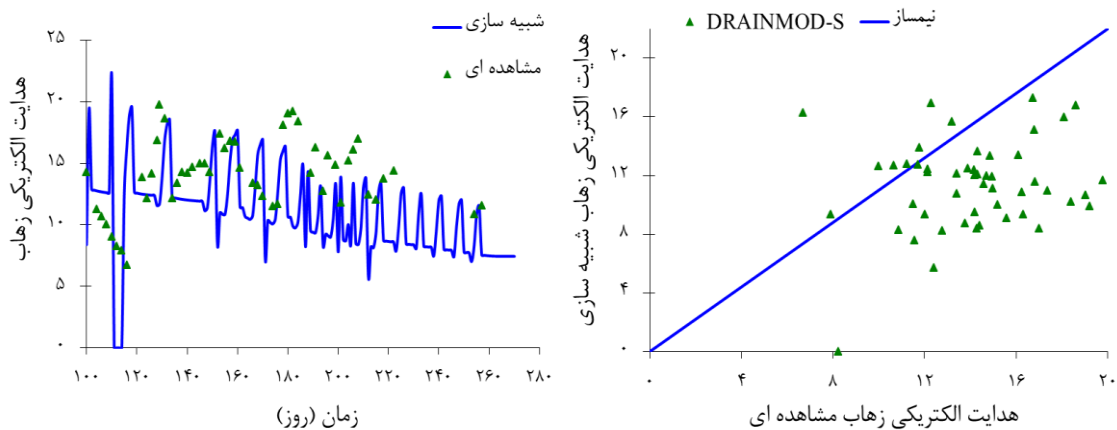
شکل ۵ شوری زهاب خروجی مشاهده ای و شبیه سازی شده را نشان می دهد. مقادیر شاخص های آماری RMSE و SE برای این پارامتر به ترتیب ۴/۷۶ دسی زیمنس بر متر و ۰/۳۴ محاسبه گردید.



شکل ۳- نوسانات تراز سطح ایستابی اندازه گیری و شبیه سازی شده نسبت به زمان (میلی متر)



شکل ۴- دبی خروجی زهکش ها نسبت به زمان (لیتر بر ثانیه)



شکل ۵- شوری زهاب مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده (dS/m)

دامنه تغییرات شوری کمتر می‌شود. لازم به ذکر است زمانی که شدت تخلیه خروجی از زهکش‌ها ناچیز و یا مساوی صفر باشد، DRAINMOD-S شوری زهاب خروجی را برابر صفر در نظر می‌گیرد.

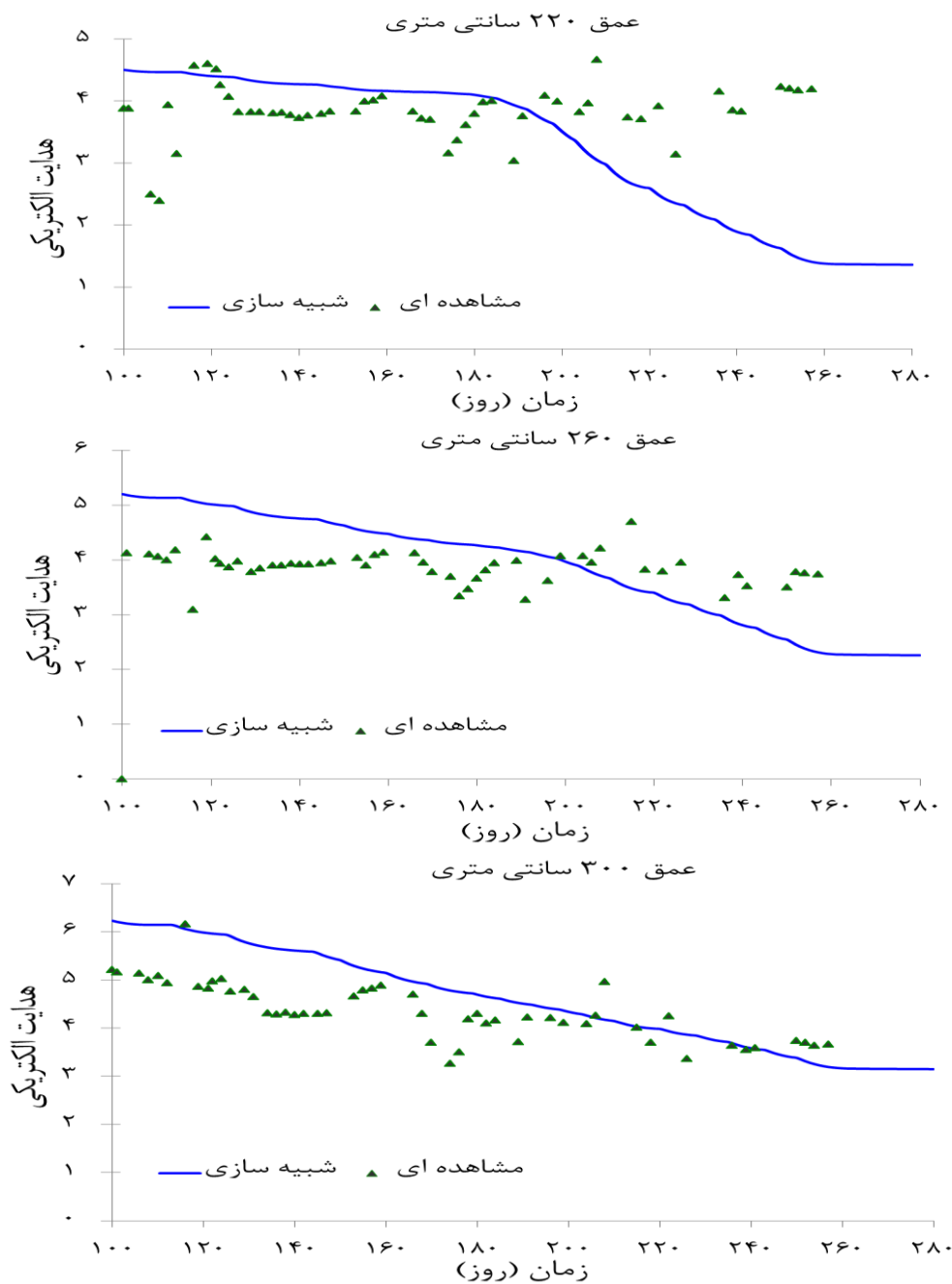
شوری آب زیرزمینی

شکل ۶ تغییرات شوری لایه‌های زیرزمینی را با داده‌های جمع‌آوری شده آب زیرزمینی از عمق‌های ۲۲۰، ۲۶۰ و ۳۰۰ سانتی‌متری در سال زراعی ۱۳۸۶-۸۷ مقایسه می‌کند. همانگونه که در شکل ۶ نشان داده شده است، با گذشت زمان، غلظت شوری آب زیرزمینی تحت تأثیر آبیاری با آب غیرشور (حدود دو دسی‌زیمنس بر متر)، کاهش می‌یابد و به شوری آب آبیاری نزدیک‌تر می‌شود. لیکن رفتار تغییرات شوری و زمان رسیدن به حالت تعادل در لایه‌های مختلف متفاوت است و با توجه به اینکه لایه‌های پایین‌تر شورتر می‌باشد، زمان رسیدن به تعادل در لایه‌های عمیق‌تر طولانی‌تر می‌باشد. در بیان علت این امر می‌توان گفت، شوری لایه‌های نزدیک به لوله زهکش سریعتر با آب آبیاری نفوذ یافته ترکیب شده و تحت تأثیر جریان شعاعی از طریق لوله زهکش خارج می‌شوند. بنابراین سریع‌تر به حالت تعادل می‌رسند. در این راستا نودری و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی به بررسی تغییرات شوری زهاب کشاورزی در فواصل و اعماق مختلف و در حضور آب زیرزمینی شور پرداختند و بیان داشتند که

با توجه به شکل ۵ مشاهده می‌شود که تغییرات شوری اندازه‌گیری شده دارای روند نوسانی می‌باشد. نوسانات شوری زهاب در شرایط واقعی به دلیل نوسانات سطح ایستابی و تأثیر آن بر عمق اختلاط (عمقی که جریان‌های شعاعی اتفاق می‌افتد) می‌باشد که در لایه‌های زیرین عمق لوله زهکش اتفاق می‌افتد (نودری و همکاران، ۱۳۹۵). به عنوان مثال شکبیا و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند پس از آبیاری که سطح ایستابی بالا می‌آید، عمق اختلاط افزایش و در بین دو آبیاری که سطح ایستابی پایین می‌رود، عمق اختلاط کاهش می‌یابد. با توجه به غلظت نمک در لایه‌های زیرین عمق نصب زهکش، هرچه عمق اختلاط بیشتر باشد، شوری زهاب خروجی بیشتر و هرچه عمق اختلاط کمتر باشد شوری زهاب خروجی کمتر خواهد شد. از طرفی با توجه به شکل فوق، تغییرات شوری زهاب برآورد شده توسط DRAINMOD-S دارای روند نوسانی نزولی در طول دوره آبیاری بوده و کمتر از مقادیر واقعی می‌باشد. قنبریان علویچه (۱۳۹۰) در تحقیقی که در منطقه خوزستان صورت پذیرفت، بیان کرد که مدل DRAINMOD-S مقادیر شوری شبیه‌سازی شده را کمتر از واقعیت برآورد می‌کند که با نتایج حاصل در این تحقیق تطابق دارد. در ابتدای دوره شبیه‌سازی، نوسانات شوری دامنه گستره‌تری را به خود اختصاص داده و از مقدار حداکثر تا صفر تغییر می‌کند ولی با نزدیک شدن به انتهای دوره شبیه‌سازی،

خروجی زهکش، دیرتر به تعادل می رسند. مقادیر شاخص های آماری RMSE و SE برای این پارامتر در اعماق مختلف توسط مدل DRAINMOD-S در جدول ۵ نشان داده شده است.

کاهش فاصله، عمق و دبی زهکش، بر روی کندتر تخلیه شدن آب زیرزمینی شور تاثیر مستقیم دارد. از این رو، زهکش های کم عمق در مقایسه با زهکش های عمیق تر، سریعتر با آب آبیاری به تعادل می رسند، حال آنکه زهکش های عمیق تر بدلیل مشارکت آب زیرزمینی شور در



شکل ۶- تغییرات شوری آب زیرزمینی مشاهده ای و شبیه سازی شده در اعماق مختلف (dS/m)

جدول ۵- مقادیر شاخص‌های آماری شوری آب زیرزمینی برای مدل شبیه‌سازی شده

مدل DRAINMOD-S			شاخص آماری
۳۰۰ cm	۲۶۰ cm	۲۲۰ cm	
۰/۹۱	۰/۸۲	۰/۷۳	RMSE (dS/m)
۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۱۹	SE

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این تحقیق توانایی مدل DRAINMOD در شبیه‌سازی شوری زهاب خروجی و شوری آب زیرزمینی در لایه‌های مختلف زیر لوله زهکش و همچنین شبیه‌سازی نوسانات سطح ایستابی و دبی خروجی، مورد بررسی قرار گرفت و نتایج با مقادیر اندازه‌گیری شده در سطح مزرعه مقایسه گردید. به منظور اعتباریابی نتایج مدل-سازی از آمار و اطلاعات جمع‌آوری شده از مزرعه ARC1-18 واقع در اراضی تحقیقاتی مرکز تحقیقات نیشکر واحد توسعه کشت نیشکر و صنایع جانبی امیرکبیر در استان خوزستان استفاده گردید. میزان برازش میان مقادیر واقعی و شبیه‌سازی شده، با محاسبه شاخص‌های آماری RMSE و خطای استاندارد محاسبه شد. در شبیه‌سازی سطح ایستابی مقدار این شاخص‌ها ۲۱/۲ سانتی‌متر و ۰/۱۲ محاسبه شد. مقادیر این پارامترها برای دبی

خروجی از زهکش‌ها، ۱/۲ لیتر بر ثانیه و ۰/۶۷ به‌دست آمد؛ بنابراین می‌توان گفت که مدل در محاسبه تراز سطح ایستابی و دبی خروجی از زهکش‌ها دارای دقت قابل قبولی بوده است. همچنین مدل، مقادیر تراز سطح ایستابی و دبی خروجی از زهکش‌ها را به‌ترتیب کمتر و بیش‌تر از مقادیر واقعی شبیه‌سازی کرده است.

مقادیر RMSE و SE برای شوری زهاب خروجی ۴/۷۶ دسی‌زیمنس بر متر و ۰/۳۴ محاسبه گردید. همچنین برای شوری آب زیرزمینی، میانگین این شاخص‌های آماری ۰/۸۲ دسی‌زیمنس بر متر و ۰/۲۰ بدست آمد. در کل مدل DRAINMOD-S مقادیر شوری شبیه‌سازی شده را کم‌تر از واقعیت برآورد کرده است. در نهایت عملکرد مدل حاضر، حاکی از توانایی آن در شبیه‌سازی زهاب شور کشاورزی در منطقه خوزستان با سطح ایستابی شور و کم عمق، می‌باشد.

فهرست منابع

۱. ابراهیمیان، ح.، و ع. م. لیاقت. ۱۳۸۶. ارزیابی مدل DRAINMOD در شبیه‌سازی سطح ایستابی و شدت تخلیه زهکش زیرزمینی (مطالعه موردی: شبکه زه کشی شرکت ران بهشهر). مجله پژوهش آب ایران. جلد ۱، شماره ۱، ۶۷-۷۱.
۲. حسن‌پور، ب.، م. پارس‌نژاد، ف. سلحشور دلپوند و ه. کوثری. ۱۳۸۹. برآورد نوسانات سطح ایستابی در اراضی شالیزاری با استفاده از مدل DRAINMOD (مطالعه موردی: رشت). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۴، جلد ۲، ۱۶۷-۱۷۴.
۳. درزی نفت‌چالی، ع.، س. م. میرلطیفی، ع. شاهنظری، ف. اجلالی و م. ح. مهدیان. ۱۳۹۴. ارزیابی مدل DRAINMOD برای پیش‌بینی عمق سطح ایستابی و دبی زهکش در اراضی شالیزاری مجهز به زهکش زیرزمینی. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۴، جلد ۹، ۵۸۳-۵۹۳.

۴. شکبیا، م.، ع. م. لیاقت و ف. میرزایی. ۱۳۹۲. بررسی اثر عمق سطح ایستابی و دبی آب آبیاری بر عمق اختلاط و کیفیت زهاب زیرزمینی خروجی از مدل آزمایشگاهی. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۲، جلد ۷، ۱۲۲-۱۳۲.
۵. قنبریان علویجه، م. ۱۳۹۰. ارزیابی تداخل آب آبیاری و زیرزمینی و تاثیر آن روی شوری آب خروجی از زهکش ها با استفاده از نرم افزار DRAINMOD 6. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز.
۶. نظری، ب.، ع. م. لیاقت، م. پارسینژاد و ع. ناصری. ۱۳۸۷. بهینه سازی عمق نصب زهکش های زیرزمینی با ملاحظات اقتصادی و زیست محیطی. پنجمین کارگاه فنی زهکشی و محیط زیست. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
۷. نوذری، ح.، ع. زالی و س. آزادی. ۱۳۹۵. بررسی آزمایشگاهی تغییرات شوری زهاب در فواصل و اعماق مختلف زهکش در حضور آب زیرزمینی شور. نشریه دانش آب و خاک. جلد ۲۶، شماره ۲/۲، ۱۳۹-۱۵۰.
۸. یاری، ع.، ع. درزی، م. موسوی و ر. یاری. ۱۳۸۷. کاربرد مدل DRAINMOD در طراحی و پایش سیستم های زهکشی اراضی فاریاب (مطالعه موردی: اراضی کشت و صنعت واحد غزالی خوزستان). دومین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز.
۹. یوسف زاده، م. ۱۳۹۱. شبیه سازی تاثیر مدیریت آبیاری بر تغییرات شوری خاک در شبکه زهکشی زیرزمینی دشت زنگنه با استفاده از مدل DRAINMOD. اولین همایش ملی کشاورزی در شرایط محیطی دشوار، رامهرمز. دانشگاه آزاد اسلامی واحد رامهرمز.
10. Borin, M., F. Morari, G. Bonaiti, M. Paasch, and R.W. Skaggs. 2000. Analysis of DRAINMOD performances with different detail of soil input data in the Veneto region of Italy. *Agricultural Water Management*. 42(3):259-272.
11. Ghumman, A.R., Y.M. Ghazaw, and H.N. Hashmi. 2012. Environmental and socio-economic impacts of pipe drainage in Pakistan. *Environmental Monitoring and Assessment*. 184:1671-1681.
12. Ghumman, A.R., Y.M. Ghazaw, M.F. Niazi, and H.N. Hashmi. 2011. Impact assessment of subsurface drainage on waterlogged and saline lands. *Environmental Monitoring and Assessment*. 172:189-197.
13. Gupta, G.P., S.O. Prasher, S.T. Chieng, and I.N. Mathur. 1993. Application of DRAINMOD under semi-arid conditions. *Agricultural Water Management*. 42:63-80.
14. Jury, W.A., A. Tuli, and J. Letey. 2003. Effect of travel time on management of a sequential Reuse Drainage Operation. *Soil Science Society of America. J.* 67:1122-1126.
15. Kale, S. 2011. Field-evaluation of DRAINMOD-S for predicting soil and drainage water salinity under semi-arid conditions in Turkey. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 9(4):1142-1155.
16. Kandil, M.H. 1992. DRAINMOD-S: A Water Management Model for Irrigated Arid lands. Ph.D Thesis, North Carolina State University, Raleigh.
17. Maurizio, B., F. Moraria, G. Bonaitia, M. Paaschb, and R. Skaggs. 2000. Analysis of DRAINMOD performances with different detail of soil input data in the Veneto region of Italy. *Agricultural Water Management*. 42:259-272.
18. Mostafazadeh-fard, B., H. Mansouri, S.F. Mousavi, and M. Feyzi. 2009. Effects of different levels of irrigation water salinity and leaching on yield and yield components of wheat in an arid region. *Irrigation and Drainage Engineering*. 10.1061/(ASCE)0733-9437(2009)135:1(32):32-38.
19. Nozari, H., and S. Azadi. 2017. Experimental evaluation of artificial neural network for predicting drainage water and groundwater salinity at various drain depths and spacing. *Neural Computing and Applications*. 10.1007/s00521-017-3155-9.

20. Nozari, H., S. Azadi, and A. Zali. 2017. Experimental study of the temporal variation of drain water salinity at different drain depths and spacing in the presence of saline groundwater. *Sustainable Water Resources Management*. 10.1007/s40899-017-0182-8.
21. Nozari, H., M. Heydari, and S. Azadi. 2014. Simulation of a right Abshar irrigation network and its cropping pattern using a system dynamics approach. *Irrigation and Drainage Engineering*. 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000777.
22. Nozari, H., and A. Liaghat. 2014. Simulation of drainage water quantity and quality using system dynamics. *Irrigation and Drainage Engineering*. 140(11), 05014007.
23. Shao, X.H., M.M. Hou, L.H. Chen, T.T. Chang, and W.N. Wang. 2012. Evaluation of subsurface drainage design based on projection pursuit. *Energy Procedia*. 16:747-752.
24. Singh, R., M.J. Helmers, and Q.I. Zhiming. 2006. Calibration and validation of DRAINMOD to design subsurface drainage systems for Iowa's tile landscapes. *Agricultural Water Management*. 85:221-232.
25. Skaggs, R.W. 1980. Drainmod reference report. Method for design and evaluation of drainage water management systems for soils with high water tables. USDA-SCS, 329 PP.
26. Tekin, Z. 2002. Hydraulic conductivity evaluation for a drainage simulation model (DRAINMOD). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 26:37-45.
27. Wahba, M.A.S., and E.W. Christen. 2006. Modeling subsurface drainage for salt load management in southeastern Australia. *Irrigation and Drainage System*. 20:267-282.
28. Wahba, M.A.S., M. El-Gainny, M.S. Abdel-Dayem, H. Kandil, and A. Gobran. 2002. Evaluation of DRAINMOD-S for simulating water table management under semi-arid conditions. *Journal of Irrigation and Drainage*. 51:213-216.
29. Wang, X., C.T. Mosley, J.R. Frankenberger, and E.J. Kladvko. 2006. Subsurface drain flow and crop yield predictions for different drain spacings using DRAINMOD. *Agricultural Water Management*. 79:113-136.

Evaluation of DRAINMOD-S in Simulating Drainage Water Salinity of Subsurface Drains

H. Nozari¹*, A. Poursadri, S. Azadi, and A.M. Liaghat

Associate Professor, Water Engineering Department, Bu-Ali Sina University, Hamedan.

hanozari@yahoo.com

MSc, Water Engineering Department, Bu-Ali Sina University, Hamedan.

Azin.prs70@gmail.com

PhD student, Water Engineering Department, Bu-Ali Sina University, Hamedan.

S_Azadi_ir@yahoo.com

Professor, Irrigation and Reclamation Engineering Department, University of Tehran, Karaj.

aliaghat@ut.ac.ir

Abstract

After installing subsurface drainage system, quality of drainage water in saline lands continuously changes, starting from the beginning of irrigation and drainage network operation, until reaching a more or less equilibrium state. Reaching a state of equilibrium in areas with saline groundwater may take several years. In this regard, field experiments are useful but they also have significant limitations. As an alternative, simulation models are among the methods that greatly eliminate these limitations. Therefore, in this research, the performance of DRAINMOD-S model was evaluated in simulation of drainage volume, drainage water salinity, and water table fluctuations. To validate the results of the model, data collected in the 2007-2008 cropping year from ARC18-18 farm was used in the research site of Sugarcane Research Center (Amir Kabir Agro Industrial Development Unit of Sugarcane Development Company, Khuzestan Province). This information included meteorological and soil data, drainage outflow, irrigation water salinity, water salinity within piezometers, and drainage water salinity. After statistical analysis and calculating the root mean square error (RMSE) and standard error (SE), the fits between the measured and simulated values of drainage water salinity, groundwater salinity, water table fluctuations and drainage discharge were investigated. The RMSE statistical index was 4.76 dS /m for drainage water salinity, 0.82 dS/m for groundwater salinity, 21.2 cm for groundwater surface and 2.1 L/s for the drain discharge, which indicated a fairly good accuracy compared with actual conditions. The results showed that the model was capable of simulating the water level fluctuations, drainage outflow and its salinity in Khuzestan region with saline and shallow groundwater table.

Keywords: Groundwater salinity; Water table, Drainage water quality, Khuzestan

1 - Corresponding author: Associate Professor, Water Engineering Department, Bu-Ali Sina University

*- Received: March 2018 and Accepted August 2018