نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال سوم، شماره چهارم، تابستان ۱۳۹۳

ISSN 2251-7480

ارزیابی سناریوهای توسعه سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار بر منابع آب زیرزمینی با استفاده از مدل‌سازی پویایی سیستم

حمزه علی علیزاده[۱]، عبدالمجید لیاقت[۲*] و تیمور سهرابی[۳]

۱) دانشجوی دکتری؛ گروه مهندسی آبیاری و آبادانی؛ دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی؛ پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران؛ کرج؛ ایران

۲*) استاد؛ گروه مهندسی آبیاری و آبادانی؛ دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی؛ پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران؛ کرج؛ ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: aliaghat@ut.ac.ir

۳) استاد؛ گروه مهندسی آبیاری و آبادانی؛ دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی؛ پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران؛ کرج؛ ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۸/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰٤/۱۱

چکیده

توسعهٔ سیستم‌های آبیاری تحت فشار از دیدگاه مدیریت بهینهٔ منابع آب بسیار مهم می‌باشد. هدف از این پژوهش بررسی اثرات توسعه سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار بر پایداری کشاورزی دشت ورامین و اثر مشوق‌های دولتی بر توسعه این سیستم‌ها بود. بدین منظور با استفاده از روش پویایی سیستم که قابلیت مناسبی در مدل‌سازی محیط‌های پیچیده دارد، مدل مدیریت یکپارچه منابع آب دشت ورامین با لحاظ جنبه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی تدوین شد. نتایج نشان داد که توسعه بدون برنامه سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار نه تنها باعث صرفه‌جویی در مصرف آب نمی‌شود، بلکه منجر به تخریب آبخوان‌های زیرزمینی کشور می‌شود. نتایج همچنین نشان داد که در صورت استفاده از منابع آب سطحی، توسعه سیستم‌های آبیاری بارانی اگر با افزایش سطح کشت همراه نباشد باعث افزایش درآمدهای ملی و کاهش افت آب‌های زیرزمینی خواهد شد. در غیر این صورت اگر کشاورزان اقدام به افزایش سطح کشت نمایند دولت با کمک مالی به کشاورزان به نابودی منابع آب زیرزمینی کشور کمک کرده است. در صورت توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار در اراضی که از آب زیرزمینی استفاده می‌کنند، در هر دو شرایط بدون افزایش سطح کشت و با افزایش سطح کشت (۲۰ درصد افزایش سطح کشت) وضعیت کمی آب زیرزمینی بهبود خواهد یافت؛ هر چند بهبود در شرایط افزایش کشت جزئی می‌باشد. بنابراین ارائه تسهیلات توسعه سیستم‌های آبیاری بارانی تنها به شرط حفظ سطح کشت و کاهش مصرف آب به پایداری کشاورزی کشور کمک می‌کند. برای دستیابی به کشاورزی پایدار پیشنهاد می‌شود که دادن تسهیلات به کشاورزان اولویت بندی شود. به این صورت که دادن تسهیلات به بهره‌برداران آبهای زیرزمینی برای توسعه آبیاری تحت‌فشار در اولویت اول، توسعه سیستم‌های آبیاری خرد (تیپ و قطره‌ای) به علت اینکه دارای کمترین تبخیر از سطح خاک می‌باشند در اولویت دوم و سیستم‌های آبیاری سطحی مکانیزه و سیستم‌های آبیاری بارانی نوین مانند LESA که تبخیر و بادبردگی در آنها حذف شده در اولویت سوم قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: آبخوان؛ توسعه پایدار؛ مدیریت تقاضا

مقدمه

مهم‌ترین محدودیت توسعه کشاورزی ایران کمبود آب می‌باشد. در دهه‌های اخیر سدها و تاسیسات آبرسانی زیادی با هدف عرضه هرچه بیشتر منابع آب به بخش‌های مصرف کننده کشور احداث شده است. محدود بودن منابع آب کشور از یک سو و رشد فزاینده تقاضای آب در بخش‌های مختلف از سوی دیگر باعث ایجاد شکاف بین عرضه و تقاضای آب شده است (ناصری و همکاران، ۱۳۹۰؛ آبابایی و همکاران، ۱۳۹۱). با توجه محدودیت منابع آب قابل عرضه در کشورهایی مانند ایران که با

محدودیت فیزیکی آب مواجه هستند، سرمایه‌گذاری‌های بیشتر در بخش عرضه آب‌های متعارف قادر به پاسخ‌گویی به افزایش تقاضای آب نمی‌باشد. بنابراین راه حل بحران آب را می‌توان در چگونگی توسعه و مدیریت صحیح منابع آبی جستجو نمود. به عبارت دیگر مدیریت تقاضا مهمترین راه مقابله با بحران آب در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. مدیریت تقاضای آب عبارت از بهره‌برداری بهتر و کاراتر از آب است که از طریق وضع قوانین، تدوین آیین‌نامه‌ها، استفاده از ابزارهای اقتصادی و برنامه‌ریزی و نظارت و مشارکت بهره‌برداران امکان‌پذیر می‌باشد. مهمترین راهکار مدیریت تقاضا در بخش کشاورزی افزایش راندمان آبیاری از طریق نوسازی کانال‌های انتقال آب، توسعه سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار، کم‌آبیاری و استفاده مجدد از آب‌های برگشتی می‌باشد. در سال‌های اخیر با گسترش علم آبیاری، روی‌آوری به سامانه‌های آبیاری جدید با هدف ارتقای راندمان آبیاری مد نظر مدیران، کشاورزان و محققین قرار گرفته است. سیستم آبیاری تحت‌فشار مانند هر فناوری دیگر ممکن است مسائل و مشکلاتی برای کشاورزان بوجود آورد که سبب رها کردن و یا استفاده ناکارآمد از این سیستم شود. مهمترین عوامل بازدارنده توسعه سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار بالابودن هزینه‌های سرمایه‌گذاری، نداشتن صرفه اقتصادی (کوتاه مدت) و ضعف ترویج و آموزش (که نتوانسته موفقیت این سیستم‌ها را به طور عینی به کشاورزان نشان دهد) می‌باشد. در زمینه ارزیابی سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار در سطح مزرعه تحقیقات زیادی انجام شده است. از آن جمله می‌توان به ارزیابی راندمان آبیاری (قمرنیا و همکاران، ۱۳۸۹؛ حاج آقا علیزاده و همکاران، ۱۳۸٤) و ارزیابی اقتصادی (Sezen *et al.*, 2011) اشاره نمود. Arnold (۲۰۱۱) طی تحقیق ۲ ساله در ایالت کلرادو آمریکا انواع سیستم‌های آبیاری موجود را مورد ارزیابی قرار داد. در آن تحقیق میانگین نفوذ عمقی در سیستم‌های آبیاری سطحی بین ۲۹ تا ۳۹ درصد و در آبیاری بارانی بین ۵ تا ۱۵ درصد محاسبه شد. Rogers (۱۹۹۷) تلفات تبخیر مستقیم در سیستم آبیاری بارانی را حدود ۳ تا ۵ درصد و تلفات تبخیر حاصل از برگاب (آب روی برگ‌ها) را حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد و در مجموع ۱۳ تا ۲۰ درصد محاسبه نمود. استگمن (۱۹۸۰) تلفات نفوذ عمقی در سیستم آبیاری بارانی ۱۰ تا ۱۵ درصد، تلفات بادبردگی و تبخیر ۱۵ تا ۲۰ درصد و راندمان کاربرد آبیاری را ۷۰ درصد محاسبه نمودند. راندمان آبیاری بارانی در ایران بسیار پایین‌تر از حد انتظار می‌باشد. سهراب و عباسی (۱۳۸۸) بازده کاربرد آبیاری بارانی کلاسیک را ۵۷/۹ درصد و آبیاری کرتی را ۵۲/٦ گزارش کردند. سپاسخواه (۱۳۸۳) نتایج حاصل از مطالعات انجام شده در خصوص بازده آبیاری در روش‌های آبیاری سطحی در کشور را ارزیابی نمود. نتایج نشان داد که بازده آبیاری سطحی در کشور از مقدار واقعی آن کمتر گزارش شده است. یکی از علت‌ها، روش نه چندان درست اندازه گیری بازده کاربرد آبیاری در مزرعه است. نگرش مجدد به بازده کاربرد آب در مزرعه نشان داد در شرایطی که طراحی و مدیریت درستی برای آبیاری سطحی در مزرعه به کاربرده شود، می‌توان انتظار بازده ۷۰ درصد را داشت. این مقدار می‌تواند با بازده آبیاری بارانی رقابت نماید. از طرف دیگر تاکنون مطالعات اندکی در زمینه اثرات توسعه سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار در سطح حوضه آبریز انجام شده است. همانگونه که مدیریت آب در سطح مزرعه با سطح حوضه آبریز متفاوت است، توسعه و توصیه یک سیتسم آبیاری در سطح مزرعه با سطح حوضه آبریز نتایج متفاوتی به بار خواهد آورد. به عنوان مثال نفوذ عمقی سیستم آبیاری کرتی ممکن است در سطح مزرعه یک عیب ولی در سطح حوضه آبریز به علت تغذیه آبخوان مزیت شمرده شود. بر عکس در مورد سیستم آبیاری بارانی کاهش نفوذ عمقی در سطح مزرعه مزیت ولی در سطح حوضه ممکن است عیب به شمار آید. از طرف دیگر سیستم‌های آبیاری مختلف در شرایط

اقلیمی، اجتماعی و اقتصادی مختلف، نتایج متفاوتی به بار خواهند آورد. به عنوان مثال توسعه سیستم‌های آبیاری بارانی کلاسیک در مناطق گرم و خشک باعث افزایش شدید تلفات تبخیر و بادبردگی در سیستم‌های آبیاری بارانی خواهد شد (Evans *et al*, 2013). در کشورهای توسعه یافته به علت کاهش نیروی کار در بخش کشاورزی و افزایش اشتغال در بخش صنعت و خدمات توسعه سیستم‌های با نیاز کارگری کم حسن ولی در کشورهایی مانند ایران که میزان اشتغال در بخش کشاورزی قابل ملاحظه می‌باشد، عیب به شمار می‌رود. هر چند مثال‌های فوق نسبی بوده و در همه موارد صادق نمی‌باشد، لیکن نشان دهنده پیچیدگی انتخاب سیستم آبیاری مناسب جهت نیل به کشاورزی پایدار می‌باشند. از این رو مدلی که بتواند تمامی ابعاد انتخاب سیستم آبیاری و برهم‌کنش سناریوهای مختلف توسعه را متناسب با شرایط اقلیمی شبیه‌سازی کند و با آن مدل بتوان راهکارهای طراحی و مدیریتی مختلف را سنجید می‌تواند کمک زیادی به حل مسایل این بخش کند. روش پویایی سیستم‌ها در زمینه مدل‌سازی پیچیدگی‌های سیستم‌های منابع آب قابلیت خوبی دارد. در سال‌های اخیرمطالعات زیادی در زمینه پویایی سیستم‌ها از جمله در زمینه مدیریت یکپارچه منابع آب (Zarghami and Akbariyeh, 2012)، مدیریت عرضه و تقاضای منابع آب (Bhatkoti et al., 2011، Goldani *et al,*. 2011 و Adeniran *et al*., 2010)، تخصیص منابع آب (Li *et al*., 2009)، بهینه‌سازی درجه تصفیه فاضلاب شهری (Nasiri *et al*., 2013)، شیرین‌سازی آب دریا (Udono and Sitte, 2008)، مدیریت کم‌آبی (Masike, 2011)، توسعه سیاست‌گذاری مالی خودکفا در مدیریت سیستم‌های آب و فاضلاب (Rehan *et al.,* 2011) انجام شده است. همانطور که اشاره شد، هر چند در حوزه ارزیابی سیستم‌های آبیاری مطالعات متعددی انجام شده است. لیکن اغلب این مطالعات در سطح مزرعه انجام شده و به یک موضوع خاص (ارزیابی اقتصادی، راندمان و ...) پرداخته و اندازه‌گیری راندمان واقعی سیستم‌ها مد نظر قرار نگرفته است. هدف از این مطالعه بررسی اثرات توسعه سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار با لحاظ مجموعه عوامل مهم مدیریتی (اقتصادی، زیست محیطی و ...) در کنار هم و به شکل یک سیستم یکپارچه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی ورامین در جنوب شرقی تهران واقع شده است و دارای مساحت ۱۵۸٤کیلومترمربع است. مهمترین منبع آب تامین نیاز کشاورزی منطقه رودخانه جاجرود می‌باشد. علاوه بر دریافت رودخانه جاجرود از بالادست محدوده مطالعاتی، زهکش‌های مسیل‌های تهران که عموماً از طریق کانال پیروزی جمع‌آوری می‌گردد و همچنین رودخانه کن به این محدوده مطالعاتی تخلیه می‌گردد. این محدوده مطالعاتی از یک آبخوان آبرفتی با وسعت ۱۰۷۵ کیلومترمربع که کلیه گستره دشت را فرا گرفته، تشکیل گردیده است. وسعت ارتفاعات این محدوده مطالعاتی ۵۰۹کیلومتر مربع می‌باشد. در دشت ورامین جمع مصارف سالانه آب حدود ۷۰۹/۳۵ میلیون متر مکعب است که ۳۵ درصد آن (۲۵۰/٤۷ میلیون متر مکعب) از جریانهای سطحی و چشمه‌های ارتفاعات تامین می شود و ٦۵ درصد بقیه (٤۵۸/۸۸ میلیون متر مکعب) از منابع آب زیرزمینی شامل چاه، قنات و چشمه‌های آبرفتی می‌باشد. ۸۷/۲ درصد منابع آب منطقه به مصرف کشاورزی، ۹/۸۵ درصد به مصرف شرب و ۲/۹۵ درصد به مصرف صنعت می‌رسد. در جدول (۱) خلاصه‌ای از مشخصات دشت ورامین ارائه شده است. در سال ۱۳۸۵ سال شروع شبیه‌سازی‌ها جمعیت ساکن در دشت ۸۲۲۸٦٦ نفر، کل اراضی مورد آبیاری ۵۳٤٦۸ هکتار، سهم بخش کشاورزی از مصرف آب دشت حدود

۸۷ درصد و حجم استاتیک آبخوان ٤۰۰۰ میلیون مترمکعب می‌باشد.

جدول ۱. برخی از مشخصات منطقه مورد مطالعه

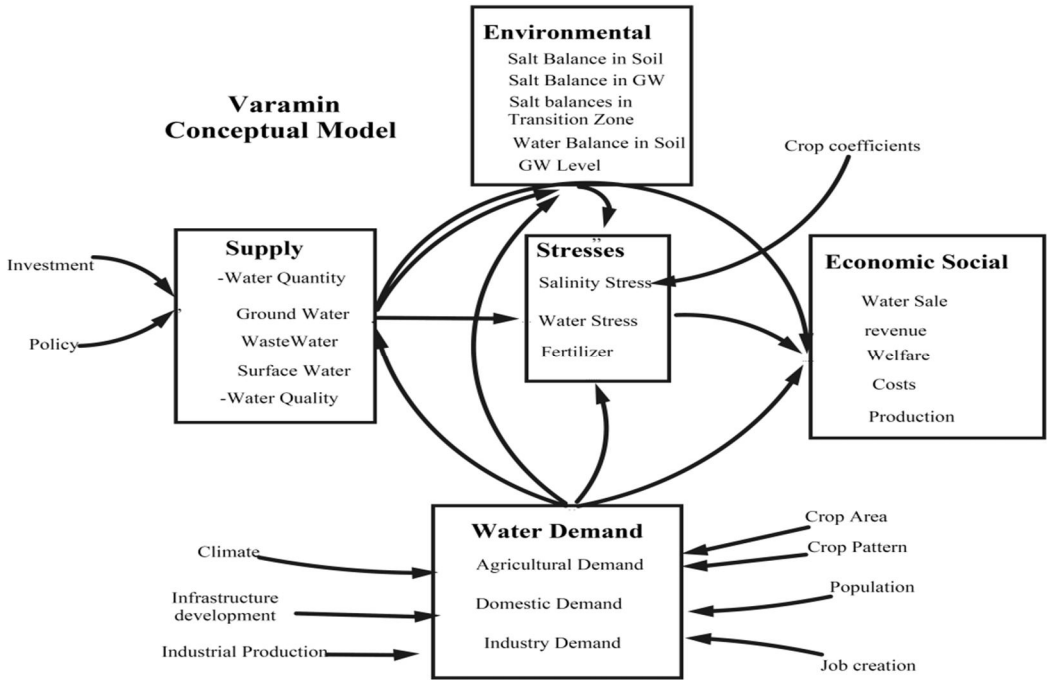
عنوان	مقدار	واحد	عنوان	مقدار	واحد
جمعیت منطقه (۱۳۸۵)	۸۲۲۸٦٦	نفر	سهم کشاورزی از مصرف آب	۸۷/۲	٪
متوسط دما	۱۷/٤	سانتیگراد	کل اراضی کشاورزی	٥۳٤٦۸	هکتار
متوسط بارندگی ارتفاعات	۲٥۲.۳	میلی‌متر	عمق آب زیرزمینی	۳-۱٥۰	متر
متوسط بارندگی دشت	۱٦٤/۷	میلی‌متر	ضریب ذخیره آبخوان	٦	درصد
متوسط تبخیر ارتفاعات	۲٤۳٦/۸	میلی‌متر	آب زیرزمینی تجدیدپذیر	۳۸۱	م.م.م
متوسط تبخیر دشت	۲٥٥٤	میلی‌متر	حجم استاتیک آبخوان	٤۰۰۰	م.م.م

تعریف مسئله و سناریوهای مختلف

در سال ۱۳۸٥ نیاز آبی ناخالص الگوی کشت وضع موجود حدود ٦۹۰ میلیون مترمکعب و مصارف واقعی آب کشاورزی حدود ٦۲۰ میلیون مترمکعب (۹۰ درصد تامین نیاز) بوده که ۳٦۸ میلیون مترمکعب آن از طریق آب زیرزمینی و ۲٥۲ میلیون مترمکعب آن از طریق آبهای سطحی تامین شده است. در سال‌های اخیر عرضه آب سد لتیان به کشاورزی دشت ورامین به سبب تامین آب تهران و خشکسالی‌های اخیر به کمتر از نصف (میانگین ٦۸/۸ میلیون مترمکعب) کاهش یافته است. از طرف دیگر کمبود منابع آب سطحی باعث فشار مضاعف به منابع آب زیرزمینی دشت شده است. با بررسی اطلاعات آبخوان ورامین مشخص شد که از سال ۱۳۷٤ تاکنون بطور متوسط سالانه حدود ۱/۸ متر سطح آب زیرزمینی افت نموده و سالانه حدود ۱۰٤ میلیون کسری حجم مخزن وجود داشته است. این امر منجر به کاهش ضخامت لایه آبدار و حجم استاتیک آبخوان به ترتیب از حدود ۸۰ متر و از ٥/٥ میلیارد مترمکب در سال ۱۳٦۷ به ٤٥ متر و ٤/٥ میلیارد مترمکعب در سال ۱۳۹۱ شده است. بنابراین با توجه به مباحث مطرح شده می‌توان بیان داشت که مهمترین مسئله دشت ورامین تامین مطمئن آب دشت می‌باشد. همانطور که پیشتر اشاره شده بالا بودن راندمان آبیاری در سطح مزرعه لزوماً به معنای صرفه‌جویی بیشتر نمی‌باشد. در این مطالعه با لحاظ راندمان واقعی آبیاری در سطح محدوده مطالعاتی ورامین اثرات توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. سناریوهای مورد ارزیابی شامل **سناریو یک:** شرایط موجود، **سناریو دو:** افزایش ۱۰ درصدی سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار بدون افزایش سطح و **سناریو سه:** افزایش ۱۰ درصدی سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار با افزایش سطح می‌باشد. در بخش مسائل اقتصادی دو سناریوی ارائه تسهیلات ۸٥ درصدی و حذف تسهیلات مد نظر قرار گرفته است. از آنجا که هزینه‌ای استحصال آب در منابع آب زیرزمینی و سطحی متفاوت می‌باشد، کلیه تجزیه و تحلیل‌ها به تفکیک منبع آب انجام شده است.

تدوین مدل مفهومی

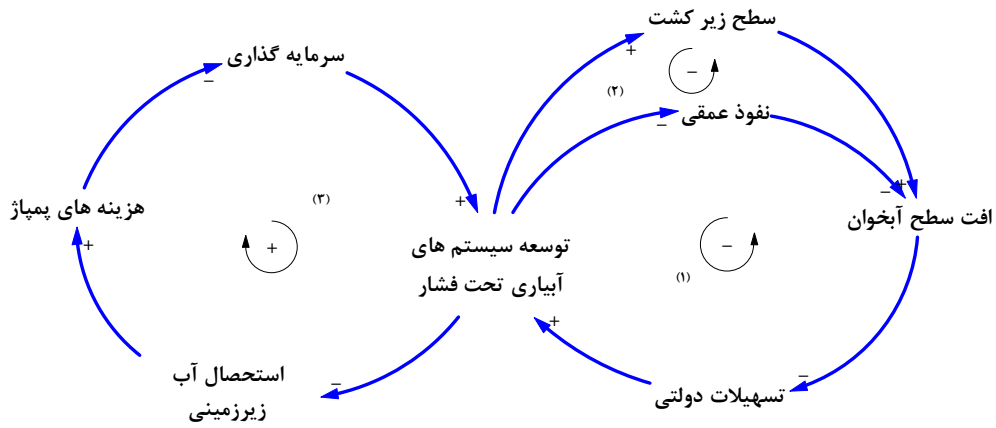
چارچوب کلی مدل مفهومی و برخی از متغیرهای کلیدی مدل در شکل (۱) ارائه شده است. زیرمدل‌های مدل شامل تقاضای آب (کشاورزی، صنعت و شرب)، عرضه آب، تنش‌های محیطی (تنش‌های شوری و کم‌آبی)، اقتصاد آب (هزینه‌های انرژی، هزینه‌های سرمایه‌گذاری، کف شکنی چاه‌ها، درآمد و ...) و محیط‌زیست (بیلان آب و نمک در خاک و آب زیرزمینی) می‌باشد.



شکل ۱. مدل مفهومی استفاده از منابع آب دشت ورامین

تبیین فرضیه‌های دینامیکی (رفتار متغیرهای کلیدی) و شبیه‌سازی (فرموله کردن فرضیه‌های دینامیکی)

در این مرحله اثرات مثبت و منفی متغیرهای کلیدی در قالب تعیین روابط علی معلولی و بازخوردها تعیین شد. در شکل ۲ یک نمونه ساده از حلقه‌های علی و معلولی به تصویر کشیده شده است. حلقه اول و دوم حلقه علی معلولی منفی یا تعادلی می‌باشند. با افزایش تسهیلات دولتی سطح تحت پوشش سیستم‌های آبیاری توسعه می‌یابد، با توسعه سیستم‌های آبیاری سطح زیر کشت افزایش می‌یابد، با افزایش سطح زیر کشت افت آبخوان افزایش می‌یابد، با افزایش افت آبخوان میزان تسهیلات دولتی کاهش پیدا خواهد کرد. در حلقه سوم که یک حلقه علی معلولی مثبت است با توسعه آبیاری تحت‌فشار، استحصال آب زیرزمینی کاهش می‌یابد، با افزایش استحصال آب زیرزمینی هزینه‌های پمپاژ افزایش می‌یابد، با افزایش هزینه‌های پمپاژ میزان سرمایه‌گذاری کاهش می‌یابد و در نهایت با افزایش سرمایه‌گذاری سطح سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار افزایش می‌یابد.



شکل ۲. نمونه‌ای از حلقه‌های علی و معلولی در آبیاری تحت‌فشار

در مرحله بعد (شبیه‌سازی) روابط بین متغیرها (متغیرهای کلیدی و متغیرهای کمکی) و مقادیر متغیرها (متغیرهای ثابت) تعیین می‌گردد. افق برنامه شبیه‌سازی ۳۵ ساله و واحد گام زمانی مورد استفاده در مدل ۱۰ روزه می‌باشد. تقاضای آب در بخش کشاورزی با توجه به نیاز آبی خالص الگوی کشت، سناریوهای الگوی کشت، ضرایب تنش آبی (Ks)، راندمان آبیاری (راندمان کاربرد وابسته به نوع خاک و سیستم آبیاری، راندمان انتقال و راندمان توزیع وابسته به نوع منبع آب) محاسبه شد. برای تخمین عملکرد در سناریوهای مختلف از رابطه دورنباس و کسام (۱۹۷۹) استفاده شد.

مدل قابلیت فراخوانی اطلاعات مربوط به اقلیم (شامل بارندگی، ET0 و دما)، عرضه آب (سدها، منابع آب زیرزمینی)، هیدرولوژی (خصوصیات فیزیوگرافی حوضه رودخانه و مسیل‌ها، CN، سطح آب زیرزمینی)، خصوصیات خاکشناسی (شوری عصاره اشباع، بافت خاک)، ضرایب گیاهی الگوی کشت (Kc، Ky)، سطح زیرکشت و هزینه‌های کاشت، داشت برداشت در سناریوهای مختلف را دارا می‌باشد. برای شبیه‌سازی تغییرات سطح و حجم آبخوان از معادله بقاء جرم (رابطه ۱) استفاده شد:

$$Qin + QP + QI + QSW + QR + QA - (QW + QEg + Qd + Qout) = \Delta V \qquad (۱)$$

که در آن Qin:جریان زیرزمینی ورودی جانبی از سمت ارتفاعات و یا دشت بالادست، QP: تغذیه آبخوان از نفوذ بارش بر سطح دشت، QI: تغذیه آبخوان از آب‌های نفوذی کشاورزی، QSW: تغذیه از پساب آب مصرفی شرب و صنعت (عمدتاً از طریق چاه‌های جذبی)، QR: تغذیه از جریان‌های سطحی یا رودخانه‌ها، QAمیزان تغذیه مصنوعی، QW: مصارف آب زیرزمینی، QEg: تبخیر از آب زیرزمینی، Qd، زهکشی از آبخوان، Qout، جریان زیرزمینی خروجی از آبخوان وΔV : تغییر ذخیره ثابت آبخوان می‌باشد. در نهایت حجم و ارتفاع دینامیک آبخوان از روابط (۲) و (۳) محاسبه گردید.

$$V(t+dt) = V(t) + \Delta V(dt) \qquad (۲)$$

$$H(t+dt) = H(t) + \frac{\Delta V(dt)}{dV/dH} \qquad (۳)$$

که در آن $H(t+dt)$: سطح آب زیرزمینی در زمان $(t+dt)$ و dV/dH: تغییر حجم آبخوان به علت افت یک متر سطح آب زیرزمینی می‌باشد. dV/dH برای آبخوان ورامین با استفاده از آبنمود دشت ۸۵/۸ میلیون مترمکعب محاسبه شد.

برای محاسبه تجمع املاح در خاک، گیاهان زراعی و آب زیرزمینی در مدل از معادله توازن جرم در سطح خاک، منطقه انتقالی (غیر اشباع) و آب زیرزمینی (رابطه ٤) استفاده شد.

$$C_i W_i - C_d W_d - M_{hc} + PC_p - M_{sd} + M_{is} + M_{fer} + M_R - M_{dp} = \Delta S \qquad (٤)$$

که در آن Ci: غلظت آب آبیاری وابسته به منابع آب مصرفی (mg/lit)، Wi: مقدار آب آبیاری (m^3/ha)، Cd: غلظت آب نفوذ عمقی (mg/lit)، Wd: مقدار نفوذ عمقی(m^3/ha)، Mhc: مقدار نمک جذب شده به وسیله گیاهان (kg/ha)، Cp: غلظت بارندگی(mg/lit)، P: مقدار بارندگی موثر (m^3/ha)، MSd: مقدار نمک رسوب شونده در خاک (kg/ha)، Mis مقدار اولیه نمک در خاک(kg/ha)، Mpre: مقدار نمک شستشو شده در اثر

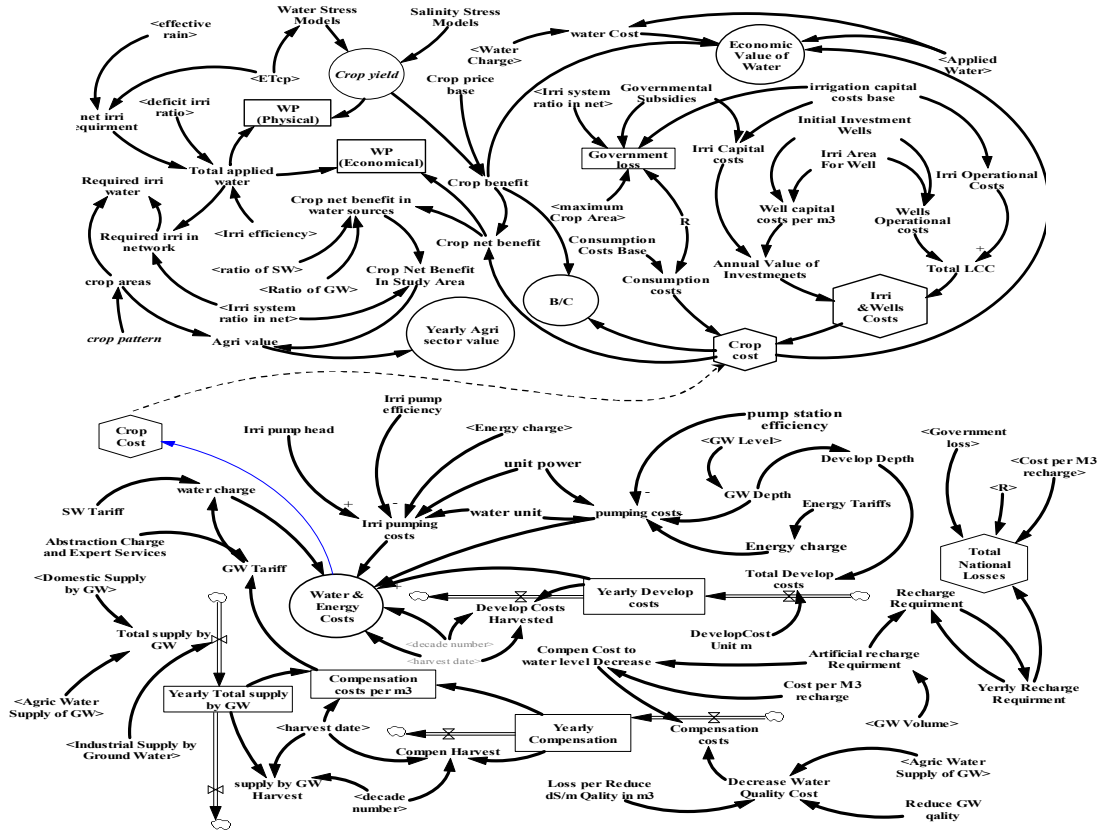
رواناب (kg/ha)، Mfer: مقدار نمک اضافه شده از طریق کودها و سایر افزودنی‌ها (kg/ha)، MR: مقدار نمکی که از طریق رواناب شسته می‌شود (kg/ha) و ΔS تغییرات املاح خاک (kg/ha) می‌باشد. شوری اولیه خاک، شوری زهکشی و شوری خاک در زمان t با استفاده از روابط (۵)، (٦) و (۷) محاسبه گردید (Ayars et al, 2012).

$$\mathrm{Mis} = 0.64 \times \mathrm{ECe} \times (\frac{\theta_S \times D_r}{100}) \times 10000 \quad (۵)$$

$$Cp = f C_{FC} + (1-f)Ci = 2f C_e + (1-f)Ci \quad (٦)$$

$$Mis(t+dt) = Mis(t) + \Delta S \times dt \Rightarrow C_e(t+dt) = \frac{Mis(t) + \Delta S \times dt}{(\frac{\theta_S \times D_r}{100}) \times 10000} \quad (۷)$$

که در آن θ_S: رطوبت خاک در حالت اشباع، Dr: عمق توسعه ریشه (متر) و Ce: شوری عصاره اشباع (mg/lit)، ECe: هدایت الکتریکی عصاره اشباع (dS/m)، Mis: شوری اولیه خاک (kg/ha)، $C_e(t+dt)$ غلظت عصاره اشباع خاک در زمان t+dt (mg/lit) و Cp غلظت آب نفوذ عمقی (mg/lit) می‌باشد. به همین ترتیب برای بررسی تغییرات املاح در منطقه انتقالی و منطقه اشباع (آب زیرزمینی) از قانون توازن جرم استفاده شد. ساختار حالت جریان – حالت (Stock- Flow) زیرمدل اقتصادی در شکل ۳ ارائه شده است. در بخش اقتصادی نرخ بهره ۱٤ درصد، طول عمر سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار ۱۵ سال در نظر گرفته شد. هزینه‌های جبرانی آبخوان شامل هزینه جبران افت کمی و کیفی آبخوان به ترتیب استفاده از قیمت تمام شده تغذیه مصنوعی و شیرین‌سازی آب در دشت ورامین محاسبه شد. هزینه‌های کف شکنی با استفاده از افت سطح آبخوان و فهرست‌بهای سال ۱۳۹۲ محاسبه شد.

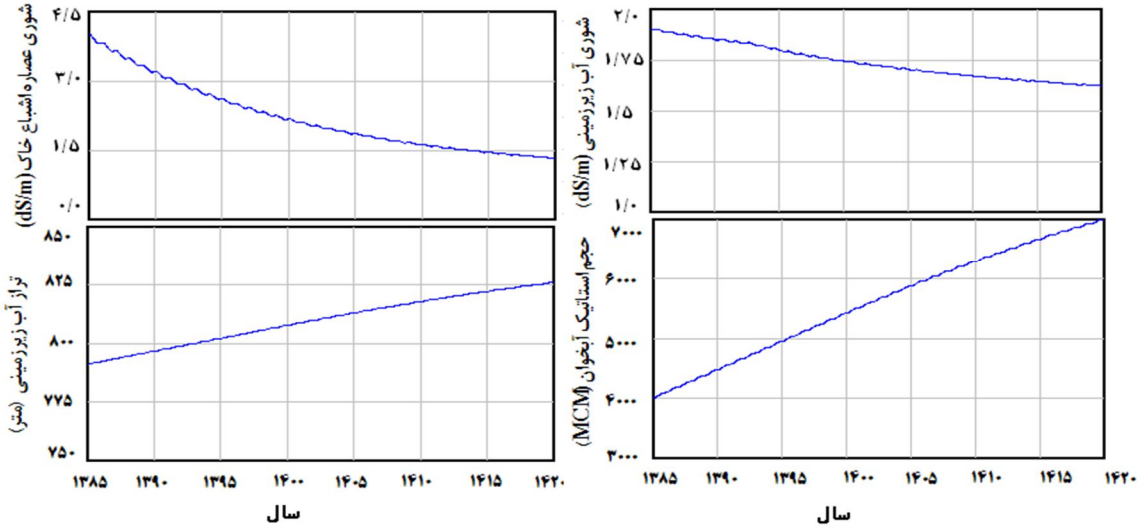


شکل ۳. خلاصه ساختار حالت- جریان (Stock- Flow) زیرمدل اقتصادی

نتایج و بحث

صحت سنجی مدل

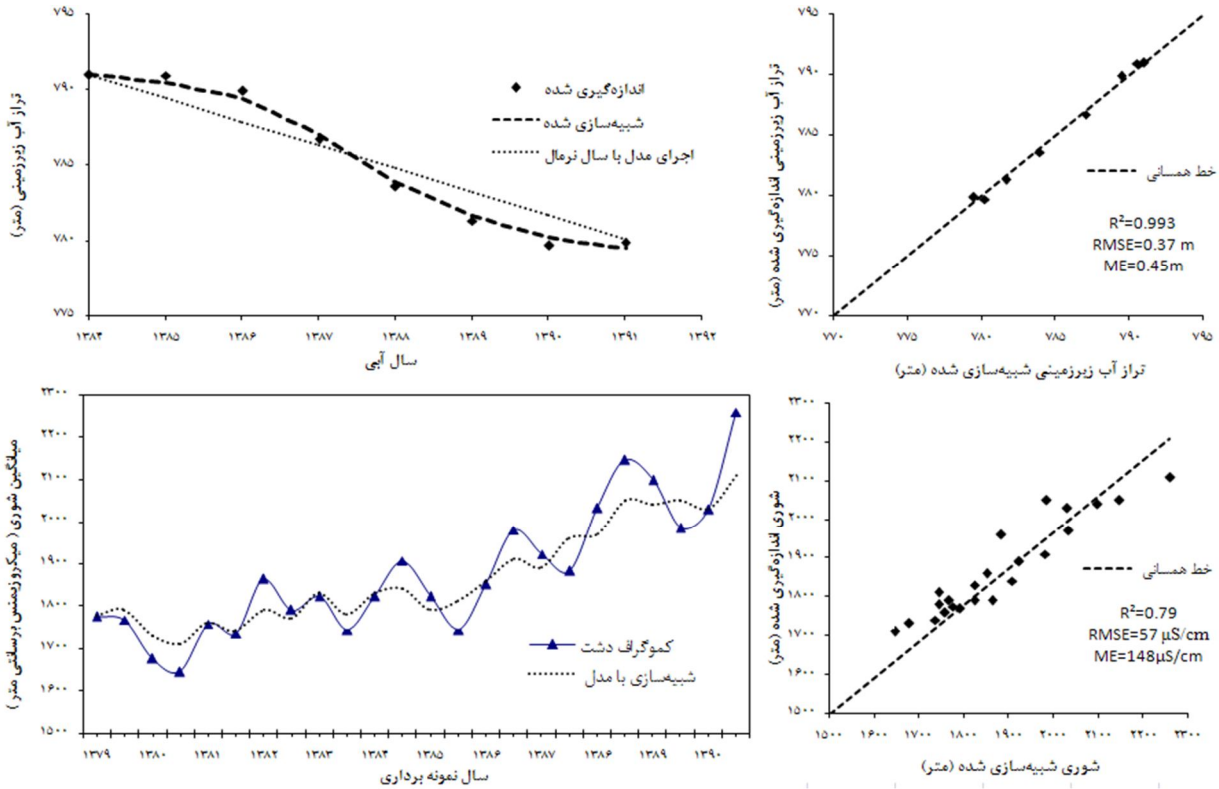
صحت‌سنجی مدل از دو طریق آزمون ساختار غیرمستقیم و صحت‌سنجی با اطلاعات مشاهده‌ای موجود انجام گرفت. آزمون‌های صحت‌سنجی ساختاری غیرمستقیم شامل اجرای تخصصی مدل بوده و می‌تواند عیب‌های مدل را غیرمستقیم مشخص نماید (Saysel and Barlas,2006). در این مقاله آزمون ساختاری مدل برای تک تک زیرمدل‌ها و برای کل مدل به صورت جداگانه از طریق آزمون ساختاری غیرمستقیم (آزمون رفتار ساختارگرا) که به اصطلاح واقعیت مصنوعی نامیده می‌شود، انجام گرفت. در شکل (٤) رفتار متغیرهای کلیدی شوری خاک، شوری آب زیرزمینی، سطح آب زیرزمینی و حجم استاتیک آبخوان در حالت بدون آبیاری (شرایط حدی) ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که در صورت عدم آبیاری، شوری خاک طی ۳۵ سال به علت آبشویی توسط بارندگی از حدود ٤ به ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر خواهد رسید. شوری آب زیرزمینی به مدت ۵ سال اندکی افزایش (به علت آبشویی نمک‌های سطحی خاک) و سپس کاهش خواهد یافت. روند کاهش شوری آب زیرزمینی بسیار کم بوده به طوری که طی ۳۵ سال، شوری آب زیرزمینی از ۱/۹ به حدود ۱/٦ دسی‌زیمنس بر متر خواهد رسید. مهمترین دلیل عدم کاهش شوری آب زیرزمینی ورود املاح موجود در بطن خاک می‌باشد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که سطح آب زیرزمینی طی ۳۵ حدود ٤۰ متر افزایش پیدا کرده و حجم مخزن نیز از ٤۰۰۰ مترمکعب به ٦٦۵۰ میلیون مترمکعب خواهد رسید. این ارقام تقریبا معادل سطح آب زیرزمینی و حجم استاتیک آبخوان در سال ۱۳۵۰ (۳۵ سال گذشته منتهی به ۱۳۸۵) بوده که نشان از صحت مدل می‌باشد.



شکل ٤. کمیت و کیفیت آب مصرفی دشت ورامین در شرایط حدی بدون آبیاری

همچنین در بخش صحت‌سنجی با اطلاعات مشاهده‌ای (شکل ۵)، نتایج نشان دهنده توانایی مدل در برآورد سطح آب زیرزمینی (RMSE برابر ۳۷ سانتیمتر، R^2 برابر ۰/۹۹ و ماکزیمم خطای ٤۵ سانتیمتر) و شوری آب زیرزمینی (RMSE برابر ۵۷ میکروزیمنس بر سانتیمتر، R^2 برابر ۰/۷۹ و ماکزیمم خطای ۱٤۸ میکروزیمنس بر سانتیمتر) می‌باشد. ماکزیمم خطای مدل در برآورد سطح آب زیرزمینی مربوط به سال ۸۷-۱۳۸٦ می‌باشد. در این سال به علت خشکسالی شدید، اطلاعات

دقیقی از میزان برداشت آب‌های زیرزمینی غیر مجاز وجود نداشت.



شکل ۵. مقایسه سطح افت تجمعی سطح آب زیرزمینی اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده طی سال‌های ۸۵-۸۴ تا ۹۱-۹۰

تحلیل استفاده از سیستم آبیاری تحت‌فشار در سطح مزارع

در جدول ۲ نتایج پیش‌بینی نسبت سود به هزینه استفاده از آبیاری تحت‌فشار برای گندم و گوجه‌فرنگی تحت سناریوهای مختلف تعرفه آب و انرژی ارائه شده است. بر این اساس در صورت عدم تغییر قیمت حامل‌های انرژی استفاده از سیستم آبیاری بارانی در سطح مزرعه برای محصولاتی مانند گندم در صورت استفاده از منابع آب سطحی (در هر دو سناریوی ارائه تسهیلات ۸۵ درصدی و حذف تسهیلات) باعث کاهش نسبت درآمد به هزینه می‌شود. در حالیکه در صورت استفاده از منابع آب زیرزمینی با ارائه تسهیلات دولتی می‌توان نسبت درآمد به هزینه را افزایش داد. استفاده از آبیاری تحت‌فشار (Tape) در آبیاری محصولات با نیاز آبی و ارزش اقتصادی بالا مانند گوجه‌فرنگی در همه سناریوها (هر دو منبع آب، هر دو سناریوی اعمال تسهیلات و هر سه سناریوی قیمت حامل‌ها) باعث افزایش درآمد به هزینه می‌شود. با افزایش قیمت آب توجیح‌پذیری استفاده از سیستم‌های تحت‌فشار افزایش پیدا می‌کند. نکته قابل تامل در جدول ۲ افزایش نسبت سود به هزینه سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار در منابع آب زیرزمینی می‌باشد. به عبارت بهتر در صورت استفاده از منابع آب زیرزمینی توسعه سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار دارای توجیح بیشتری نسبت به منابع آب سطحی می‌باشد.

جدول ۲. نسبت سود به هزینه استفاده از آبیاری تحت‌فشار برای گندم و گوجه‌فرنگی تحت سناریوهای مختلف تعرفه آب و انرژی

سناریو	محصول	منابع آب زیرزمینی			منابع آب سطحی		
		تحت‌فشار		آبیاری سطحی	تحت‌فشار		آبیاری سطحی
		حذف تسهیلات	تسهیلات ۸۵ درصد		حذف تسهیلات	تسهیلات ۸۵ درصد	
عدم تغییر قیمت آب و انرژی	گندم	۱/۰۳۹	۱/۳۰۶	۱/۲۷۵	۱/۲۹۲	۱/۷۳۱	۱/۹۲۸
	گوجه‌فرنگی*	٤/۷۹۱	٥/۰۸٤	۳/۷۸۰	٤/۹٤۰	٥/۲۷۸	٤/٤۸۲
تغییر ۲ برابری قیمت آب و انرژی + دریافت حق النظاره و هزینه جبران افت آبخوان	گندم	۱/۰۱۳	۱/۲٦٥	۰/۹٥۳	۱/۲٤۲	۱/٦٤۳	۱/۷۹۳
	گوجه‌فرنگی	٤/۷۲۳	٥/۰۰۷	۳/۲٦۲	٤/۸٤٤	٥/۱٦۹	٤/۳٦۲
قیمت ۱۰۰ تومانی برای آب + دریافت حق النظاره و هزینه جبرانی و ۵۰ تومانی انرژی	گندم	۰/۹٥٥	۱/۱۷٥	۰/۸۹۹	۱/۰۹٤	۱/۳۹٤	۱/٤٤٦
	گوجه‌فرنگی	٤/٥٦٥	٤/۸۳۰	۳/۱٦۰	٤/٥۳۲	٤/۸۱٤	۳/۹۹۷

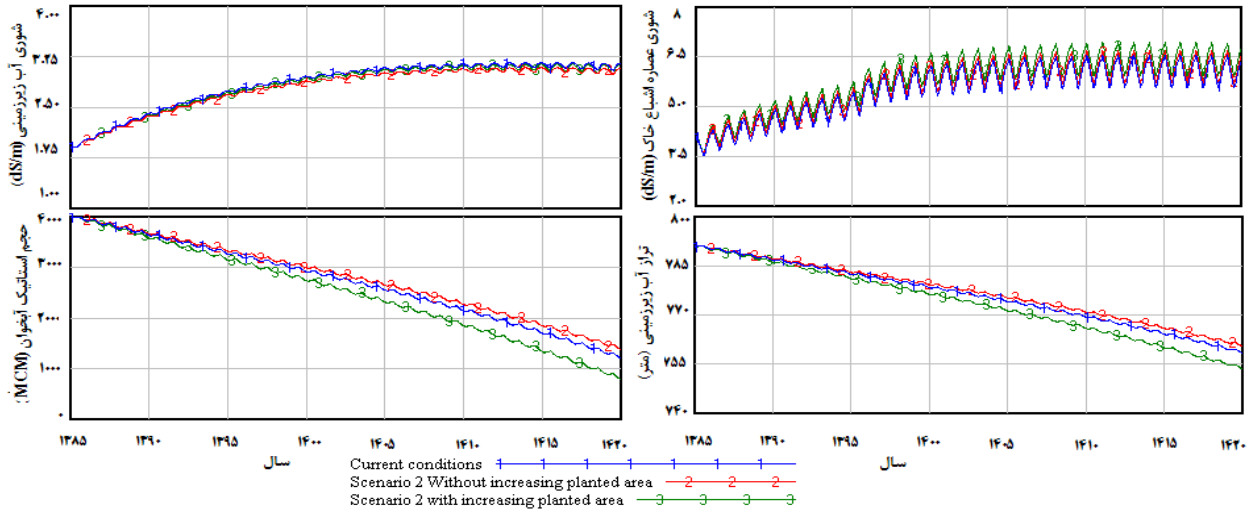
*- آبیاری گوجه‌فرنگی با آبیاری Tape صورت گرفته است.

تحلیل استفاده از سیستم آبیاری بارانی در سطح حوضه آبریز

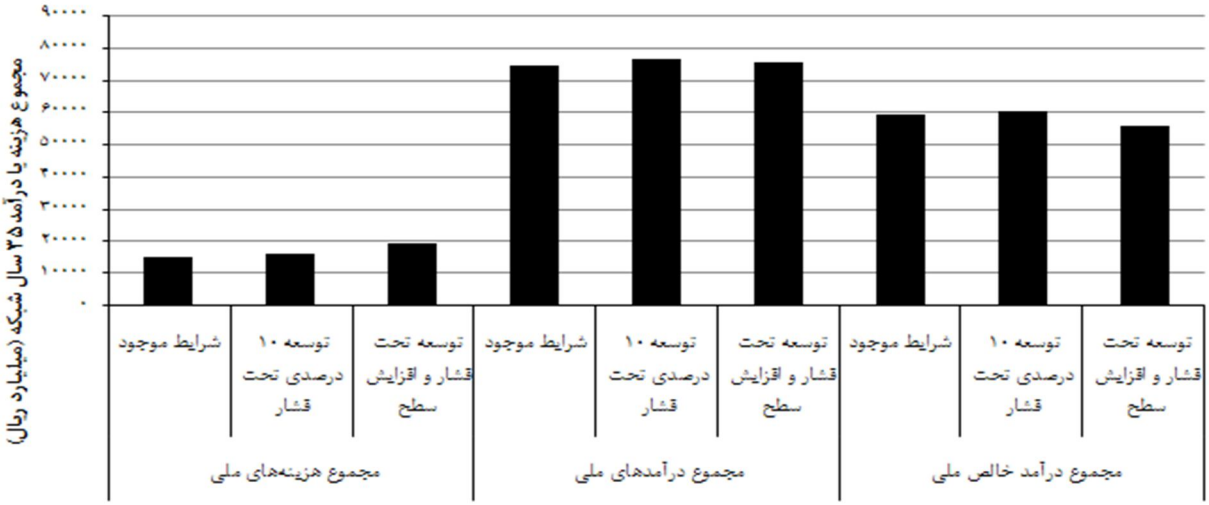
در شکل ٦ اثرات توسعه سیستم‌های آبیاری بارانی بر منابع آب و خاک دشت ورامین ارائه شده است. سناریوهای مورد ارزیابی عبارت از شرایط موجود، توسعه ۱۰ درصد (٥٤۰۰ هکتار) آبیاری بارانی بدون افزایش سطح کشت به علت آب ذخیره شده و توسعه ۱۰ درصد آبیاری بارانی با افزایش سطح کشت (۱٦۲۰ هکتار) به علت آب ذخیره شده می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که در صورت توسعه ۱۰ درصدی سیستم‌های آبیاری تحت فشار (۵۰ درصد از منابع آب سطحی و ۵۰ درصد از منابع آب زیرزمینی) بدون افزایش سطح کشت وضعیت آب زیرزمینی اندکی بهبود پیدا خواهد کرد. لیکن در صورت افزایش سطح کشت افت سطح آب زیرزمینی تشدید شده و حجم مخزن آبخوان سالانه حدود ۱۵ میلیون مترمکعب نسبت به شرایط موجود افت پیدا خواهد کرد. مهمترین دلایل این مهم را می‌توان در کاهش نفوذ عمقی سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار جستجو نمود. هر چند در سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار راندمان کلی آبیاری در سطح مزرعه بیشتر از آبیاری سطحی می‌باشد لیکن در سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد آب ناخالص مصرفی به صورت تلفات تبخیر و بادبردگی از دسترس گیاه خارج می‌گردد. در صورتیکی بخشی از مهمی تلفات سیستم‌های آبیاری سطحی به ویژه در کرتی (سیستم رایج در ورامین) به منابع آب زیرزمینی برگشت داده شده و با صرف هزینه‌های پمپاژ قابلیت استفاده مجدد را دارا می‌باشد. بنابراین نتایج ارائه شده توسط مدل مشتمل بر تمامی فعل و انفعالات آب می‌باشد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که توسعه سیستم‌های آبیاری بارانی وضعیت کیفی آب زیرزمینی را اندکی بهبود و کیفیت خاک را اندکی تقلیل می‌دهد.

همچنین در شکل ۷ اثرات اقتصادی توسعه سیستم‌های آبیاری بارانی دشت ورامین ارائه شده است. هزینه‌های ملی مجموع هزینه‌های تسهیلات دولتی توسعه سیستم‌های آبیاری و هزینه‌های ملی ناشی از افت کمی و کیفی آب زیرزمینی می‌باشد. هزینه‌های ناشی از جبران کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی با استفاده از هزینه تمام شده هر مترمکعب تغذیه مصنوعی و شیرین‌سازی آب محاسبه گردید. نتایج نشان داد که توسعه سیستم‌های آبیاری بارانی در صورت عدم افزایش سطح کشت باعث افزایش درآمدهای ملی ولی توسعه سیستم‌های آبیاری بارانی به همراه توسعه سطح کشت منجر به کاهش

درآمدهای ناخالص ملی می‌گردد. بنابراین تسهیلات توسعه سیستم‌های آبیاری بارانی فقط به شرط حفظ سطح کشت و کاهش مصرف آب به پایداری کشاورزی مملکت کمک می‌نماید. در غیر این صورت دولت با کمک مالی به کشاورزان موجبات نابودی منابع آب زیرزمینی کشور را فراهم می‌نماید.



شکل ٦. اثرات توسعه سستم‌های آبیاری بارانی بر منابع آب و خاک دشت ورامین

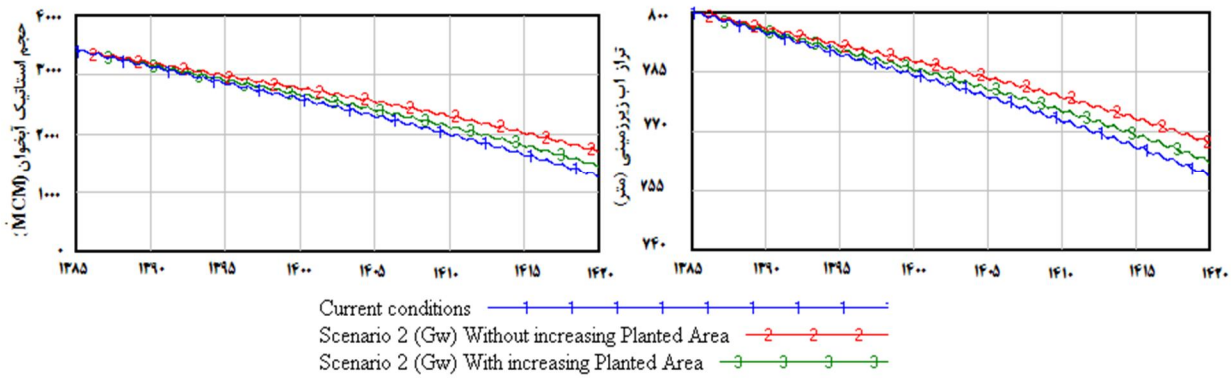


شکل ۷. تحلیل اقتصادی اثرات توسعه یسستم‌های آبیاری بارانی بر منابع آب و خاک دشت ورامین

تحلیل استفاده از سیستم آبیاری بارانی در منابع آب زیرزمینی

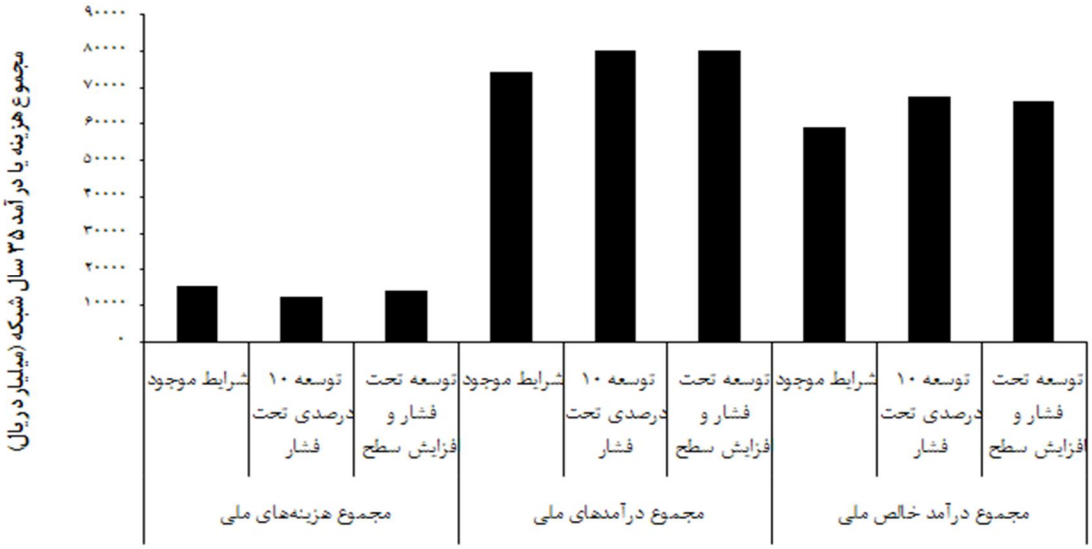
همانطور که نتایج قسمت قبل نشان داد توسعه سیستم‌های آبیاری بارانی در مزارعی که از آب زیرزمینی استفاده شده است، دارای توجیح‌پذیری بیشتری نسبت به منابع آب سطحی می‌باشد. در شکل ۸ اثرات توسعه سیستم‌های آبیاری بارانی بر منابع آب و خاک دشت ورامین در صورت استفاده از آب زیرزمینی ارائه شده است. سناریوهای مورد ارزیابی عبارت از شرایط موجود، توسعه ۱۰ درصد (٥٤٠٠ هکتار) آبیاری بارانی بدون افزایش سطح کشت به علت آب ذخیره شده و توسعه ۱۰ درصد آبیاری بارانی با افزایش سطح کشت (١٦٢٠ هکتار) به علت آب ذخیره شده می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که در صورت توسعه ۱۰ درصدی سیستم‌های آبیاری تحت

فشار در اراضی‌ای که از آب زیرزمینی استفاده می‌کنند در هر دو شرایط بدون افزایش سطح کشت و با افزایش سطح کشت (۲۰ درصد افزایش سطح کشت) وضعیت کمی آب زیرزمینی بهبود خواهد یافت. لیکن بهبود وضعیت کمی آبخوان در شرایط عدم افزایش سطح کشت بیشتر خواهد بود.



شکل ۸. اثرات توسعه سیستم‌های آبیاری بارانی (در صورت استفاده از آب زیرزمینی) بر منابع آب و خاک دشت ورامین

همچنین در شکل ۹ اثرات اقتصادی توسعه سیستم‌های آبیاری بارانی دشت ورامین در صورت استفاده از منابع آب زیرزمینی ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که توسعه سیستم‌های آبیاری بارانی در هر دو سناریوی افزایش یا عدم افزایش سطح کشت باعث افزایش درآمدهای ناخالص ملی می‌گردد. بنابراین به نظر می‌رسد برای دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار، ارائه تسهیلات توسعه سیستم‌های آبیاری بارانی بهتر است فقط به بهره‌برداران آب زیرزمینی و سیستم‌های آبیاری تیپ ارائه شود.



شکل ۹. اثرات اقتصادی توسعه سیستم‌های آبیاری بارانی دشت ورامین در صورت استفاده از منابع آب زیرزمینی

نتیجه‌گیری

در این تحقیق اثرات توسعه سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار بر پایداری کشاورزی دشت ورامین و اثر مشوق‌های دولتی بر توسعه این سیستم‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که توسعه نامتوازن و بدون برنامه سیستم‌های آبیاری تحت‌فشار نه تنها باعث صرفه‌جویی در مصرف آب نشده بلکه منجر به تخریب آبخوان‌های آب زیرزمینی کشور خواهد شد. نتایج این تحقیق نشان داد که در صورت استفاده از منابع آب سطحی توسعه سیستم‌های بارانی به ویژه در محصولات با نیاز آبی و ارزش اقتصادی پایین توصیه نمی‌گردد. نتایج نشان داد که در صورت استفاده از منابع آب سطحی توسعه سیستم‌های آبیاری بارانی در صورت عدم افزایش سطح کشت باعث افزایش درآمدهای ملی ولی در صورت افزایش سطح کشت منجر به کاهش درآمدهای ناخالص ملی می‌گردد. در غیر این صورت دولت با کمک مالی به کشاورزان موجبات نابودی منابع آب زیرزمینی کشور را فراهم می‌نماید. در صورت توسعه ۱۰ درصدی سیستم‌های آبیاری تحت فشار در اراضی‌ای که از آب زیرزمینی استفاده می‌کنند در هر دو شرایط بدون افزایش سطح کشت و با افزایش سطح کشت (۲۰ درصد افزایش سطح کشت) وضعیت کمی آب زیرزمینی بهبود خواهد یافت. بنابراین ارائه تسهیلات توسعه سیستم‌های آبیاری بارانی فقط به شرط حفظ سطح کشت و کاهش مصرف آب به پایداری کشاورزی مملکت کمک می‌نماید. پیشنهاد می‌شود در تدوین سیاستگزاری‌های کلان توسعه سیستم‌های تحت‌فشار تجدیدنظر اساسی صورت گیرد. به این صورت که یک تیم کارشناسی مجرب همه سیستم‌های آبیاری موجود در سطح حوضه‌های آبریز کشور در قالب سیستم مدیریت یکپارچه منابع آب مورد ارزیابی قرار داده و بهترین سیستم‌های آبیاری (در صورت نیاز توسعه سیستم‌های بومی متناسب با شرایط ایران به عنوان مثال با تغییراتی در سیستم‌های آبیاری سنترپیوت و آبفشان غلطان می‌توان میزان تبخیر و بادبردگی را ۸۰ درصد کاهش داد) را متناسب با الگوی کشت و اقلیم حوضه تعیین و تسهیلات اعطایی بر حسب سیستم‌هایی که به پایداری کشاورزی کمک می‌نمایند اولویت‌بندی نمایند. به این صورت که اعطاء تسهیلات به بهره‌برداران آبهای زیرزمینی جهت توسعه آبیاری تحت‌فشار در اولویت اول، توسعه سیستم‌های آبیاری خرد (تیپ و قطره‌ای) به علت اینکه دارای کمترین تبخیر از سطح خاک می‌باشند در اولویت دوم، سیستم‌های آبیاری سطحی مکانیزه و سیستم‌های آبیاری بارانی نوین مانند LESA که تبخیر و بادبردگی در آنها حذف شده در اولویت سوم قرار گیرد.

فهرست منابع

آبابایی، ب.، سرائی تبریزی، م.، فرهادی بانسوله، ب.، سهرابی، ت.، میرزایی، ف. ۱۳۹۱. واسنجی مدل CERES-Barley با استفاده از روش مدل‌سازی معکوس تحت شرایط کم آبیاری. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۲ (۲): ۳۷-۴۸.

سپاسخواه، ع . ر. ۱۳۸۳. نگرشی دوباره بر پژوهش‌های بازده آبیاری در جمهوری اسلامی ایرا ن. مجموعه مقالات روش‌های پیشگری از اتلاف منابع ملی. تهران،۲۱-۱۹ خرداد ماه. صفحات ۶۲-۵۳.

سهراب، ف.، و عباسی، ف. ۱۳۸۸. ارزیابی بازده آبیاری در کشور و ارائه نقشه هم بازده آبیاری. مجموع مقالات دوازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۵ و ٦ اسفند ماه. صفحات ۲۹-٤٤.

قمرنیا، ه؛ فاریابی، ا؛ و معروف‌پور، ع. ۱۳۸۹. بررسی و ارزیابی سیستم های آبیاری بارانی کلاسیک ثابت دشت دهگلان کردستان. علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ١٤(٥٤):١-١٥.

ناصری، ا.، بابازاده، ح. و نخجوانی، س. ۱۳۹۰. انتخاب مناسب‌ترین دبی گسیلنده با تحلیل توزیع رطوبت از یک

گسیلنده نقطه‌ای. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۱ (۱): ۲۹-۴۲.

Adeniran, A.E., and Bamiro, A.O. (2010): A System Dynamic Strategic Planning Model for a Municipal Water Supply Scheme, the International Conference of the System Dynamics Society.

Akram Kahlown, M., Raoof , A., and Zubair, W.D. 2007. Water use efficiency and economic feasibility of growing rice and wheat with sprinkler irrigation in the Indus Basin of Pakistan Original Research Article Agricultural Water Management. 87 (3): 292- 298.

Arnold, L. R. 2011. Estimates of deep-percolation return flow beneath a flood- and a sprinkler-irrigated site in Weld County, Colorado, 2008-2009.

Bhatkoti, R. and Triantis, P.K. (2011): Quantitative Evaluation of the Performance of Water Management System in the Washington Metropolitan Area, The 29th International Conference of the System Dynamics Society

in Water Resource Management and Government Subsidy Policy: A Case Study of Tajan Basin in Tran, The 29th International Conference of the System Dynamics Society.

Li, Y.P., Huang, G.H and Chen, X. 2009. Multistage scenario-based intervalstochastic programming for planning water resources allocation. Stoch Environ Res Risk Assess 23:781–792

Masike, S. 2011. Application of system dynamic approach for water planning and decision making under water scarcity at Jwaneng diamond mine. Journal of Geography and Regional Planning. 4(5): 251-260.

Nasiri, F., Savage, T., Wang, R., Barawid, N and Zimmerman, J. B. 2013. A system dynamics approach for urban water reuse planning: a case study from the Great Lakes region. Journal of Stoch Environ Res Risk Assess. 27:675–691

Rehan, R., Knight, M.A, Haas, C.T and Unger, A.J.A. 2011. Application of system dynamics for developing financially self-sustaining management policies for water and wastewater systems. Water research 45: 4737 -4750.

Rogers, D. H. (1997). Efficiencies and water losses of irrigation systems. Cooperative Extension Service, Kansas State University.

Saysel, A and Barlas, Y. 2006. Model simplification and validation with indirect structure validity tests. System Dynamics Review 22(3): 241–262.

Sezen, S.M., Yazar, A., Kapur, B and Tekin, S. 2011. Comparison of drip and sprinkler irrigation strategies on sunflower seed and oil yield and quality under Mediterranean climatic conditions Original Research Article Agricultural Water Management. 98 (7): 1153-1161.

Stegman, E. C., et al. "Irrigation water management." Design and operation of farm irrigation systems. (1980): 763-816.

Udono, K., Sitte, R. 2008. Modeling seawater desalination powered by waste incineration using a dynamic systems approach. Journal of Desalination. 229:302–317.

Zarghami, M, Akbariyeh, S. 2012. System Dynamics Modeling for Complex Urban Water Systems: Application to the City of Tabriz, Iran. Resources, Conservation and Recycling, 60: 99-106.

Evans, R. G., LaRue, J., Stone, K. C., & King, B. A. 2013. Adoption of site-specific variable rate sprinkler irrigation systems. Irrigation Science, 31(4), 871-887.

ISSN 2251-7480

Assessing pressurized irrigation systems development scenarios on groundwater resources using system dynamics modeling

Hamzeh Ali Alizadeh[1], Abdolmajid Liaghat[2*] and Teymour Sohrabi[3]

1) Ph.D. Student, Department of Irrigation & Reclamation Engineering, Faculty of Agricultural Engineering & Technology College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
2*) Professor, Department of Irrigation & Reclamation Engineering, Faculty of Agricultural Engineering & Technology College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
Corresponding author email: aliaghat@ut.ac.ir
3) Professor, Department of Irrigation & Reclamation Engineering, Faculty of Agricultural Engineering & Technology College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received: 21-06-2013 Accepted: 02-07-2014

Abstract

Development of pressurized irrigation systems is of great important from optimal water resources point of view. The objectives of this study were to investigate the influence of pressurized irrigation systems development scenarios on agricultural sustainability in Varamin, and to study the effect of government facilities on development of these systems. This study developed a system dynamics model for water resources management in Varamin, Iran. Results indicated that unplanned development of pressurized irrigation systems not only didn't save the water resources, but it resulted in damaging groundwater resources. Result also indicated, while using surface water resources, if cultivated area did not increase, then development of sprinkler systems leads to increase national income and groundwater level, otherwise with increase of cultivated area results in reduction of gross national income. Development of sprinkler systems leads to improvement of groundwater quality and quantity level with and w/o cultivated area increment, thus, development of sprinkler systems can help to sustainable development only if cultivated area remains constant and water consumption reduces. To achieve sustainable agriculture, it is proposed that the granted governmental facilities to farmers be prioritized. This means that governmental facilities for irrigation development be granted to groundwater users in first priority, the development of micro irrigation systems (type and diameter) due to reduce evaporation, in second priority, mechanized surface irrigation systems, new sprinkler irrigation systems as LESA in the next priority.

Keywords: aquifer; demand management; sustainable development