ارزیابی نرم‌افزار DRAINMOD-S در شبیه‌سازی شوری زهاب زهکش‌های 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

Archive of SID

چکیده

پس از نصب سیستم زهکشی زیرزمینی، از شروع بهره‌برداری از شبکه‌آبیاری و زهکشی تا پیش از رسیدن به حالت کم و بیش پایدار، کیفیت زهاب اراضی شور پیوسته در حال تغییر می‌باشد. زمان رسیدن به حالت تعادل در مناطق با آب زیرزمینی شور ممکن است چندین سال به طول بیانجامد. در این راستا آزمایش‌های مزرعه‌ای به‌منظور شناخت شرایط موجود حاکم بر سامانه‌های آبی مفید می‌باشند، لیکن محدودیت‌های قابل توجهی نیز دارند. در این شرایط مدل‌های شبیه-سازی از جمله روش‌هایی می‌باشند که این محدودیت‌ها را تا حدود زیادی مرتفع می‌سازند. در این تحقیق عملکرد مدل DRAINMOD-S در شبیه‌سازی حجم زهاب تولیدی، شوری زهاب خروجی و نوسانات سطح ایستابی، مورد ارزیابی قرار گرفت. برای اعتباریابی نتایج مدل از داده‌های جمع‌آوری شده در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ مزرعه ARC1-18 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 زهکش‌ها، شوری آب آبیاری، شوری آب درون پیزومترها 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 شبیه‌سازی 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 ۴/۷۶ دسی‌زیمنس بر متر، شوری آب زیرزمینی ۰/۸۲ دسی‌زیمنس بر متر، تراز سطح ایستابی ۲۱/۲ سانتی‌متر و دبی خروجی زهکش ۱/۲ لیتر بر ثانیه برآورد گردید که دقت نسبتاً خوبی را نسبت به شرایط واقعی نشان می‌داد. بر پایه نتایج، مدل حاضر می تواند نوسانات سطح ایستابی، دبی زهاب خروجی از لوله‌های زهکش و شوری آن را در خوزستان (با سطح ایستابی کم عمق و شور) شبیه‌سازی کند.

واژه‌های 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

www.SID.ir

مقدمه

شوری خاک یکی از مسائل اصلی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌ویژه با سطح ایستابی کم عمق به شمار می‌رود. ایران از نظر موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد 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 بهره‌برداری مفید و مطلوب از این زمین‌ها که اغلب فاقد زهکشی مناسب نیز می‌باشند، تقویت و احداث سیستم‌های زهکشی زیرزمینی است. از این نظر طراحی و اجرای صحیح زهکش‌ها اهمیت بسیار بالایی دارد و هرگونه نقصی می‌تواند موجب تجمع نمک در خاک، از دست دادن تدریجی حاصلخیزی خاک و پایین آمدن بازدهی محصول شود. از طرفی، عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی از عوامل مهم در عملکرد سیستم‌های زهکشی و اثرات زیست محیطی این طرح‌ها می‌باشد.

در مناطقی با آب شور کم‌عمق مانند خوزستان، افزایش عمق نصب زهکش‌ها، به‌دلیل بالا بودن سطح ایستابی و مشارکت بیشتر آب زیرزمینی شور در زهاب خروجی، می‌تواند به افزایش نمک خروجی از زهکش-های زیرزمینی منجر شود. کاهش عمق نصب زهکش‌ها نیز پیامدهایی مانند ماندابی شدن، تجمع نمک در ناحیه ریشه و کاهش عملکرد گیاه را در پی دارد (نظری و همکاران، ۱۳۸۷). در کشت‌های 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 خاک‌های شور و مرطوب را فراهم می-نماید، لیکن با انتقال آلاینده‌های موجود در خاک و آب زیرزمینی به آبهای سطحی، باعث تخریب برخی از زیست بوم‌های آبی می‌شود. از سوی دیگر با توجه به رشد فزاینده جمعیت، نیاز به افزایش تولید مواد غذایی و فشارهای وارده بر منابع آب تجدیدپذیر، بهره‌برداری از آب‌هایی با کیفیت پایین مانند زهاب، راهکاری ضروری و منطقی به نظر می‌رسد (نوذری و لیاقت، ۲۰۱٤).

طرح‌های زهکشی و پروژه‌های کنترل شوری بسیاری در سراسر جهان اجرا شده و تاثیر لوله‌های زهکشی بر کنترل شوری، احیای اراضی و افزایش عملکرد محصول مورد بررسی قرار گرفته است که می‌توان 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). شکیبا 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 لوله‌های زهکش، مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که نقش و سهم آب زیر عمق لوله‌های زهکش در شوری زهاب خروجی زیاد می‌باشد. همچنین این محققین نشان دادند که ناحیه بالای سطح ایستابی بوسیله آب آبیاری آبشویی می‌شود و هرچه عمق سطح ایستابی نسبت به سطح خاک افزایش پیدا کند، آب آبیاری، ناحیه بیشتری را شسته و باعث افزایش نمک زهاب خروجی می‌شود. جوری و همکاران (۲۰۰۳)، عملیات استفاده مجدد از زهاب حاصل از سفال‌های زهکشی برای آبیاری زمین‌های کشاورزی در منطقه کالیفرنیا را شبیه‌سازی نمودند و نتیجه گرفتند که مقدار زیادی از زهاب خروجی به آب زیرزمینی مربوط می‌شود و غلظت نمک‌های زهاب خروجی تحت تاثیر شوری آب زیرزمینی قرار می‌گیرد.

به‌منظور ارزیابی و طراحی سیستم‌های مدیریت آب می‌توان از آزمایش‌های مزرعه‌ای و مدل‌های شبیه-سازی استفاده نمود. در آزمایش‌های مزرعه‌ای، برای تعیین تاثیر عوامل مختلف بر روی عملکرد سیستم، عمق بهینه و برنامه‌ریزی آبیاری لازم است که آزمایش‌هایی با کمیت و کیفیت‌های مختلف انجام شود. در این روش محدودیت-هایی نیز وجود دارد. از جمله این محدودیت‌ها می‌توان به هزینه بالا، عدم امکان اعمال سناریوهای زیاد و پیچیده مدیریت آبیاری، محدود بودن صحت و سقم نتایج به

Archive of SID

www.SID.ir

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، ۲۰۱٤). 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 واسنجی 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 (۲۰۰٦) 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 (۲۰۰٦) 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 (۱۳۹٤) 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 $D_{0.9}L_{30}$، $D_{0.65}L_{15}$ 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، ۱۳۸٦). یوسف زاده (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

Archive of SID

www.SID.ir

طراحی و اعتباریابی سیستم‌های آبیاری و زهکشی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌تواند به‌کار گرفته شود. همچنین گاتا و همکاران (۱۹۹۳) با کاربرد مدل DRAINMOD در مناطق نیمه‌خشک هند و مقایسه با داده‌های مزرعه‌ای، نشان دادند که مدل می‌تواند به‌منظور طراحی و اعتباریابی سیستم زهکشی زیرسطحی در این مناطق، استفاده شود.

یاری و همکاران (۱۳۸۷) با استفاده از مدل DRAINMODطرح زهکشی زیرزمینی اراضی کشت و صنعت نیشکر در خوزستان را مورد مطالعه قرار دادند. مدل برای شبیه‌سازی اعماق سطح ایستایی در نقطه میانی بین زهکش‌ها، 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 شبیه‌سازی ایجاد نمی‌کند، به گونه‌ای که DRAINMOD می‌تواند برای پایش سیستم-های زهکشی زیرزمینی یا تکمیل طراحی سیستم‌های زهکشی، در جلگه خوزستان که سطح ایستایی به صورت مصنوعی و به واسطه آبیاری صعود نموده و در عمق نسبتا کمی قرار دارد، بکار رود.

قنبریان علویجه (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 جمع‌آوری 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 لوله‌های زهکش می‌باشد. لذا با توجه به کیفیت بالای آب آبیاری می‌توان نتیجه گرفت که این میزان افزایش شوری زهاب به دلیل ورود آب زیرزمینی به لوله‌های زهکش می‌باشد. این محقق پس از مقایسه نتایج شبیه‌سازی و مشاهده‌ای نشان داد که مدل مذکور شدت تخلیه زهکش‌ها را بیشتر از حد واقعی و مقادیر شوری شبیه‌سازی شده را کم‌تر از واقعیت برآورد می‌کند و لذا نتایج حاصل از شبیه‌سازی مدل برای برآورد شوری زه‌آب خروجی از دقت بسیار پایینی برخوردار است.

تحقیقات انجام شده همگی نشان از موفقیت مدل DRAINMOD در شبیه‌سازی سطح ایستابی، کمیت و شوری زهاب خروجی از زهکش‌های زیرزمینی در سطوح مختلف را دارد. از این‌رو در تحقیق حاضر، به ارزیابی شبیه‌سازی شوری زهاب خروجی از زهکش‌های زیرزمینی واقع در اراضی واحد کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر، با استفاده از مدل DRAINMOD-S نسخه 5.1 و داده‌های صحرایی 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 بهره‌برداری، به فرآیند مدیریت صحیح و پایدار در عملیات آبیاری و اداره اراضی فاریاب، به‌ویژه در مناطق با آب زیرزمینی کم عمق و شور مانند خوزستان دست یافت.

مواد و روشها

مدل DRAINMOD-S

مدل DRAINMOD به منظور شبیه‌سازی نوسانات سطح ایستابی و زهاب خروجی از زهکش‌ها در مناطقی که سطح ایستابی در عمق کم قرار گرفته است به-کار می‌رود. مدل براساس محاسبه معادله بیلان آب عمل می‌کند (اسکگز، ۱۹۸۰). بیلان آب در این مدل به دو بخش بیلان سطحی و زیرسطحی تقسیم می‌شود. مدل قادر است عملکرد سیستم‌های مختلف مدیریت آب مانند زهکشی آزاد، زهکشی کنترل شده، آبیاری زیرزمینی و ترکیبی از آنها را شبیه‌سازی کند.

Archive of SID

www.SID.ir

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 به‌منظور تخمین انتقال محلول در محیط خاک در حالت غیرماندگار به صورت زیر می‌باشد (کاله، ۲۰۱۱):

$$\frac{\partial \theta C^{'}}{\partial t} = \nabla .(\theta D_{h} .\nabla C^{'} - qC) + R(C^{''}) + \Gamma_{C} \qquad (۱)$$

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 عکس‌العمل محلول ($mg.L^{-1}day^{-1}$)، Γ_{C} منبع محلول ($mg.L^{-1}day^{-1}$) می‌باشد.

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

$$C_{ini} = \frac{C_{io}\theta_{io}}{\theta_{ini}} + \frac{(M_{o} - M_{i})}{\Delta Z \theta_{ini}} + \frac{\Gamma \Delta t}{\theta_{ini}} \qquad (۲)$$

در این رابطه:

C_{io} و C_{ini} به‌ترتیب غلظت نمک در پایان گام زمانی قبلی و جدید ($mg.L^{-1}$)، θ_{io} و θ_{ini} به‌ترتیب محتوی رطوبت خاک در لایه i ام در پایان گام زمانی قبلی و جدید، M_{i} و M_{o} به‌ترتیب 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.

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

منطقه مورد مطالعه

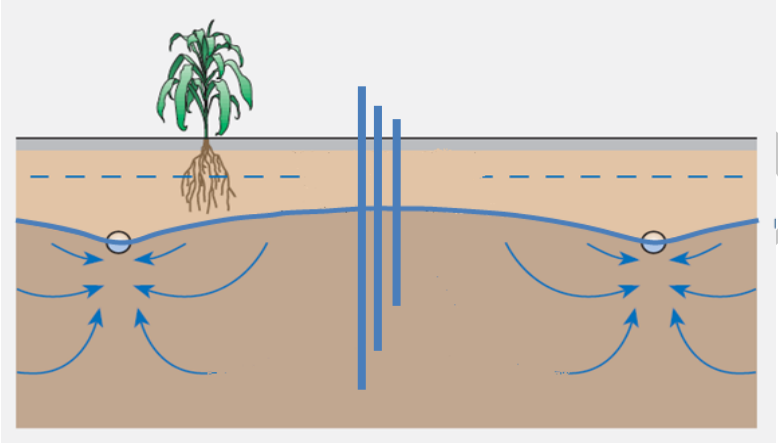
در این قسمت از آمار و اطلاعات جمع‌آوری شده در سال زراعی ۸۷-۱۳۸٦ از مزرعه ARC1-18 به مساحت ۲۵ هکتار واقع در اراضی تحقیقاتی مرکز تحقیقات نیشکر واحد توسعه کشت نیشکر و صنایع جانبی امیرکبیر که یکی از واحدهای هفت‌گانه طرح توسعه نیشکر در استان خوزستان می‌باشد، استفاده شد. واحد توسعه کشت نیشکر و صنایع جانبی امیرکبیر، سال ۱۳۷۹ تاسیس و مورد بهره‌برداری قرار گرفت. منطقه مورد نظر در ٤٥ کیلومتری جنوب اهواز و در غرب رودخانه کارون و شرق جاده اهواز به خرمشهر و بین طول‌های جغرافیایی ′۱۲ º٤۸ تا ′۳۰ º٤۸ و عرض‌های ′۱۵ º۳۱ تا ′٤۰ º۳۱ قرار گرفته است. محدوده درجه حرارت ماهیانه منطقه در سال زراعی ۸۷-۱۳۸٦ به عنوان سال زراعی مبنا، از ۱/۹ تا ٤٥/۰ درجه سانتیگراد و میانگین رطوبت نسبی آن از ۳٤/۲ تا ٦۳/٦ 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 پیزومتر که در فواصل ٤۰، ۱۲۰ و ۲۰۰ متری از جمع‌کننده‌ها و در بین دو خط لوله زهکشی و در هر ردیف سه عدد پیزومتر در عمق‌های ۲/۲۰، ۲/٦۰ و ۳/۱۰ متری نسبت به سطح زمین وجود داشت، استفاده گردید. لوله‌های پیزومتر 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 پیزومتر را به‌صورت شماتیک نشان می‌دهد. در طی دوره آبیاری نیشکر در سال زراعی مبنا، پارامترهای موقعیت سطح ایستابی به‌صورت روزانه، دبی خروجی زهکش‌ها، شوری آب آبیاری، شوری آب درون پیزومترها و شوری

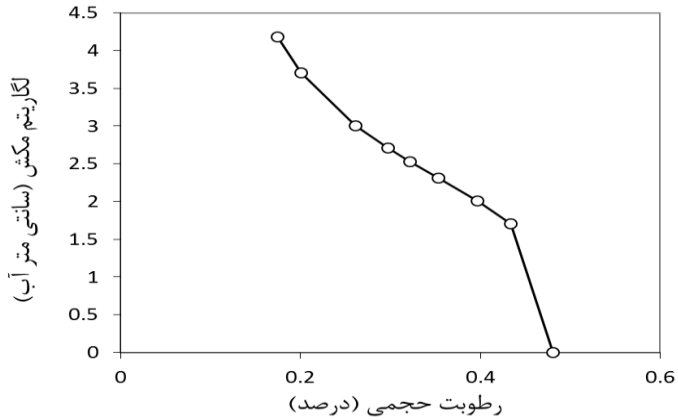
Archive of SID

www.SID.ir

زهاب ثبت گردید. اندازه‌گیری دبی خروجی از زهکش‌ها 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 جمع‌کننده صورت گرفت. اطلاعات هواشناسی مورد نیاز مدل شامل بارندگی ساعتی، تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه و دمای روزانه (اختیاری) می‌باشد. مهمترین اطلاعات ورودی خاک، اطلاعات مربوط به هدایت هیدرولیکی افقی خاک و منحنی مشخصه رطوبتی خاک می‌باشد. بافت خاک مزرعه Silty clay که شامل ۵۱/۵۵ درصد رس، ٤٥/٩٠ درصد سیلت و ۲/۵۵ درصد شن می‌باشد. 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.



شکل ۱- محل قرارگیری پیزومترها بین دو خط زهکش



شکل ۲- منحنی نیمه لگاریتمی مشخصه رطوبتی خاک مزرعه آزمایشی

جدول ۱- خلاصه‌ای از ورودی‌های پارامترهای سیستم زهکش

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

www.SID.ir

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

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

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 ٤ 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:

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

$$SE = \frac{\sqrt{\frac{1}{n}\sum (Y_m - Y_p)^2}}{\overline{Y_m}} \quad (٤)$$

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 $\overline{Y_m}$ میانگین داده‌های اندازه‌گیری شده می‌باشد.

نتایج و بحث

سطح ایستابی

شکل ۳ نوسانات تراز آب مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده در سال زراعی ۸۷-۱۳۸٦ 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 شد. محققین مختلف در ارزیابی مدل‌های شبیه‌سازی تراز سطح آب، RMSE تا ٤۰ سانتی‌متر را خوب ارزیابی کرده‌اند (تکین، ۲۰۰۲; سینگ و همکاران، ۲۰۰٦; 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 اوسط فصل از ۱/٦ 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 غالبا کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده شبیه‌سازی نمود که نشان از کم‌برآورد بودن آن دارد. ابراهیمیان و لیاقت (۱۳۸٦) 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.

Archive of SID

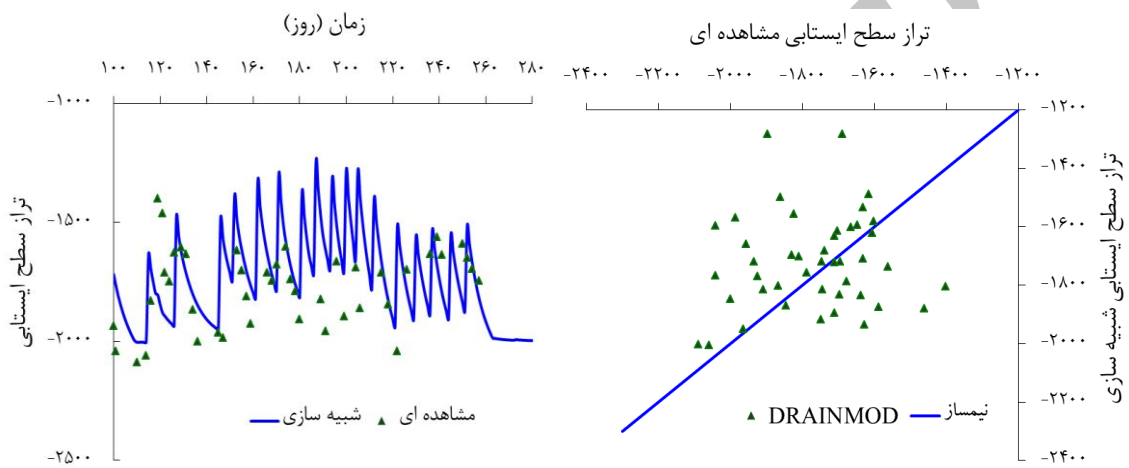
www.SID.ir

دبی خروجی زهکش

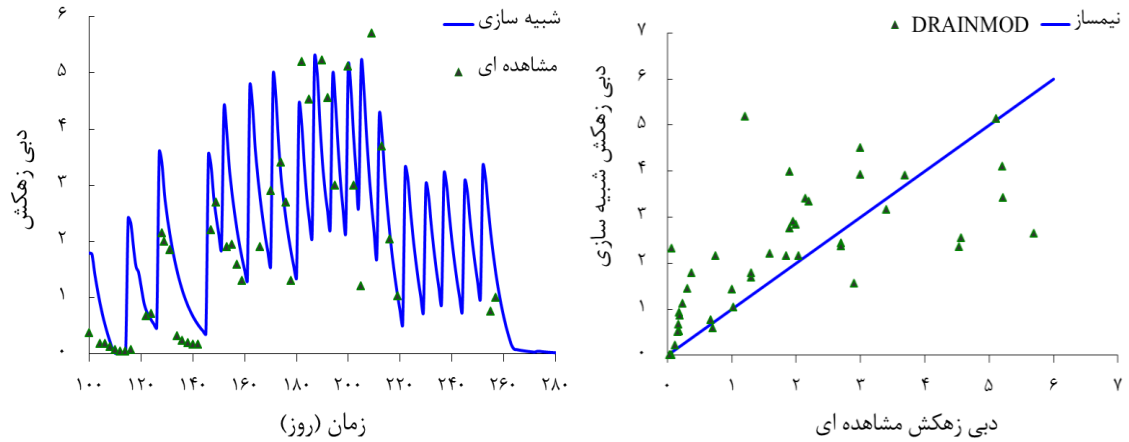
در شکل ٤ داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده در برابر هم ترسیم شده‌اند. با توجه به این شکل می‌توان گفت میزان زهاب شبیه‌سازی شده تطابق خوبی با داده‌های صحرایی دارد. مقادیر پارامترهای آماری RMSE و SE در تعیین دقت میزان زهاب شبیه‌سازی شده به‌ترتیب ۱/۲ لیتر بر ثانیه و ۰/٦۷ بدست آمد. همچنین با توجه به شکل، مدل روند تغییرات دبی خروجی از زهکش‌ها را بیش‌تر از مقادیر اندازه‌گیری شده شبیه‌سازی نموده است که نشان از بیش‌برآورد بودن آن داشته و با نتایج بدست آمده از تحقیق ابراهیمیان و لیاقت (۱۳۸٦) هم‌سو می‌باشد.

شوری زهاب خروجی

شکل ۵ شوری زهاب خروجی مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده را نشان می‌دهد. مقادیر شاخص‌های آماری RMSE و SE برای این پارامتر به‌ترتیب ٤/۷٦ دسی‌زیمنس بر متر و ۰/۳٤ محاسبه گردید.

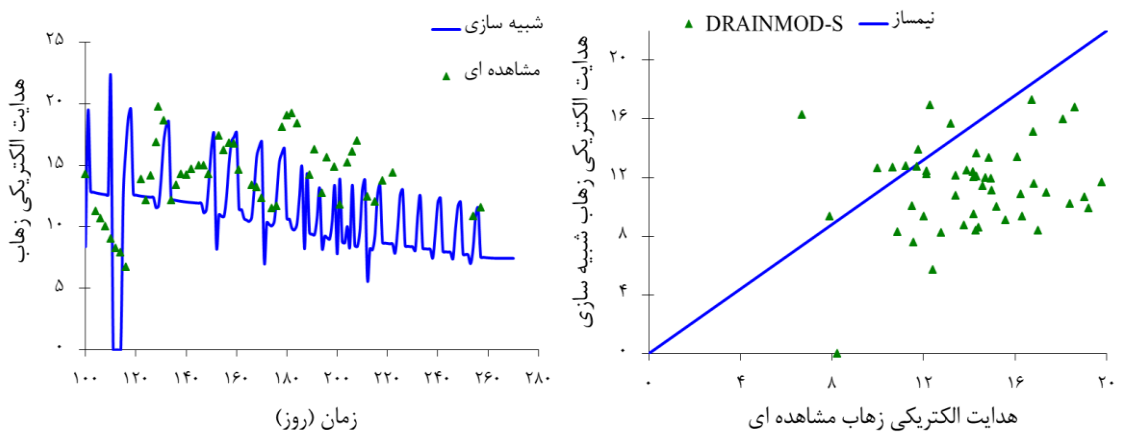


شکل ۳- نوسانات تراز سطح ایستابی اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده نسبت به زمان (میلی‌متر)



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

www.SID.ir



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

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 تاثیر آن بر عمق اختلاط (عمقی که جریانات شعاعی اتفاق می‌افتد) می‌باشد که در لایه‌های زیرین عمق لوله زهکش اتفاق می‌افتد (نوذری و همکاران، ۱۳۹۵). به عنوان مثال شکیبا 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 علویجه (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 گسترده‌تری را به خود اختصاص داده و از مقدار حداکثر تا صفر تغییر می‌کند ولی با نزدیک شدن به انتهای دوره شبیه‌سازی، 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 می گیرد.

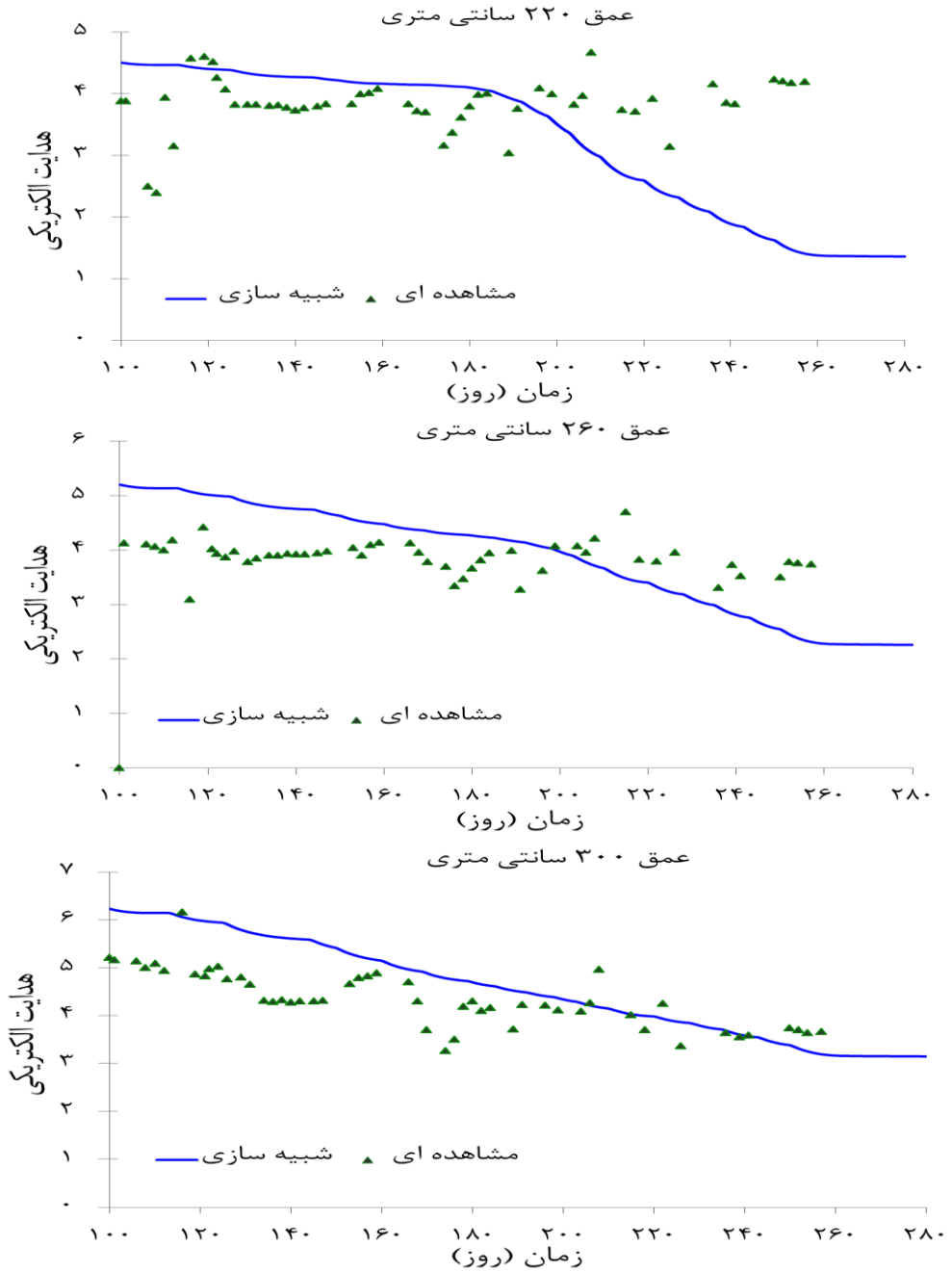
شوری آب زیرزمینی

شکل ٦ تغییرات شوری لایه‌های زیرزمینی را با داده‌های جمع‌آوری شده آب زیرزمینی از عمق‌های ۲۲۰، ۲٦۰ و ۳۰۰ سانتی‌متری درسال زراعی ۸۷-۱۳۸٦ مقایسه می‌کند. همانگونه که در شکل ٦ 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 لایه-های 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 نوذری 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

Archive of SID

www.SID.ir

کاهش فاصله، عمق و دبی زهکش، بر روی کندتر تخلیه شدن آب زیرزمینی شور تاثیر مستقیم دارد. از این‌رو، زهکش‌های کم‌عمق در مقایسه با زهکش‌های عمیق‌تر، سریعتر با آب آبیاری به تعادل می‌رسند، حال آنکه زهکش‌های عمیق‌تر بدلیل مشارکت آب زیرزمینی شور در خروجی زهکش، دیرتر به تعادل می‌رسند. مقادیر شاخص‌های آماری RMSE و SE برای این پارامتر در اعماق مختلف توسط مدل DRAINMOD-S در جدول ۵ نشان داده شده است.



شکل ۶- تغییرات شوری آب زیرزمینی مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده در اعماق مختلف (dS/m)

www.SID.ir

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

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

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 شبیه-سازی نوسانات سطح ایستابی و دبی خروجی، مورد بررسی قرار گرفت و نتایج با مقادیر اندازه‌گیری شده در سطح مزرعه مقایسه گردید. به‌منظور 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 شبیه-سازی 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 ۰/٦۷ 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 ٤/۷٦ دسی‌زیمنس بر متر و ۰/۳٤ محاسبه گردید. همچنین برای شوری آب زیرزمینی، میانگین این شاخص-های 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. ۱۳۸٦. ارزیابی مدل DRAINMOD در شبیه سازی سطح ایستابی و شدت تخلیه زهکش زیرزمینی (مطالعه موردی: شبکه زه کشی شرکت ران بهشهر). مجله پژوهش آب ایران. جلد ۱، شماره ۱، ٦۷-۷۱.

۲. حسن‌پور، ب.، م. پارسی‌نژاد، ف. سلحشور دلیوند 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 ٤، جلد ۲، ۱٦۷-۱۷٤.

۳. درزی نفت‌چالی، ع.، س. م. میرلطیفی، ع. شاهنظری، ف. اجلالی و م. ح. مهدیان. ۱۳۹٤. ارزیابی مدل DRAINMOD برای پیش‌بینی عمق سطح ایستابی و دبی زهکش در اراضی شالیزاری مجهز به زهکش زیرزمینی. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. شماره ٤، جلد ۹، ۵۸۳-۵۹۳.

Archive of SID

www.SID.ir

٤. شکیبا، 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 زهکش‌ها با استفاده از نرم‌افزار DRAINMOD 6. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

٦. نظری، ب.، ع. م. لیاقت، م. پارسی‌نژاد و ع. ع. ناصری. ۱۳۸۷. بهینه‌سازی عمق نصب زهکش‌های زیرزمینی با ملاحظات اقتصادی و زیست‌محیطی. 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 ۲٦ ، 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 شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز.

۹. یوسف زاده، م. ۱۳۹۱. شبیه‌سازی 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.

Archive of SID

www.SID.ir

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-Ganainny, 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. Kladivko. 2006. Subsurface drain flow and crop yield predictions for different drain spacings using DRAINMOD. Agricultural Water Management. 79:113–136.

Archive of SID

www.SID.ir