Archive of SID

اولین همایش ملی زهکشی در کشاورزی پایدار
تهران - ۸ اسفندماه ۱۳۹۲

برآورد نرخ انتقال بار معلق در رودخانه های منتهی به کانال آبیاری ارزیابی مدل SWAP در شبیه‌سازی توزیع شوری در پروفیل خاک تحت سیستم آبیاری سطحی

ناصر فکوری منزه
دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز _ nfm151@yahoo.com
زهرا ایزدپناه
استادیار گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز _ Izadpanah_z@scu.ac.ir
سعید برومند نسب
استاد گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز _ Boroomand@scu.ac.ir

چکیده

به منظور شبیه‌سازی الگوی توزیع شوری خاک تحت سیستم آبیاری سطحی (جویچه‌ای) توسط مدل سواپ[1] و ارزیابی آن، از داده‌های شوری خاک در سیستم آبیاری جویچه‌ای اجرا شده در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید چمران اهواز استفاده شد. در این سیستم، آب آبیاری شامل سه سطح شوری مختلف بوده که نمونه برداری از خاک و استخراج داده‌های شوری از هر سه سطح شوری و در چهار عمق ۳۰-۰، ۶۰-۳۰، ۹۰-۶۰ و ۱۲۰-۹۰ سانتی‌متری انجام شد. پس از انجام مراحل تحلیل حساسیت، واسنجی و صحت سنجی مدل، نتایج توسط شاخص‌های آماری مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد این مدل میزان شوری پروفیل خاک را در تمامی سطوح شوری آب آبیاری به شکل مطلوبی شبیه‌سازی نموده است. بهترین شبیه‌سازی مربوط به لایه ۹۰-۶۰ و ۱۲۰-۹۰ سانتی‌متر بوده و با افزایش عمق بر دقت مدل افزوده شد.

واژه‌های کلیدی: شبیه‌سازی، SWAP، الگوی توزیع شوری، سیستم آبیاری جویچه‌ای.

مقدمه

در شرایطی که کشور ایران از لحاظ کمبود منابع آب شیرین کافی رنج می‌برد و بحران آب به صورت یک مسئله جدی مطرح می‌باشد، توجه به منابع آب‌های نامتعارف یک ضرورت اجتناب ناپذیر است. استفاده از منابع آبی نامتعارف مانند پساب

[1] SWAP

www.SID.ir

Archive of SID

فاضلاب‌ها و آب‌های شور و لب شور در کشاورزی، بررسی تغییرات خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک را تحت چنین شرایطی از اهمیت خاصی برخوردار می‌کند (صالح و همکاران،۱۳۸۷).

از مشکلات عمده در رابطه با آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک تجمع شوری و املاح در نیمرخ خاک می‌باشد. آب آبیاری حتی اگر از بهترین نوع نیز باشد، مقداری املاح را به داخل خاک منتقل کرده و باعث افزایش غلظت نمک در خاک می‌گردد.

محمدی و همکاران (۱۳۹۲) طی تحقیقی در دانشگاه زابل به منظور استفاده از مدل سواپ برای تخمین میزان رطوبت و شوری نیمرخ خاک نشان دادند که بر اساس شاخص‌های آماری این مدل در پیش‌بینی حرکت آب و املاح از کارایی بالایی برخوردار است.

بونفنته[۲] و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی سه مدل شناخته شده سواپ، کراپ‌سیست[۳] و ماکرو[۴] در شبیه‌سازی رطوبت و شوری نیمرخ خاک در مناطق تحت کشت ذرت در مناطق شمالی ایتالیا مورد مقایسه و بررسی قرار دادند و نتایج نشان داد که هر سه مدل نتایج مشابهی دارند. در مجموع مدل سواپ به دلیل بهره‌گیری از تکنیکهای متفاوت حل عددی معادله ریچاردز و با در نظر گرفتن شرایط مرزی مناسب در بالا و پایین نمونه خاک عملکرد بهتری نشان داد.

مدل سواپ 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 داده‌های پارامترهای مختلف اقلیمی، آب، خاک و گیاه استفاده می‌کند. دقت مدل به تعداد ورودی‌های اندازه‌گیری شده در مزرعه آزمایشی بستگی دارد. این مدل با استفاده از معادله عمومی و یک بعدی ریچاردز که ترکیبی از دو معادله دارسی و پیوستگی است، جریان انتقال آب را شبیه‌سازی می‌کند. انتقال املاح در مدل سواپ بر اساس پدیده انتقال-انتشار بیان می‌شود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در مزرعه آزمایشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا گردید، که دارای موقعیتی با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و۴۳ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۸ دقیقه و ارتفاع ۲۰ متر از سطح دریا می‌باشد. شهر اهواز از نظر اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود.

در سیستم آبیاری سطحی اجرا شده، آب آبیاری در ابتدا آب رودخانه کارون بوده و پس از استقرار گیاه ذرت تیمارهای شوری اعمال گردیدند. این تیمارها شامل سه سطح شوری T1=۳ ، T2=۴ و T3=۴ دسی‌زیمنس بر متر بوده که نمونه برداری از خاک و استخراج داده‌های شوری از کرت‌های هر سه سطح شوری انجام شد. این نمونه برداری‌ها در سه مرحله به ترتیب قبل از آبیاری‌ها، پس از آبیاری با آب رودخانه کارون و پس از اعمال تیمارهای شوری صورت گرفت.

برخی از مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه به تفکیک لایه‌های خاک در جدول (۱) تشریح گردیده است.

جدول (۱): مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

عمق (mm)	PH	جرم مخصوص ظاهری	بافت خاک	فراوانی اندازه ذرات خاک (درصد)

[2] Bonfante *et al.*
[3] CropSyst
[4] MACRO

www.SID.ir

Archive of SID

رس	سیلت	شن		(gr/cm^3)		
۲۲/۶	۵۲/۱	۲۵/۳	Si-L	۱/۴	۷/۵	۰-۳۰
۲۳/۵	۵۱/۵	۲۵	Si-L	۱/۵۵	۷/۶۵	۳۰-۶۰
۲۳/۱	۵۱/۷	۲۵/۲	Si-L	۱/۶	۷/۸	۶۰-۹۰
۲۳/۹	۵۲	۲۴/۱	Si-L	۱/۷۵	۷/۸۱	۹۰-۱۲۰

برای استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی تحلیل حساسیت، واسنجی و صحت‌سنجی مدل ضروری می‌باشد. در تحقیق حاضر آنالیز حساسیت مدل به روش پیشنهادی لین و همکاران (لانه و همکاران،۱۹۹۰) انجام شد. در این روش از رابطه زیر برای تعیین پارامترهای حساس مدل استفاده می‌شود:

$$D_{\max} = \left|(P_m - P_b)/P_b\right| \times 100 \qquad (۱)$$

که در آن، D_{max} اختلاف مطلق ماکزیمم، P_m مقدار شوری برآورد شده بر اساس داده ورودی تعدیل شده و P_b مقدار رطوبت برآورد شده بر اساس داده ورودی پایه می‌باشد.

در این تحقیق ابتدا پارامترهای هیدرولیکی خاک در هر یک از تیمارها با استفاده از مدل تخمین زده شد ، در ادامه برای آنالیز حساسیت مدل نسبت به پارامترهای هیدرولیکی خاک، یکی از داده‌های ورودی مقدار تغییر داده شد (برای هر مولفه دو تغییر مثبت و منفی ۵۰ درصد) و سایر داده‌ها ثابت نگه‌داشته شدند و مدل با استفاده از شرایط جدبد اجرا گردید. سپس شاخص حساسیت به ازای پارامترهای مختلف محاسبه شد.

نتایج و بحث

آنالیز حساسیت مدل نسبت به پارامترهای هیدرولیکی خاک نشان داد که مدل سواپ نسبت به پارامتر عمق آب آبیاری و شوری آن و ضریب پوندینگ[5]دارای حساسیت زیاد می‌باشد. بنابراین در مرحله واسنجی این پارامترها تغییر داده شدند تا بهترین تطبیق بین رطوبت مشاهده شده و شبیه‌سازی شده حاصل گردید. مقادیر پارامترهای واسنجی و سایر پارامترهای هیدرولیکی خاک ایجاد شده توسط مدل RETC در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول (۲): پارامترهای هیدرولیکی خاک با استفاده از مدل رستا

لایه (cm)	θ_r (cm^3/cm^3)	θ_s (cm^3/cm^3)	a (cm^{-1})	n	K_S (cm/day)
۰-۳۰	۰/۰۵۷۶	۰/۴۱۳۷	۰/۰۰۵۸	۱/۴۵۱۲	۱۱/۶۷
۳۰-۶۰	۰/۰۵۸۲	۰/۴۰۵۴	۰/۰۰۸۸	۱/۴۵۲۲	۱۰/۷۲
۶۰-۹۰	۰/۰۶۰۱	۰/۴۴۲۳	۰/۰۰۶۳	۱/۴۴۵	۹/۱۸
۹۰-۱۲۰	۰/۰۵۹۳	۰/۴۱۰۸	۰/۰۰۷۲	۰/۴۶۱۷	۹/۱۳

[5] Ponding

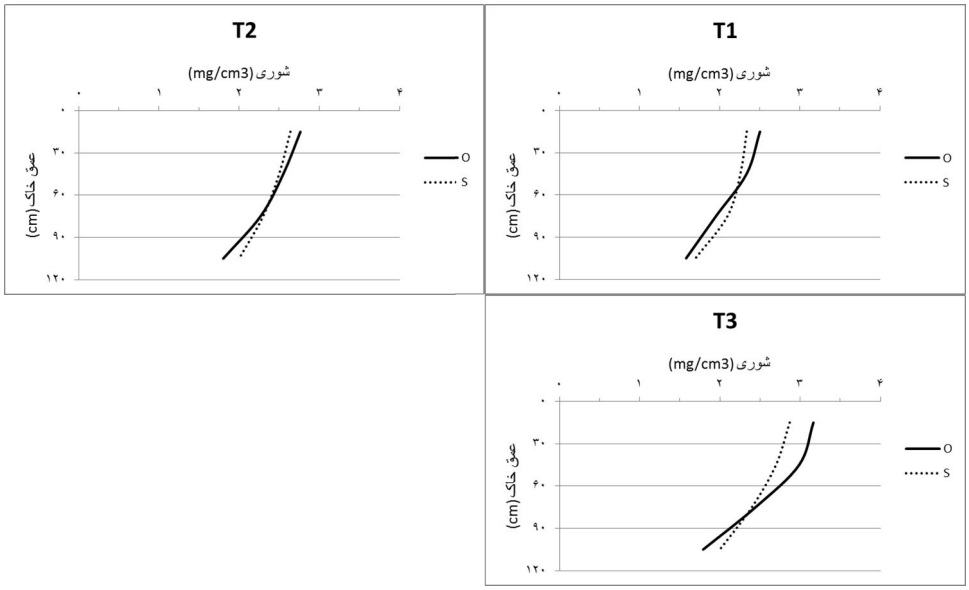
www.SID.ir

Archive of SID

در جدول (۲)، θ_s: رطوبت اشباع خاک، θ_r: رطوبت باقی‌مانده خاک، α عکس نقطه ورود هوا به داخل خاک، n: شاخصی از توزیع اندازه خلل و فرج در خاک و K_S: هدایت هیدرولیکی اشباع (سانتی‌متر بر روز) می‌باشند.

جهت صحت سنجی مدل از داده‌های نوبت سوم نمونه‌برداری‌ها استفاده گردید.

در شکل (۱) مقادیر مشاهده شده شوری به تفکیک تیمارها همراه با مقادیر شبیه‌سازی شده رسم گردیده‌اند که در آن‌ها O مقدار متوسط شوری مشاهده شده در پروفیل خاک تیمار و S بیانگر مقدار شبیه‌سازی شده متناظر آن می‌باشد.



شکل (۱): نتایج حاصل از شبیه‌سازی شوری در مقابل داده‌های مشاهده شده

با توجه به نتایج حاصله، این نکته قابل ذکر است که مدل مقادیر شوری در لایه ۳۰-۰ را در تمامی تیمارها کمتر از میزان مشاهده شده تخمین زده است. در لایه های ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتی‌متر مقادیر شبیه‌سازی شده به طور متوسط کمترین اختلاف را از مقادیر مشاهده شده دارا می‌باشند، اما در لایه ۱۲۰-۹۰ در همگی تیمارها مدل میزان شوری را اندکی از میزان مشاهده شده بیشتر برآورد کرده است.

در جدول (۳) نتایج شبیه‌سازی شوری و مقادیر مشاهده شده به تفکیک تیمارهای شوری مورد ارزیابی آماری قرار گرفتند.

جدول (۳): مقایسه آماری شوری شبیه‌سازی شده با مقادیر مشاهده شده به تفکیک تیمارهای شوری

تیمارهای شوری	شاخص آماری							
	ME	RMSE	R^2	CRM	$\overline{S_s}$	$\overline{S_o}$	$\overline{S_s} - \overline{S_o}$	درصد اختلاف
T1	۰/۱۶۴	۶/۲۰۱	۰/۹۴۶	-۰/۰۰۲	۲/۱	۲/۰۹۵	۰/۰۰۵	۰/۲۲
T2	۰/۱۹۷	۵/۱۴	۰/۹۹	-۰/۰۰۶	۲/۳۶	۲/۳۴۶	۰/۰۱۴	۰/۵۶

www.SID.ir

Archive of SID

T3	۰/۲۹۵	۸/۹۳	۰/۹۶	۰/۰۴	۲/۴۹۲	۲/۵۹۸	-۰/۱۰۴	-۴/۲۲

مطابق این جدول نتایج حداکثر خطا[6] در تیمار T1 کمترین مقدار را دارا بوده است که نشان دهنده خطای کمتر در برآورد میزان شوری توسط مدل در این تیمار می‌باشد. کمترین مقدار ریشه دوم خطا[7] مربوط به تیمار شوری T2 می‌باشد و مابقی در رده‌های بعدی قرار دارند. مقادیر آماره ضریب تعیین[8] برای تیمار شوری T1 تا T3 به ترتیب برابر ۰/۹۴۶، ۰/۹۹و ۰/۹۶ می‌باشد که نشان می‌دهد بیشترین همبستگی در تیمار T2 و کمترین آن تیمار T1 بوده است. نتایج شاخص ضریب باقی‌مانده جرم[9] از نظر علامت در تیمارهای T1 و T2 منفی می‌باشند که عنوان کننده بیشتر بودن مقادیر شبیه‌سازی شده نسبت به مقادیر مشاهده شده در این تیمارهاست، اما مقدار آن در تیمار T3 مثبت است که نشان از برآورد کمتر مدل در این تیمار است. همان گونه که مشاهده می‌گردد اختلاف میانگین‌های محاسبه شده تصدیق کننده نتایج شاخص ضریب باقی‌مانده جرم می‌باشند. در ستون آخر درصد اختلاف مقادیر شوری شبیه‌سازی شده و مشاهده شده نشان می‌دهد که مدل در تیمار شوری T1 به میزان ۰/۲۲درصد و در تیمار شوری T2 به میزان ۰/۵۶ درصد مقدار شوری را بیشتر و در تیمار شوری T3 به میزان ۴/۲۲ درصد مقدار شوری را کمتر از مقدار واقعی شبیه‌سازی نموده است.

جدول (۴) نتایج شبیه‌سازی و مقادیر مشاهده شده را که به تفکیک عمق‌های مختلف خاک مورد ارزیابی آماری قرار گرفتند ارائه می‌کند.

جدول(۴): مقایسه آماری شوری شبیه‌سازی شده با مقادیر مشاهده شده به تفکیک عمق‌های خاک

لایه (cm)	شاخص آماری							
	ME	RMSE	R^2	CRM	$\overline{S_s}$	$\overline{S_o}$	$\overline{S_s} - \overline{S_o}$	درصد اختلاف
۰-۳۰	۰/۲۹۵	۷/۴۰۸	۰/۹۶۱	۰/۰۶۹	۲/۶۱۷	۲/۸۱۲	-۰/۱۹۵	-۷/۴۵
۳۰-۶۰	۰/۲۸۸	۶/۶۷۴	۰/۹۳۲	۰/۰۵۳	۲/۴۸۷	۲/۶۲۶	-۰/۱۳۹	-۵/۶
۶۰-۹۰	۰/۱۴۴	۳/۹۹۹	۰/۹۹۸	-۰/۰۱۹	۲/۲۶۶	۲/۲۲۳	۰/۰۴۳	۱/۹۳
۹۰-۱۲۰	۰/۲۰۸	۱۰/۳۶۰	۰/۹۹	-۰/۱۰۰	۱/۹	۱/۷۲۵	۰/۱۷۵	۹/۱۶

همانطور که ملاحظه می‌گردد کمترین میزان شاخص حداکثر خطا مربوط به لایه ۹۰-۶۰ می‌باشد و بیشترین مقدار آن را لایه ۳۰-۰ به خود اختصاص داده است. کمترین مقدار آماره ریشه دوم خطا نیز مربوط به لایه ۹۰-۶۰ می‌باشد. مقادیر آماره ضریب تعیین نیز در ستون چهارم به ازای عمق‌های مختلف ارائه گشته که بیشترین آن در لایه ۹۰-۶۰ به وقوع پیوسته است. شاخص ضریب باقی‌مانده جرم نیز در لایه‌های ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ دارای علامت مثبت می‌باشد که نشان از کمتر بودن مقدار شبیه‌سازی نسبت به مشاهدات در این لایه ها دارد، اما در لایه‌های ۹۰-۶۰ و ۱۲۰-۹۰ مقدار این شاخص منفی است که بیانگر برآورد بیشتر مدل در این لایه‌ها می‌باشد. این موضوع در ستون آخر نیز تحت عنوان درصد اختلاف مقادیر شبیه‌سازی و مشاهده شده ارائه گشته است. همانطور که مشاهده می‌گردد مدل شوری را در لایه ۳۰-۰ به میزان ۷/۴۵ درصد و در لایه ۶۰-۳۰ به مقدار

[6] ME. (Maximum Error)
[7] RMSE. (Root Mean Square Error)
[8] R^2. (Coefficient of determination)
[9] CRM. (Coefficient of determination)

www.SID.ir

Archive of SID

۵/۶ درصد از مقدار مشاهده شده کمتر برآورد نموده است و در لایه های بعدی به ترتیب ۱/۹۳ و ۹/۱۶ درصد بیشتر از آنچه که مشاهده گردیده برآورد کرده است.

نتیجه‌گیری

مدل سواپ در سیستم آبیاری سطحی میزان شوری پروفیل خاک را در تیمارهای T1 و T2 به ترتیب به میزان ۰/۲۲ و ۰/۵۶ درصد بیشتر و در تیمار T3 به مقدار ۴/۲۲ درصد کمتر از میزان مشاهده شده برآورد نمود.

این مدل در سیستم آبیاری سطحی به طور کلی میزان شوری را در لایه ۳۰-۰ به میزان ۷/۴۵ درصد و در لایه ۶۰-۳۰ به مقدار ۵/۶ درصد از مقدار مشاهده شده کمتر برآورد نموده است و در لایه های ۹۰-۶۰ و ۱۲۰-۹۰ به ترتیب به میزان ۱/۹۳ و ۹/۱۶ درصد بیشتر از آنچه که مشاهده گردیده تخمین زده است.

مدل سواپ پروفیل خاک را به تفکیک تیمارهای شوری به شکل مطلوبی برآورد نموده، به طوری که ضرایب همبستگی بالایی بین مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده حاصل گشته است اما در تخمین شوری خاک به تفکیک لایه‌های آن، بهترین ضریب همبستگی مربوط به لایه‌های عمیق بوده و با افزایش عمق بر دقت مدل افزوده شده است.

منابع

۱) صالح، ا.، مراد، ح.ع.، ش.، احمدی، ۱۳۸۷، بررسی تاثیر استفاده از پساب شهری و روش های مختلف آبیاری بر توزیع شوری و رطوبت نیمرخ خاک در منطقه نیمه خشک دشت کربال، سومین کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع مالی عالی تجدید شونده در کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خورسگان، دانشکده کشاورزی، اصفهان.

۲) محمدی، ا.، دلبری، م.، چاری، م.م.، محمدی، م.، ۱۳۹۲، دومین کنفرانس بین‌المللی مدلسازی گیاه، آب، خاک و هوا، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران.

3) Bonfante, A., Basile, A., Acutis, M., De Mascellis, R., Manna, P., Perego, A., Terribile, F. 2010. SWAP, CropSyst and MACRO comparison in two contrasting soils cropped with maize in Northern Italy. Agricultural Water Management., 97, 1051–1062.

www.SID.ir