کاربرد مدل‌های اگروهیدرولوژیک در شبیه‌سازی روابط آب و خاک

حامد منصوری[1]، بهروز مصطفی زاده[2] و سید فرهاد موسوی[3]

[1]دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه آب, دانشگاه صنعتی اصفهان, mansouri@ag.iut.ac.ir، [2] دانشیار گروه آب, دانشگاه صنعتی اصفهان, behrouz@cc.iut.ac.ir، [3] استاد گروه آب, دانشگاه صنعتی اصفهان, mousavi@cc.iut.ac.ir

چکیده

کشور ایران با میانگین بارندگی حدود 250 میلیمتر در سال که حتی از یک سوم متوسط بارندگی در سطح دنیا کمتر است, جزء مناطق خشک و نیمه خشک به حساب می‌آید. در حال حاضر یکی از مهمترین مسائل کشور, مسأله آب است. با وجود افزایش راندمان آبیاری در سالهای اخیر, محدودیت بسیار زیاد منابع آب شیرین در بعضی از مناطق, زارعین را وادار به استفاده از آب شور در کشاورزی نموده است. از آنجا که روابط آب و خاک از فاکتورهای مهم در کشاورزی فاریاب است, لذا در این مطالعه کاربرد دو مدل شبیه‌سازی SWAP و DRAINMOD در خاک‌های منطقه رودشت اصفهان که منطقه‌ای با وسعت حدود 50 هزار هکتار در شرق اصفهان بوده و با مشکلات شوری آب و خاک روبروست, با استفاده از داده‌های آزمایشی در ایستگاه مطالعات زهکشی و اصلاح اراضی رودشت مورد بررسی قرار گرفته است. سه تیمار کیفیت آب آبیاری (با شوری‌های 2, 8 و 12 دسی زیمنس بر متر) و دو تیمار آبشویی (بدون آبشویی و آبشویی بر اساس 75 درصد عملکرد محصول) دو تیمار مدیریت آبیاری GQ و GU (کاربرد آب شیرین با شوری حدود 2 دسی زیمنس بر متر در مرحله جوانه زدن و استقرار گیاه و از این مرحله تا پایان فصل زراعی, کاربرد سه شوری آب فوق و تیمار دوم آبیاری یکنواخت با شوری مورد نظر از ابتدا تا انتهای فصل) در چهار تکرار به صورت طرح آماری بلوکهای کامل تصادفی در ایستگاه رودشت مورد آزمون قرار گرفت. جهت اجرای این آزمایش جمعا تعداد 40 کرت هر کدام به مساحت 125 متر مربع (ابعاد 5x25 متر) ایجاد شد. نتایج نشان داد مدل SWAP در برآورد میزان عملکرد محصول، شوری، نفوذپذیری و رطوبت خاک عملکرد نسبتاً مناسبی داشته است. در حالی که در شبیه‌سازی تغییرات عمق سطح ایستابی ضعیف بوده است. مدل DRAINMODE تغییرات سطح ایستابی را به خوبی شبیه‌سازی کرده است.

واژه‌های کلیدی: روابط آب و خاک, شبیه‌سازی, مدل SWAP، مدل DRAINMODE

مقدمه

تأمین غذا و نیازهای اساسی بشر یکی از اهداف مهم کشاورزی به شمار می‌رود. این نیازها با ازدیاد جمعیت رو به افزایش است. جمعیت دنیا در سال 1950, 2/5 میلیارد نفر, در سال 1985, 4/9 میلیارد نفر, در سال 1990, 5/3 میلیارد نفر و در سال 2000, 6/3 میلیارد نفر بوده است و پیش‌بینی می‌شود در سال 2025 به 8/5 میلیارد نفر برسد. این نرخ رشد جمعیت مستلزم افزایش تولیدات کشاورزی به میزان تقریبی 40 تا 50 درصد طی 30 تا 40 سال آینده است (1).

برای تأمین نیاز غذایی در سطح امروزی, تولیدات کشاورزی در کشورهای در حال توسعه باید 60 درصد افزایش یابد (3). تقریباً 66 درصد افزایش تولید مورد نیاز کشورهای در حال توسعه طی دهۀ آینده باید از طریق افزایش

Archive of SID
www.SID.ir

میانگین عملکرد, 20 درصد آن از طریق افزایش زمین‌های زراعی و مابقی از طریق افزایش تراکم کاشت حاصل گردد. انتظار می‌رود حدود 66 درصد افزایش سطح زمین‌های قابل کشت از طریق توسعهٔ آبیاری تحقق یابد. بسیاری از کشورهای جهان به کشاورزی فاریاب به عنوان تنها راه مطمئن برای افزایش تولید بر اساس یک روش پایدار می-نگرند (5).

آزمایش‌های صحرایی برای تعیین و تحلیل مدیریت‌های مختلف آبیاری با آب شور مفید هستند. اما محدودیت‌های قابل توجهی نیز دارند. محدود شدن اعتبار آزمایشها با شرایط فیزیکی، مدت کوتاه آزمایش و محدودیت تعداد سناریوهایی که توسط آزمایش‌های صحرایی بررسی می‌شوند از آن جمله هستند. از مدل‌های شبیه‌سازی می-توان به عنوان طرح توسعه یافته‌ای از آزمایش‌های صحرایی برای غلبه بر این محدودیت‌ها استفاده کرد.

از آنجا که روابط آب و خاک از مهمترین عوامل تصمیم‌گیری در کشاورزی پایدار است، در این مطالعه استفاده از دو مدل پرکاربرد در شبیه‌سازی تغییر مقادیر پارامترهای مربوط بررسی شده است. نتایج این مطالعه در برنامه‌ریزی و مدیریت استفاده از آب و خاک در مناطقی که مشکل شوری دارند مهم است.

مواد و روشها

ایستگاه تحقیقات زهکشی و اصلاح اراضی رودشت در 65 کیلومتری شرق اصفهان در طول جغرافیایی 52 درجه شرقی, عرض جغرافیایی 32/5 درجه شمالی و ارتفاع 1500 متر از سطح دریا واقع شده است. اقلیم منطقه رودشت خشک و تغییرات میانگین دمای روزانه آن از 30 درجه سانتیگراد در تابستان تا 3 درجه سانتیگراد در زمستان متغیر است. میانگین بارندگی سالانه در ایستگاه کلیماتولوژی منطقه 150 میلیمتر گزارش شده است. خاک‌های منطقه در سری زرندید با بافت متوسط تا سنگین (لوم سیلتی رسی) قرار دارند. منابع تأمین آب ایستگاه به منظور انجام طرح‌های تحقیقاتی, رودخانه زاینده‌رود در جنوب ایستگاه (برداشت به کمک تلمبه‌خانه و انتقال به ایستگاه), کانال انتقال آب در ضلع شمالی ایستگاه (تأمین از طریق بند انحرافی موجود روی رودخانه زاینده‌رود), چاه نیمه عمیق واقع در ضلع غربی ایستگاه و گودال جمع‌آوری آب زهکش واقع در مرکز ایستگاه می‌باشند (4).

سه تیمار کیفیت آب آبیاری Q_1, Q_2 و Q_3 (با شوری‌های 2, 8 و 12 دسی زیمنس بر متر) و دو تیمار آبشویی LR_0 و LR_1(به ترتیب بدون آبشویی و آبشویی بر اساس 75 درصد عملکرد) دو تیمار مدیریت آبیاری GQ و GU (کاربرد آب شیرین با شوری حدود 2 دسی زیمنس بر متر در مرحله جوانه زدن و استقرار گیاه و از این مرحله تا پایان فصل زراعی, کاربرد سه شوری آب فوق و تیمار دوم آبیاری یکنواخت با شوری مورد نظر از ابتدا تا انتهای فصل) در چهار تکرار به صورت طرح آماری بلوکهای کامل تصادفی مورد آزمون قرار گرفت. تعداد 40 کرت هر کدام به مساحت 125 متر مربع (5×25 متر) در یک خاک لوم سیلتی ایجاد شد. فاصله بین کرتها 0/5 متر در نظر گرفته شد. در اواخر آذرماه, گندم پاییزه رقم M-73-18 به میزان 3/1 کیلوگرم در هر کرت (250 کیلوگرم در هکتار) کشت شد. کود شیمیایی تریپل فسفات به میزان 1/25 کیلوگرم در هرکرت (100 کیلوگرم در هکتار), سولفات پتاسیم به میزان 0/62 کیلوگرم در هر کرت (50 کیلوگرم در هکتار) و سولفات روی به میزان □ 0/5 کیلوگرم در هر کرت (40 کیلوگرم در هکتار) به زمین داده شد. آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه گندم و به مقدار تبخیر از تشت تبخیر صورت گرفت. به منظور تنظیم حجم آب ورودی به کرت از کنتورهای حجمی استفاده شد. ضمن آنکه مقدار بارش □ در فاصله بین دو آبیاری در میزان آب آبیاری منظور می‌شد. برای تأمین آب با شوری 2 دسی زیمنس بر

Archive of SID
www.SID.ir

متر از آب رودخانه زاینده‌رود, آب با شوری 8 دسی زیمنس بر متر از آب چاه نیمه عمیق ایستگاه و آب با شوری 12 دسی زیمنس بر متر از زه‌آب موجود در گودال کم عمق ایستگاه استفاده شد. در مواقعی که میزان شوری آب آبیاری با مقادیر مطلوب فاصله داشت, از ترکیب آب‌های مختلف, آب با شوری مورد نظر تهیه گردید. از آب‌های کاربردی نمونه‌هایی برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی و تجزیه شیمیایی به آزمایشگاه ارسال می‌شد. نمونه برداری خاک از دو عمق 0-30 و 30-60 سانتیمتری قبل از کشت و قبل از هر آبیاری انجام گرفت.

در هر آبیاری, میزان آب در کرتهایی که آبیاری بدون اعمال آبشویی انجام می‌شد, بر اساس میزان تبخیر از تشت تبخیر در فاصله زمانی آبیاری قبل تا آبیاری اخیر بدست آمد و در کرتهایی که آبشویی انجام می‌شد نیاز آبشویی برای 75 درصد عملکرد گندم با رابطه (1) محاسبه شد:

$$LR = \frac{EC_w}{5(EC_e) - EC_w} \quad (1)$$

که در آن EC_w شوری آب آبیاری و EC_e شوری عصاره اشباع خاک برای کاهش مورد نظر در مقدار محصول است (2 و 4).

1- مدل[1]

مدل نمادی از واقعیت است. مدل‌ها ابزارهایی عملی هستند که می‌توان به کمک آنها به درکی از واقعیت البته نه کل آن بلکه بخش مفید و قابل فهم آن دست یافت. یک مدل می‌تواند یک تئوری، قانون، فرضیه و یا ترکیبی سازمان‌یافته از اطلاعات باشد. مدل‌ها به عنوان ابزارهایی تعریف می‌شوند که می‌توانند مشاهدات را به ایده‌های تئوری تبدیل نمایند. به طور کلی می‌توان گفت که مدل سیستمی است که رفتار سیستم دیگر را بازگو و پیش‌بینی می‌کند.

الف) عملکرد مدل‌ها

الف: توانایی درک پدیده‌های پیچیده از طریق ساده‌سازی آن در مقیاسی کوچکتر

ب: ارائه چارچوبی برای تعریف، جمع‌آوری، تدوین یا پردازش اطلاعات

ج: سازمان‌دهی و طبقه‌بندی حجم زیادی از داده‌ها

د: تفسیر چگونگی رخدادن یک پدیده

ه: مقایسهٔ یک فرایند پیچیده با یک فرایند ساده دیگر

و: کاهش هزینه‌های تحقیقاتی ، انرژی و زمان لازم برای اندازه‌گیری‌های عملی.

انواع مدل‌ها فیزیکی، قیاسی (آنالوگ) و دیجیتال هستند.

2- شبیه‌سازی[2]

شبیه‌سازی نسخه‌ای از بعضی وسایل حقیقی یا موقعیت‌های کاری است. شبیه‌سازی تلاش دارد تا بعضی جنبه‌های رفتاری یک سیستم فیزیکی یا انتزاعی را به‌وسیله رفتار سیستم دیگری نمایش دهد. شبیه‌سازی در بسیاری از متون شامل مدل‌سازی سیستم‌های طبیعی و انسانی استفاده می‌شود. برای بدست آوردن بینش نسبت به کارکرد این

---

۱ Model

۱ Simulation

Archive of SID
www.SID.ir

سیستم‌ها در فناوری و مهندسی ایمنی که هدف, آزمون بعضی سناریوهای عملی در دنیای واقعی است, از شبیه-سازی استفاده می‌شود. در شبیه‌سازی با استفاده از یک شبیه‌ساز یا وسیله دیگری در یک موقعیت ساختگی می‌توان آثار واقعی بعضی شرایط احتمالی را بازسازی کرد. به طور روز افزونی معمول شده است که نام انواع مختلفی از شبیه‌سازی شنیده شود که به عنوان محیط‌های صناعی[1] اطلاق می‌شوند. این عنوان اتخاذ شده است تا تعریف شبیه‌سازی عملاً به تمام دستاوردهای حاصل از رایانه تعمیم داده شود (6).

3- مدل‌های مورد مطالعه

مدل‌های SWAP و DRAINMODE از مهمترین مدل‌های اگروهیدرولوژیک در شبیه‌سازی روابط آب و خاک هستند.

از مدل SWAP (خاک، آب، اتمسفر و گیاه) برای شبیه‌سازی توازن آب و مواد محلول در یک خاک کشت شده با انواع مختلف شرایط مرزی شامل امکان زهکشی و مدیریت‌های مختلف آبیاری استفاده می‌شود. این مدل از 5 زیر مدل اصلی ساخته شده که هر زیر مدل محاسبات مربوط به یک بخش را برعهده داشته و خروجی هر زیر مدل در واقع یکی از ورودی های مدل اصلی است. زیر مدل‌های مذکور عبارتند از: هواشناسی (METEO)، گیاه (CROP)، خاک (SOIL)، آبیاری (IRRIGATION) و برنامه زمانبندی (TIMER). در سالهای اخیر استفاده از مدل SWAP در فرموله کردن و شبیه‌سازی مسائل مرتبط با استفاده از آب شور در کشت آبی رواج یافته است (7 و 8).

مطالعه‌ای در کشور لهستان نشان داد که مدل SWAP توانایی پیش‌بینی شرایط آب در خاک‌های زراعی بایر کم عمق محتوی کود گیاهی را دارد (7).

مدل DRAINMOD در سال های دهه 1960 میلادی در دانشگاه ایالتی کارولینای شمالی در آمریکا توسعه یافت. مدل DRAINMOD بر اساس توازن آب و روابط تجربی استوار است. داده های ورودی در مدل DRAINMOD که در حال حاضر نسخه 5 آن در بازار موجود است عناصر هواشناسی، خصوصیات خاک و گیاه و مختصات جغرافیایی محل می‌باشد. مدل DRAINMOD اصولا مدل یک بعدی است ولی مسایل مربوط به حرکت جانبی و نشت در دامنه تپه‌ها را نیز می توان با آن حل کرد. این مدل می‌تواند موقعیت‌های مختلف سطح ایستابی را برای محاسبه بیلان آبی مقطعی از خاک که بین دو زهکش قرار گرفته است، شبیه‌سازی کند. شرح تصویری مدل در رابطه با پارامترهای بیلان آبی در شکل (1) نشان داده شده است. یکی از معادلات پایه در مدل، معادله بیلان آبی است که برای مقطعی از خاک با سطح واحد در نقطه میانی بین دو زهکش در نظر گرفته شده است و از سطح زمین تا لایه غیر قابل نفوذ ادامه دارد.

این مدل اولین بار توسط SCS در شمال کارولینا مورد ارزیابی قرار گرفت که البته در چند جای دیگر آزمایشات مشابهی انجام گرفت. اگرچه این مدل توانایی شبیه سازی همه جانبه حرکت آب در پروفیل خاک را دارد ولی محدودیت هایی هم دارد. از جمله محدودیت های مدل کاربرد آن در شرایط اقلیم مرطوب، موازی بودن زهکش ها در شرایط زهکشی زیرزمینی، کاربرد مدل در شیب کمتر از پنج درصد و عدم کاربرد مدل در شرایط یخبندان است. اسکگز و همکاران مقایسه‌ای بین نتایج پیش‌بینی شده به وسیله مدل و ارقام به دست آمده از آزمون‌های صحرایی را طی یک دوره هشت ساله در شرایطی که منطقه تنها دارای زهکش سطحی بود، منطقه تنها دارای زهکش

۲ Artificial Environments

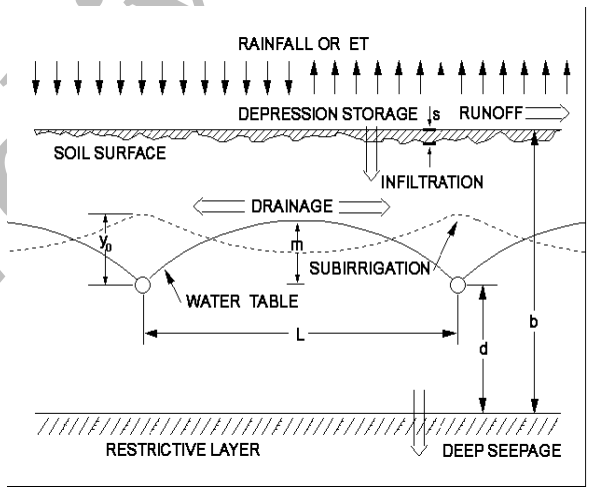
Archive of SID
www.SID.ir

زیرزمینی متداول بود و حالتی که ترکیبی از زهکش سطحی و زیر زمینی مورد استفاده قرار گرفته بود را انجام دادند. نتایج نشان داد که هماهنگی مطلوبی بین ارقام به دست آمده از مدل و آزمایش‌ها در مورد حجم رواناب برای هر سه حالت فوق وجود دارد. همین نتایج نیز برای برآورد حجم آب زهکشی در شرایط وجود یا عدم وجود سیستم زهکشی سطحی گزارش شده است.

4- نتایج و بحث

به منظور اجرای شبیه‌سازی با مدل SWAP، پس از فراهم نمودن داده‌های ورودی، آنالیز حساسیت مدل با استفاده از روش پیشنهادی Lane و همکاران (9)، واسنجی مدل و صحت یابی آن با استفاده از شاخص‌های مختلف آماری انجام گرفت. SWAP مقادیر عملکرد محصول را با ضریب تبیین 0/68 و بیش از مقادیر واقعی و شوری خاک را کمتر از نتایج واقعی و با مقدار ضریب تبیین 0/51 شبیه‌سازی کرد. مدل مقادیر نفوذپذیری خاک را کمتر از مقدار واقعی شبیه‌سازی کرد و دقت آن در شبیه‌سازی مقادیر نفوذپذیری در شوری‌های بیشتر، بیشتر بود. همچنین مقادیر رطوبت خاک با ضریب تبیین 0/53 و بیش از مقادیر واقعی شبیه‌سازی شد. دقت مدل در شبیه‌سازی عمق سطح ایستابی مناسب نبود.

برای استفاده از مدل DRAINMODE ابتدا مدل با داده‌های تکرار 1 و 3 آزمایش کالیبره شد. روش کار به این شکل بود که عمق سطح ایستابی در هر کرت با استفاده از پیزومتری که در ابتدای فصل در آن نصب شده بود، اندازه‌گیری شده و با نتایج حاصل از شبیه‌سازی مدل مقایسه گردید. برازش نقاط حاصل از مقادیر واقعی و شبیه‌سازی شده با یک خط راست انجام شد و ضریب تبیین نقاط 0/78 بود. پس از کالیبراسیون مدل، شبیه‌سازی عمق سطح ایستابی در طول فصل برای تکرارهای 2 و 4 آزمایش انجام گرفت. نتایج نشان داد مدل DRAINMODE در شبیه‌سازی عمق سطح ایستابی در شرایط شوری آب و خاک، عملکرد نسبتاً مناسبی دارد.



شکل 1- شرح تصویری مدل در رابطه با پارامترهای بیلان آبی

منابع

(1) گنجی, م, ح. (1356). میزان باران در منابع آب ایران, مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی سحاب تهران، 120 ص.
(2) شالهاوت, ژ. (1357). آبیاری و شوری, کمیته ملی آبیاری و زهکشی, انتشارات وزارت نیرو, 100 ص.

www.SID.ir

(3) محمدی, ج. (1370). "مقایسه دو روش آبشویی در خاکهای شور و قلیا در اصفهان" پایان نامه کارشناسی ارشد, دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.
(4) منصوری, ح. (1385). "استفاده از مدل SWAP به منظور شبیه‌سازی عملکرد محصول تحت مدیریتهای مختلف آبیاری با آب شور در منطقه رودشت اصفهان" پایان نامه کارشناسی ارشد, دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.
(5) لندی, ا. (1373). "بررسی تأثیر کیفیت آب آبیاری و نسبت آبشویی بر کیفیت زه آب و توزیع نمک در نیمرخ خاک" پایان نامه کارشناسی ارشد, دانشکده کشاورزی, دانشگاه صنعتی اصفهان.
(6) Brandyle, T., L. Szaty, S. Gnatow and O. Tomasz, 2005. Examination of SWAP Suitability To Predict Soil Water Conditions in a Field Peat-Moorsh Soil. Department Water Resources, Wageningen Agricultural University. Report No. 69.
(7) Sarwar, A., W. G. M. Bastiaanssen and R. A. Feddes, 2001. Irrigation water distribution and long-term effects on crop and environment. J. of Agricultural Water Management 50: 125–140.
(8) Luedeling, E., M. Nagieb, F. Wichern, M. Brandt, M. Deurer and A. Buerkert, 2005. Drainage, salt leaching and physico-chemical properties of irrigated man-made terrace soils in a mountain oasis of northern Oman. Geoderma 125: 273–285.
(9) Lane, J. W. and V. A. Ferrira, 1990. Sensitivity in CREAMS: A Field Scale Model For Chemical Runoff And Erosion From Agricultural Management Systems. Ed. w. g. Knisel, A model Documentation. VSDA Conservation Res. Report No. 26. PP: 113-158.
(10) Ayers, R. S. and K. Tanji, 1981, An application from Ayers and Westcots 1985 Use of treated municipal wastewaters for irrigation. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29.

Archive of SID

Use of Agro hydrological Models in Water and Soil Relation Simulation

H. Mansouri[1], B. Mostafazadeh-Fard[2] & S. F. Mousavi[3]

[1]Former Graduate Student, Irrigation Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, 84156-83111, Iran. [2]Associate Professor, Irrigation Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, 84156-83111, Iran. [3]Professor, Irrigation Department, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, 84156-83111, Iran.

Abstract
Iran is located in an arid and semi-arid region of the world with average annual precipitation of about 250 mm. Nowadays water shortage is one of the most important problems in Iran. Due to lack of suitable water resources, many farmers are using saline river or groundwater for irrigation which causes gradual accumulation of salts in the soil. Because of relation between soil and water is one of the major factors in agriculture, in this study we evaluate the use of two simulation models SWAP and DRAINMODE in Rudasht region (central part of Iran) with three irrigation water salinity levels of 2, 8 and 12 dS/m with/without leaching levels of 4, 19 and 32 percent with two different irrigation water managements, using factorial design with four replications. The results

www.SID.ir

showed that the SWAP model is applicable in this arid region for estimate yield, soil salinity, infiltration and soil moisture. The DRAINMODE model simulate water table and the model predictions are in close agreement with the field data. But the SWAP model was not applicable for water table simulation in this region.

Key words: Soil and water relation, Simulation, SWAP, DRAINMODE.

Archive of SID

www.SID.ir