Archive of SID

نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال هشتم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۷

ISSN 2251-7480

ارزیابی تأثیر الگوی کشت بر منابع آب زیرزمینی دشت مهران به‌روش پویایی سیستم در تغییرات قیمت انرژی[۱]

ابراهیم درویشی[۱]، عبدالرحیم هوشمند[۲*]، حمزه علی علیزاده[۳] و زهرا ایزد پناه[۴]

۱) دانشجوی دکتری مهندسی علوم آب، آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲*) دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

نویسنده مسئول مکاتبات: hooshmand_a@scu.ac.ir

۳) استادیار گروه آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام.

۴) استادیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۲۶

چکیده:

تغییر الگوی کشت و افزایش تعرفه انرژی می‌تواند به مدیریت منابع آب زیرزمینی کمک کند. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر الگوی کشت بر منابع آب زیرزمینی دشت مهران با استفاده از روش پویایی سیستم تحت سناریوهای مختلف تغییر قیمت انرژی است. برای ساخت مدل، مدل مفهومی تدوین و فرضیه‌های دینامیکی فرمول نویسی شد. واسنجی و صحت‌سنجی مدل به ترتیب در یک بازه ۸ و ۶ ساله و شبیه‌سازی در یک دوره ۲۵ ساله تا سال ۱۴۲۰ در قالب اعمال ۹ سناریو انجام شد. نتایج نشان داد تغییر الگوی کشت از یونجه به کلزا همراه با افزایش ۱۰۰ درصدی تعرفه انرژی، دارای بیش‌ترین تأثیر مثبت بر آبخوان یعنی افزایش حدود ۵۵ میلیون مترمکعبی حجم آبخوان معادل با افزایش حدود ۸ متری سطح آب می‌گردد. همچنین تغییر سطح زیر کشت از یونجه به ذرت همراه با افزایش تعرفه انرژی به میزان ۵۰درصد قیمت فعلی، تا حدودی تعادل در سطح آب زیرزمینی دشت را به دنبال دارد.

کلیدواژه‌ها: الگوی کشت؛ پویایی سیستم؛ تعرفه انرژی؛ تقاضای آب؛ سطح ایستابی

[۱]- برگرفته از رساله دکتری

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

پیش‌بینی می‌شود تقاضای جهانی آب از نظر برداشت تا سال ۲۰۵۰، ۵۵ درصد افزایش یابد و به استثنای برخی مناطق جهان به طور فزاینده با کسری سراسری آب مواجه شود به طوری که تا ۲۰۵۰ بیش از ۴۰ درصد جمعیت جهان تحت تنش آبی شدید قرار خواهند گرفت(Connor, 2015). در ایران نیز در دهه‌های اخیر، به دلیل تغییرات آب و هوا و کاهش بارندگی از یک طرف و برخی سیاست‌های ساختاری اشتباه همچون برداشت شدید از آب‌های زیرزمینی، سطح آب‌های زیرزمینی در اکثر دشت‌ها کاهش یافته است (Balali and Viaggi., 2015). از این رو در چند دهه اخیر تلاش‌های فراوانی در زمینه افزایش راندمان آبیاری و به تبع آن افزایش کارایی مصرف آب صورت گرفته است. اما متأسفانه به علت عدم توجه به مدیریت تقاضا و حاکم بودن دیدگاه سازه‌ای بر مهندسین (به خصوص مهندسین مشاور) آب و خاک کشور، با صرف میلیاردها دلار هزینه، کاهشی چشمگیر در مصرف آب کشاورزی ایجاد نشده است. برخی برنامه‌ها به منظور حل مسئله مدیریت آب در واقع به دلیل عوارض جانبی پیش‌بینی‌نشده وضعیت آن را بدتر می‌کند(Giordano et al, 2012). یکی از ابزارهایی که می‌تواند به مدیریت تقاضای آب در بخش زیرزمینی کمک کند، تغییر تعرفه انرژی است. افزایش تعرفه انرژی باعث افزایش قیمت تمام‌شده آب کشاورزی در بخش آبهای زیرزمینی می‌گردد. قیمت‌گذاری صحیح آب و انرژی، منجر به تغییر و اصلاح رفتار مصرف‌کنندگان می‌گردد (شجری و ترکمان، ۱۳۸۶). کمیسیون جهانی آب[1] قیمت‌گذاری بر اساس هزینه‌های کامل خدمات آب را به عنوان یک اصل لازم برای مدیریت منابع آب بیان نموده است. در ایران در سال ۱۳۸۸، قانون هدفمند کردن یارانه‌ها که دارای ۱۶ ماده می‌باشد به تصویب رسید. ماده ۳ این قانون دولت را مکلف به اعمال قیمت تمام‌شده آب و ماده ۲۸ این قانون دولت را مکلف به افزایش قیمت انرژی تا ۸۰ درصد فوب خلیج‌فارس می‌کند(موسسه راهبرد دانش، ۱۳۹۰). در بررسی تأثیر حامل‌های انرژی و برآورد افزایش قیمت آن بر بخش‌های اقتصادی کشور، علیرغم اینکه نتایج حاکی از کاهش ناچیز تقاضای آب در نتیجه تغییر حامل‌های انرژی است اما این کاهش تقاضا در بخش زراعت و باغبانی چشمگیر است(شاهنوشی و همکاران، ۱۳۹۵). بررسی اثر قیمت‌گذاری اقتصادی آب آبیاری بر الگوی کشت در دشت دهگلان نتایج نشان داده است افزایش قیمت تا مرز قیمت ارزش اقتصادی منجر به کاهش مصرف آب و سطح زیرکشت تمامی محصولات منطقه می‌شود(وزیری و همکاران، ۱۳۹۵). همچنین بررسی نقش قیمت‌گذاری آب در بخش کشاورزی بر تعادل منابع آب زیرزمینی در دشت همدان – بهار با بهره‌گیری از مدل برنامه‌ریزی پویا، نتایج نشان می‌دهد با افزایش قیمت آب آبیاری در قالب سیاست‌های کشاورزی با وجود کاهش نسبی منافع اقتصادی در بخش کشاورزی بیلان منفی آب آبخوان تعدیل یافته به گونه‌ای که در ازای قیمت ۱۵۰۰ ریال برای هر مترمکعب آب بیلان حجم آب آبخوان به صفر رسیده و مثبت می‌شود (بلالی و همکاران، ۱۳۸۹).

یکی دیگر از موضوعاتی که در مدیریت منابع آب می‌تواند موثر باشد، تغییر الگوی کشت به الگوهای کشت بهینه‌تر و با مصرف آب کمتر است. در این رابطه می‌توان به مطالعه بهینه‌سازی الگوی کشت باهدف تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی دشت مشهد –چناران اشاره نمود که در آن با توجه به اولویت‌های ذهنی کشاورزان الگوی کشت بهینه در یک دوره برنامه‌ریزی ۱۰ ساله با تأکید بر عدم بیلان منفی ذخایر آب زیرزمینی در سال آخر دوره برنامه‌ریزی، مورد بررسی قرار گرفته است، نتایج نشان داد به‌کارگیری الگوی مشخص‌شده در دوره برنامه‌ریزی ده‌ساله علاوه بر دستیابی به اهداف چندگانه: حداکثر کردن بازده برنامه‌ای، حداقل کردن مصرف آب و هزینه‌های

1 - World Water Commission

www.SID.ir

Archive of SID

سرمایه‌ای و مصرف کودها و سموم شیمیایی و ثابت ماندن سطح اشتغال نیروی کار، سبب کاهش کسری ذخایر آب زیرزمینی منطقه از ۳۸×۱۰۷ مترمکعب در سال مبدأ به صفر در سال آخر دوره برنامه می‌گردد (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۱). در تعیین الگوی کشت بهینه به منظور جلوگیری از افت آب زیرزمینی در دشت نیشابور، نتایج مدل بر مبنای یک سال نرمال نشان داد که برای به حداقل رساندن افت سطح آب، در صورت وقوع بارش برابر میانگین بارش سالانه منطقه، کشاورزان فقط مجاز به برداشت ۳۵۹ میلیون مترمکعب از آبخوان دشت در طول سال هستند که با این حجم آب باید ۵۹۷۰۶ هکتار از اراضی دشت را فاریاب کرد که ۴۸۷۸۹ هکتار کمتر از وضع موجود است. به طوری که ۴۸۸۰۲ هکتار از ارضی تحت کشت محصولات را کاهش داد (خاشعی سیوکی و همکاران، ۱۳۹۳). همچنین در بررسی کنترل سطح آب زیرزمینی به وسیله تغییر الگوی کشت در دشت بهار همدان مشخص شد برای ایجاد توسعه پایدار کشاورزی و جلوگیری از نابودی کشاورزی این منطقه تغییر الگوی کشت از محصولات با نیاز آبی بالا مانند سیب‌زمینی و یونجه به محصولات با نیاز آبی کمتر مانند کلزا که هم از لحاظ درآمدزایی مشابه محصولات قبلی بوده و هم میزان آب کمتری مصرف کند ضروری است، به طوری که با کشت کلزا به جای سیب‌زمینی و یونجه در هر هکتار حدود ۳۷۶۵ مترمکعب در مصرف آب صرفه‌جویی می‌شود (بانژاد و سیفی، ۱۳۸۵).

عوامل متعددی بر روی موفقیت برنامه‌های آب و آبیاری تأثیر دارند و هر تغییری در هر یک از این عوامل، خود به وجود آورنده بازخوردهای دیگری در سیستم می‌گردد. این مسئله موجب پیچیدگی هر چه بیشتر ابعاد فنی و اقتصادی در این حوزه می‌گردد. اما یکی از ابزارهای قوی مدیریتی، که در سال‌های اخیر از آن برای شبیه‌سازی سیستم های پیچیده منابع آب بسیار استفاده شده، روش پویایی سیستم است .در این روش به روابط دینامیکی بین خصوصیات کمّی و کیفی آب و حتی مسائل اجتماعی اقتصادی توجه می‌شود و سیستم مورد نظر بدون نیاز به ریاضیات پیچیده به سهولت قابل شبیه‌سازی است (صلوی تبار و همکاران، ۱۳۸۵). روش پویایی سیستم‌ها اجازه می‌دهد که مؤلفه‌های مختلف سیستم به عنوان یک مجموعه از اهداف مجزا که اطلاعات، ساختار و عملکرد را باهم ترکیب می‌کند تا رفتار یک سیستم پیچیده را تولید و نشان دهد، سازمان‌دهی شود(Elmahdi et al, 2007).

در خصوص کارایی روش پویای سیستم در مدل‌سازی مسائل پیچیده آبی می‌توان به تحقیقات استفاده از پویایی سیستم‌ها برای تهیه «مدل بیلان پویای سیستم آب –خاک»[1] در شالیزارهای برنج (Luo et al, 2009)، مدل‌سازی پویای سیستم مدیریت پایدار منابع آب سنگاپور (Xi and Poh, 2013)، مدل‌سازی پویای بهره‌برداری از پساب با رویکرد کشاورزی پایدار (علیزاده، ۱۳۹۳)، شبیه‌سازی پویایی سیستم مدیریت منابع آب پایدار و توسعه کشاورزی در حوزه رودخانه ولتا (Koti et al, 2016)، و مدل‌سازی منابع آب دشت مشهد (حسینی و باقری، ۱۳۹۱) اشاره نمود.

در تمام مطالعات مرور شده، تحقیقی که از روش پویایی سیستم برای بررسی اثرات الگوی کشت و تغییر تعرفه انرژی بر سطح آب زیرزمینی استفاده شده باشد، مشاهده نشد. از این نظر هدف از این تحقیق بررسی منابع آب زیرزمینی دشت مهران تحت تأثیر تغییر الگوی کشت و تغییر تعرفه انرژی به کمک روش پویایی سیستم می‌باشد و از آن می‌توان در مطالعه و پیش‌بینی اثر راهکارهای فنی و مدیریتی مختلف در این زمینه بهره جست.

1 -Dynamic soil water balance model

www.SID.ir

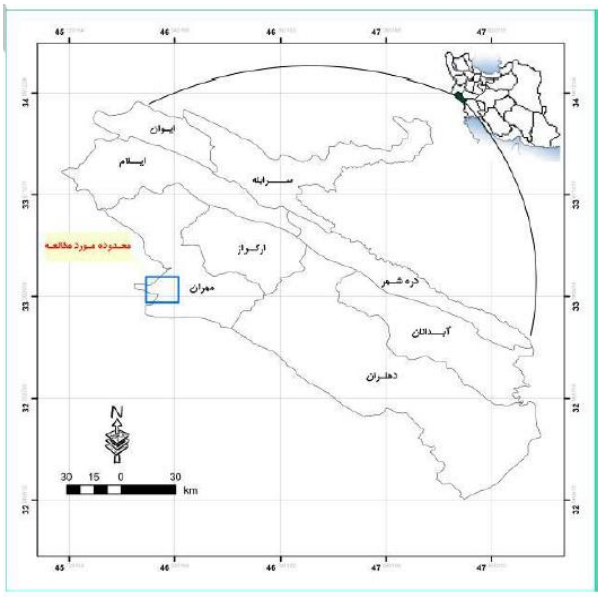
Archive of SID

مواد روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه دشت مهران یکی از دشت‌های مهم کشاورزی استان ایلام می‌باشد که در مختصات جغرافیایی ۳۳درجه و ۰۳ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۱۳ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۰۵ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی قرار دارد. این دشت به وسعت ۲۸۰ کیلومترمربع و شیب کلی آن از شرق و شمال شرقی به سمت غرب و جنوب غرب است. بر اساس مطالعات هواشناسی، منطقه مورد مطالعه دارای زمستان‌های کوتاه معتدل و کمی مرطوب و تابستان‌های طولانی خشک و خیلی گرم می‌باشد. میزان تبخیر پتانسیل سالیانه این منطقه ۳۳۶۱/۴ میلیمتر و میانگین بارندگی سالانه ۲۶۷/۰۳ میلی‌متر برآورد شده است

.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی دشت مهران در کشور و استان ایلام

دشت مهران با دارا بودن تراز منفی آب زیرزمینی، یکی از دشت‌های ممنوعه استان ایلام به حساب می‌آید. منابع اصلی تأمین آب کشاورزی در دشت مهران منابع آب زیرزمینی و شبکه‌های آبیاری رودخانه‌های گاوی و کنجان‌چم می‌باشد، که به علت وجود خشکسالی‌های پی در پی منطقه در چند سال گذشته، استفاده از آب این رودخانه‌ها در امر کشاورزی به شدت کاهش یافته است.

تعریف مسئله و سناریوهای مختلف

دشت ممنوعه مهران طی سالیان گذشته با افت قابل تأمل سطح آب زیرزمینی مواجه بوده و نتایج بررسی هیدروگراف واحد دشت مهران طی سال‌های آبی ۷۵-۱۳۷۴ تا ۹۲-۱۳۹۱ نشان می‌دهد که تراز آب زیرزمینی دشت مهران دارای متوسط افت سالانه حدود ۰/۸۳متر و متوسط سالانه کسری حجم مخزن دشت مهران حدود ۵/۸۱ میلیون مترمکعب است(شرکت آب منطقه ای ایلام، ۱۳۹۲). لذا کنترل افت تراز سطح آب زیرزمینی دشت مهمترین مسئله برای مدیریت منابع آب زیرزمینی دشت مهران است. الگوی کشت بهینه می‌تواند در کاهش مصرف آب کشاورزی دشت موثر باشد. همچنین افزایش تعرفه برق نیز از یک طرف به دلیل لازم‌الاجرا بودن قانون هدفمندی یارانه‌ها و از طرف دیگر به دلیل تأثیر بر افزایش قیمت تمام‌شده آب کشاورزی و در نتیجه کاهش مصرف آب، در رابطه با مدیریت منابع آب زیرزمینی می‌تواند قابل بررسی باشد. از این نظر برای بررسی تأثیر

www.SID.ir

Archive of SID

این دو موضوع بر منابع آب زیرزمینی دشت مهران سناریوهایی به شرح زیر تعریف و بررسی شدند.

سناریوهای تغییر الگوی کشت شامل: ادامه وضع موجود، الگوی کشت یک: تغییر سطح زیر کشت یونجه به ذرت و الگوی کشت دو: تغییر سطح زیر کشت یونجه به کلزا می‌باشد. لازم به ذکر است اراضی فعلی دشت مهران حدود ۸۸۰۰ هکتار می‌باشد که ۲۸۰۰ هکتار آن مربوط به شبکه آبیاری کنجان چم است که به دلیل زمان تخصیص آب به شبکه عملاً امکان تغییر در الگوی کشت فراهم نیست و الگوی کشت فعلی آن نیز شامل گندم و کلزا می‌باشد. حدود ۶۰۰۰ هکتار از اراضی نیز تحت پوشش چاه‌های کشاورزی منطقه بوده که درصد الگوی کشت آن شامل گندم ۵۰، کلزا ۴۰، ذرت ۵، یونجه ۳، باقلا ۱ و گوجه، خیار و بامیه ۱ درصد است. سناریوهای الگوی کشت در نظر گرفته‌شده بر اساس آمار نیاز خالص آب گیاهان در منطقه و شرایط اجتماعی و اقتصادی منطقه می‌باشد و این سناریوها مربوط به اراضی تحت پوشش چاه‌های کشاورزی می‌باشند. البته اراضی تحت پوشش شبکه به واسطه تأثیرگذاری بر آبخوان دشت در مدل‌سازی لحاظ شده است. ولی سناریوهای تحقیق در آنها منظور نمی‌گردد.

قیمت فعلی برق مصرفی در بخش کشاورزی به صورت متوسط حدود ۱۲۱ ریال به ازای هر کیلووات ساعت محاسبه می‌گردد که حدود ۲۰ درصد قیمت برق سایر بخش‌هاست. طبق قانون هدفمندی یارانه‌ها و نیز برنامه ششم توسعه قیمت برق می‌بایست به قیمت تمام‌شده و نیز قیمت فوب خلیج‌فارس برسد قیمت تمام‌شده برق در کشور حدود ۱۰۰۰ ریال و متوسط قیمت برق در کشورهای همسایه نیز حدود ۲۰۰۰ ریال است. در صورت افزایش قیمت برق مصرفی در کشور قیمت برق مصرفی بخش کشاورزی به دلایل سیاست‌های حمایتی ضمن افزایش، می‌بایست همچنان از قیمت پایین تری نسبت به قیمت سایر بخش‌ها برخوردار باشند. از این نظر سناریوهای این قسمت را به این صورت تعریف می‌کنیم.

۱. ادامه روند فعلی و عدم افزایش انرژی
۲. افزایش قیمت انرژی به میزان ۵۰ درصد قیمت فعلی
۳. افزایش قیمت انرژی به میزان ۱۰۰ درصد قیمت فعلی

و در نتیجه سناریوهای لحاظ شده در تحقیق شامل ترکیب سناریوهای اخیر و به صورت ۹ سناریوی زیر می‌باشند:

جدول۱- شماره سناریوهای مختلف اعمال‌شده در تحقیق شامل ترکیب سناریوهای الگوی کشت و تغییر قیمت انرژی

	شماره سناریو	سناریوهای تغییر قیمت انرژی		
		ادامه روند فعلی	افزایش ۵۰ درصدی	افزایش ۱۰۰ درصدی
سناریوهای الگوی کشت	ادامه روند فعلی	۱	۲	۳
	تغییر سطح زیر کشت یونجه به ذرت	۴	۵	۶
	تغییر سطح زیر کشت یونجه به کلزا	۷	۸	۹

در این مطالعه از نرم‌افزار "و نسیم"[1] به‌منظور برنامه‌نویسی و تدوین مدل پویا استفاده شد. این نرم‌افزار

1- Vensim

www.SID.ir

Archive of SID

دارای قابلیت شبیه‌سازی بصری اجزاء بوده و روابط موجود را به همان ترتیبی که در واقعیت است را دارا می‌باشد. این ابزار مدل‌سازی، امکان ایجاد مدل‌های پیچیده را با سهولت بیشتری نسبت به زبان‌های برنامه‌نویسی مرسوم به وجود می‌آورد (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۳).

مدل‌سازی پویای سیستم آب زیرزمینی دشت مهران

در ابتدا مدل مفهومی مدیریت یکپارچه منابع آب دشت مهران تدوین شد. چارچوب ابتدایی مدل مفهومی و برخی از متغیرهای کلیدی مدل در شکل (۲) ارائه شده است. زیرمدل‌های مدل شامل حاکمیت آب (قیمت‌گذاری انرژی)، تقاضای آب، عرضه آب (الگوی کشت و غیره) و آب زیرزمینی (بیلان و کیفیت) می‌باشد.

پس از تدوین مدل مفهومی، فرضیه‌های دینامیکی (رفتار متغیرهای کلیدی) تبیین و فرضیه‌های دینامیکی شبیه‌سازی شد. در این مرحله اثرات مثبت و منفی متغیرهای کلیدی در قالب تعیین روابط علی معلولی و بازخوردها تعیین شد و پس از آن روابط بین متغیرها (متغیرهای کلیدی و متغیرهای کمکی) و مقادیر متغیرها (متغیرهای ثابت) تعیین گردید. افق برنامه مدل‌سازی ۳۸ ساله(۱۳۸۲ تا ۱۴۲۰) شامل دوره ۸ ساله (۱۳۸۲ تا ۱۳۸۹) واسنجی مدل، دوره ۶ ساله (۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵) صحت‌سنجی مدل و دوره ۲۵ ساله (۱۳۹۶ تا ۱۴۲۰) شبیه‌سازی مدل 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) و راندمان آبیاری محاسبه شد. برای تخمین عملکرد در سناریوهای مختلف از رابطه دورنباس و کسام (Doorenbos and Kassam, 1979) و معادلات بکار گرفته‌شده در مدل اکوا کراپ۱ ورژن ۴,۱ استفاده شد.

افزایش قیمت انرژی سبب افزایش قیمت تمام‌شده آب آبیاری از منابع آب زیرزمینی می‌گردد. افزایش قیمت تمام‌شده آب آبیاری، کاهش تقاضای آب آبیاری را به دنبال داشته که در نتیجه کاهش تقاضای آب آبیاری، بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی کاهش‌یافته و در نتیجه پایین رفتن سطح آب زیرزمینی کاهش یافته، متوقف شده و یا برعکس شده که نتیجه آن تغییر در میزان برق مصرفی برای استخراج آب زیرزمینی می‌شود. این تغییر میزان برق مصرفی، تغییر در قیمت تمام‌شده آب آبیاری را به دنبال داشته و این حلقه همچنان ادامه خواهد داشت. نمونه حلقه ذکرشده در شکل (۳) آمده است. برای شبیه‌سازی تغییرات سطح و حجم آبخوان از اصل بقاء جرم مطابق رابطه(۱) استفاده شد:

$$Q_{in} + Q_P + Q_I + Q_{SW} + Q_R + Q_A - (Q_W + Q_{Eg} + Q_d + Q_{out}) = \Delta V \quad (۱)$$

در این رابطه، 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،QR: تغذیه از جریان‌های سطحی یا رودخانه‌ها، QA میزان تغذیه مصنوعی، QW: مصارف آب زیرزمینی،QEg : تبخیر از آب زیرزمینی، Qd، زهکشی از آبخوان، Qout، جریان زیرزمینی خروجی از آبخوان و ΔV: تغییر ذخیره ثابت آبخوان می‌باشد.

همچنین برای شبیه‌سازی ارتفاع دینامیک آبخوان از رابطه (۲) استفاده گردید.

$$H(t+dt) = H(t) + \frac{\Delta V(dt)}{dV/dH} \quad (۲)$$

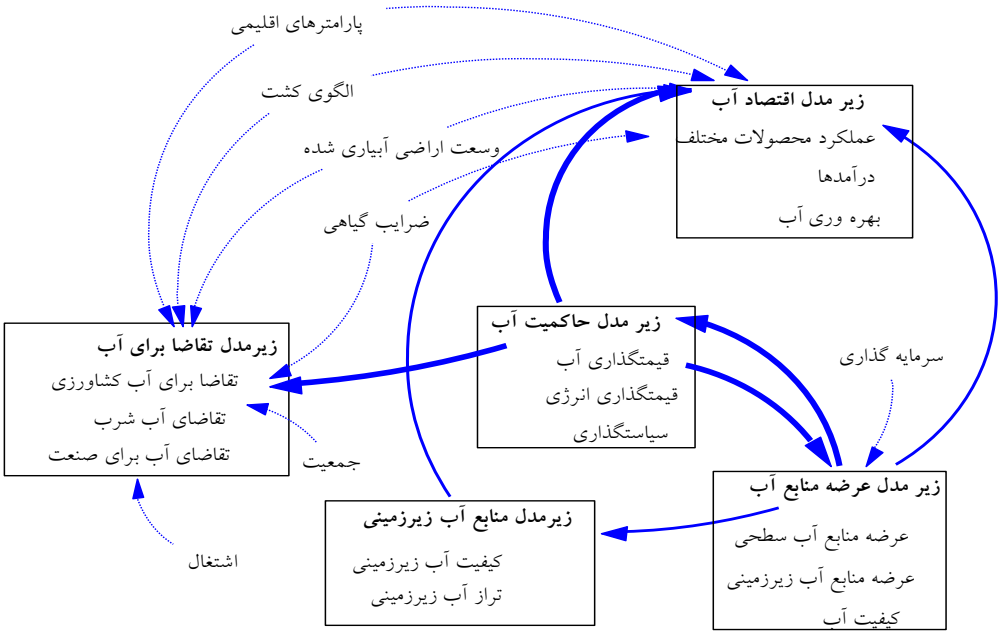
در این رابطه، $H(t+dt)$ سطح ایستابی ثانویه، $H(t)$ سطح ایستابی اولیه، $\Delta V(dt)$ تغییر ذخیره آبخوان و dV/dH تغییر حجم آبخوان به علت افت یک متر سطح آب زیرزمینی است.

1 - Aquacrop ver4.1

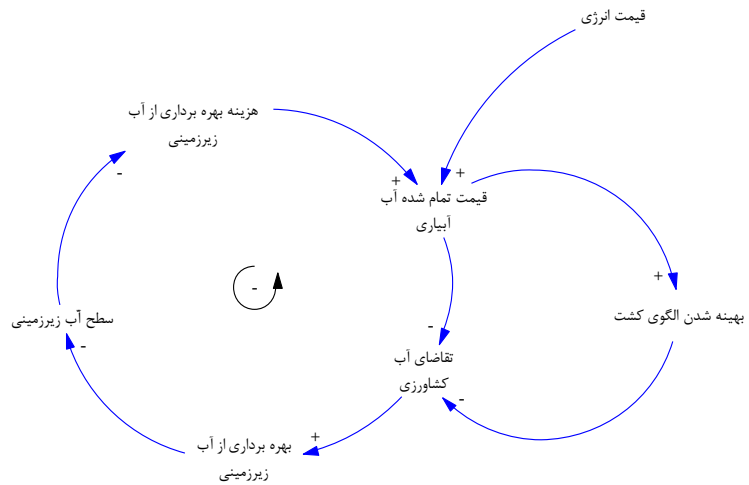
www.SID.ir

Archive of SID

مدل قابلیت فراخوانی اطلاعات مربوط به اقلیم (شامل بارندگی، تبخیر و تعرق و دما)، عرضه آب (سدها، منابع آب زیرزمینی)، هیدرولوژی (خصوصیات فیزیوگرافی حوضه رودخانه و مسیل‌ها، سطح آب زیرزمینی)، خصوصیات خاکشناسی (بافت خاک)، ضرایب گیاهی الگوی کشت (Ky،Kc) و سطح زیر کشت در سناریوهای مختلف را دارد. و تمام اطلاعات ذکرشده از یک فایل اکسل فراخوانی گردید.



شکل ۲. مدل مفهومی مدیریت منابع آب دشت مهران



شکل ۳. یک نمونه از حلقه علی- معلولی بهره‌برداری از آب زیرزمینی

برای بررسی اثرات قیمت‌گذاری انرژی بر تقاضای آب از توابع تقاضای آب استفاده شد. بدین صورت که پس از جمع‌آوری اطلاعات هزینه‌های تولید و عملکرد محصولات عمده منطقه با استفاده از پرسشنامه در جامعه آماری کشاورزان منطقه، با استفاده از تابع کاب داگلاس (Cobb and Douglas, 1928)، به کمک نرم‌افزار

www.SID.ir

Archive of SID

"ایویوز۹[1]" ضرایب نهاده‌های تولید استخراج و پس از آن کشش قیمتی برای نهاده آب این محصولات از رابطه (۳) محاسبه گردید. منظور از کشش قیمتی برای نهاده آب در هر محصول این است که با افزایش یک درصدی قیمت نهاده آب، میزان تقاضای آب برای آن محصول، درصدی به اندازه کشش قیمتی تغییر می‌کند. در اینجا منظور از قیمت آب قیمت تمام‌شده آب برای کشاورزان است.

$$\eta = -\frac{P_Y . a . Y}{r . X} \qquad (۳)$$

در این رابطه، η کشش قیمتی آب، P_Y قیمت محصول (ریال بر کیلوگرم)، a ضریب نهاده آب در تابع تولید، Y عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)، r قیمت تمام‌شده هر مترمکعب آب به ریال و X میزان مصرف آب هر محصول در هکتار می‌باشد.

به منظور شبیه‌سازی تغییر تقاضای آب هر محصول تحت تأثیر تغییر قیمت تمام‌شده آب، از رابطه (۴) استفاده گردید.

$$\Delta Q = \frac{Q_1 . \Delta P . \eta}{P_1} \qquad (۴)$$

در این رابطه، Q_1 و Q_2 به ترتیب مقدار تقاضای آب اولیه و ثانویه (مترمکعب در هکتار)، P_1 و P_2 به ترتیب قیمت اولیه و ثانویه آب (قیمت تمام‌شده بر حسب ریال)، η کشش قیمتی آب ، ΔQ تغییرات تقاضای آب(مترمکعب در هکتار) و ΔP تغییرات قیمتی آب (ریال) می‌باشند.

نتایج و بحث

واسنجی و صحت‌سنجی مدل

برای تدوین مدل ابتدا مدل از لحاظ ساختاری (ابعادی) و رفتاری آزمون شده و نهایتاً مدل نهایی تدوین گردید. 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 et *al.*, 2002). در این مقاله آزمون ساختاری مدل برای تک‌تک 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 بخش بعد به منظور آزمون صحت مدل از داده‌های مشاهده‌ای سطح آب زیرزمینی استفاده گردید. جهت واسنجی مدل دوره ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۹ انتخاب گردید. پارامتر بررسی‌شده در واسنجی مقدار ضریب برگشت آب از آب آبیاری و پارامتر کنترل کننده سطح آب زیرزمینی است. در بررسی انجام‌شده مقدار صحیح این پارامتر برابر با ۰/۱۵ به دست آمد.

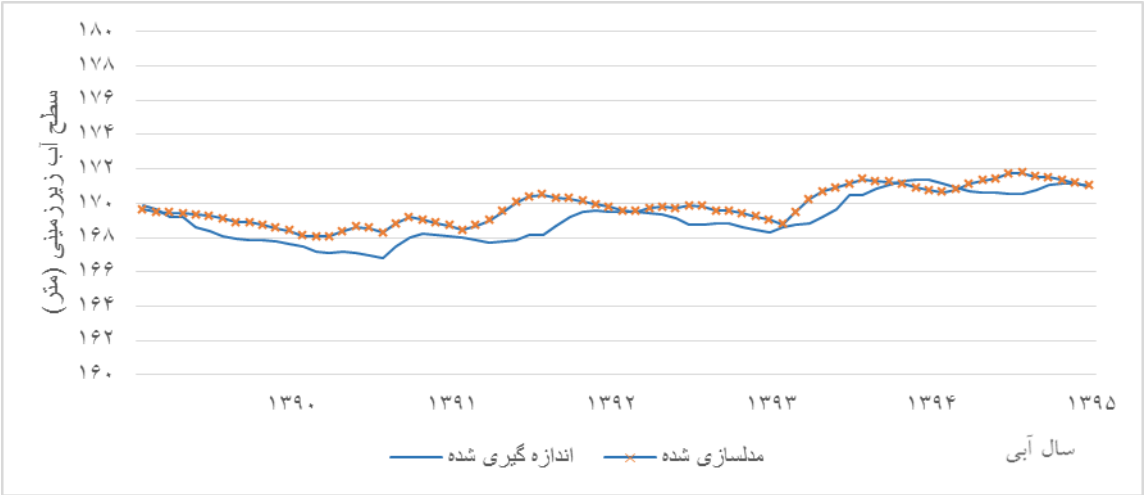
جهت صحت‌سنجی مدل، خروجی مدل در بخش تراز آب زیرزمینی با آمار واقعی آن در بازه زمانی سال ۹۰ تا ۹۵ مقایسه و بررسی شد. مقادیر واقعی و شبیه‌سازی شده سطح آب زیرزمینی دشت مهران در نمودار (۴) آورده شده است. ضریب همبستگی[2] میان داده‌های شبیه‌سازی شده و واقعی سطح آب زیرزمینی برابر با ۰/۸۹ به دست آمده که نشان از صحت مدل می‌باشد.

1- Eviews 9

2 - correlation coefficient

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴. مقایسه سطح آب زیرزمینی دشت مهران در حالت شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده در مرحله صحت‌سنجی مدل

فرضیات، محدودیت‌ها و انتظارات از مدل

در این تحقیق موارد زیر فرض شده است:

۱- در حال حاضر در اعمال تعرفه آب سطحی سطح اراضی ملاک بوده و تا حدودی تحویل حجمی آب به درستی اعمال نمی‌گردد. اما با توجه به لزوم اعمال کشش قیمتی آب، فرض این تحقیق بر اساس تحویل حجمی آب به کشاورزان می‌باشد.

۲- کشش قیمتی آب برای محصولات مختلف در تمام محدوده قیمتی تمام‌شده آب لحاظ می‌گردد.

۳- برای شبیه‌سازی مدل در سال‌های آتی، برای داده‌هایی همچون میزان بارندگی، میزان تخصیص آب و غیره متوسط داده‌های نرمال سال‌های گذشته منطقه در نظر گرفته شده است.

با توجه به فرضیات بیان‌شده، محدودیت‌ها و انتظارات از مدل در این تحقیق عبارت‌اند از:

۱- مدل برای تولید دقیق داده و پیش‌بینی در یک سال خاص ابزار مناسبی نیست.

۲- مدل توانایی تولید مقادیر برای ارائه تصویر سیستم در شرایط آتی را دارد.

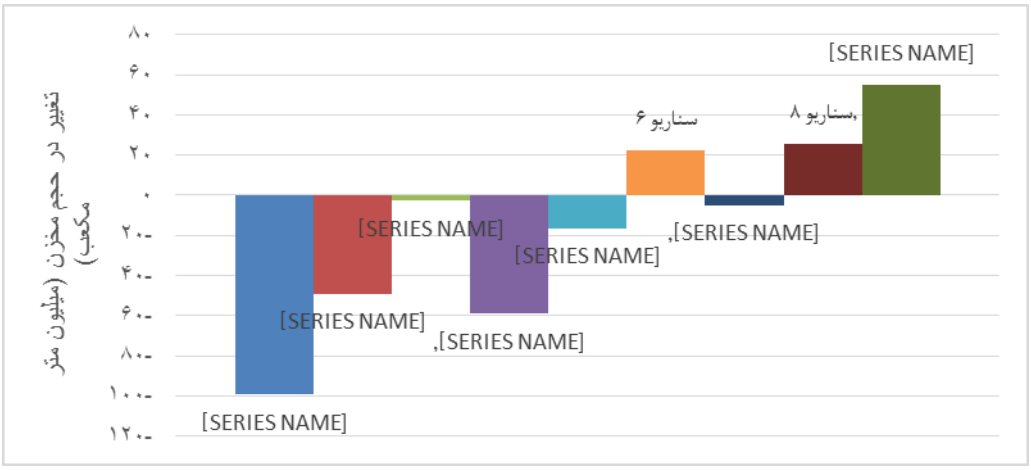
۳- انتظار از مدل، تبیین و پایش روندها و رویکردها در راستای اجرای سیاست‌های پیشنهادی است.

بررسی حجم آبخوان دشت تحت تأثیر تغییر الگوی کشت و افزایش تعرفه انرژی

همان‌گونه که قبلاً بیان شد تغییر الگوی کشت و نیز تغییر تعرفه انرژی هر دو بر مصرف آب کشاورزی و در نتیجه بر میزان برداشت از آب زیرزمینی موثر بوده و حجم آبخوان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. نتایج تغییرات حجم آبخوان دشت مهران تحت تأثیر سناریوهای مختلف تغییر الگوی کشت و افزایش تعرفه انرژی در نمودار (۵) آمده است. نتیجه بررسی این دو عامل بر حجم آبخوان در قالب ۹ سناریوی بیان‌شده نشان می‌دهد که همان‌گونه که انتظار می‌رود سناریو ۱ یعنی عدم تغییر در الگوی کشت و عدم تغییر تعرفه انرژی، دارای بدترین نتیجه یعنی بیش‌ترین کاهش در حجم آبخوان می‌باشد. مقدار این کاهش برابر با حدود ۱۰۰ میلیون مترمکعب برای مدت ۲۵ سال شبیه سازی است. همچنین مطابق انتظارات، سناریوی شماره ۹ یعنی اجرای الگوی کشت تغییر یونجه به کلزا به همراه افزایش ۱۰۰ درصدی تعرفه انرژی دارای بیش‌ترین تأثیر مثبت بر آبخوان یعنی افزایش حدود ۵۵ میلیون مترمکعبی آن می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵. تغییرات حجم آبخوان دشت مهران در سال ۱۴۲۰ در سناریوهای مختلف تغییر الگوی کشت و تغییر تعرفه انرژی

از میان سناریوهای بررسی‌شده به جز سناریو شماره ۹، سناریوهای شماره ۸ و ۶ نیز به ترتیب با مقادیر حدود ۲۵ و ۲۲ میلیون مترمکعب دارای تأثیر مثبت بر حجم آبخوان می‌باشند. سناریو شماره ۸ مربوط به اجرای الگوی تغییر کشت یونجه به کلزا و اعمال ۵۰ درصدی افزایش تعرفه انرژی است. سناریو شماره ۶ نیز مربوط به اجرای الگوی کشت تغییر یونجه به ذرت و اعمال ۱۰۰ درصدی افزایش تعرفه انرژی است. سناریوهای ۷ و ۳ تا حدودی موجب تثبیت حجم فعلی آبخوان می‌گردند و سناریوهای ۴، ۲ و ۵ به ترتیب با مقادیر حدود ۵۹-، ۴۹- و ۱۶- علاوه بر سناریوی ۱، موجب کاهش چشمگیر حجم آبخوان می‌گردند.

یکی از پارامترهای بکار رفته در مدل حاضر پارامتر هزینه آب و انرژی به ازای هر مترمکعب آب می‌باشد که حاصل جمع سه مقدار هزینه آب، هزینه انرژی برای استخراج آب و هزینه انرژی برای پمپاژ مجدد آب می‌باشد. در واقع این پارامتر به نوعی قیمت تمام‌شده آب برای آبیاری می‌باشد. و شامل هزینه‌هایی است که کشاورز برای آب و انرژی می‌پردازد. از این نظر تغییر تعرفه انرژی بر تمام بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی موثر است و در صورتی که سیستم آبیاری از نوع تحت فشار باشد این تأثیر به واسطه مصرف انرژی در پمپاژ مجدد آب، دو چندان خواهد بود.

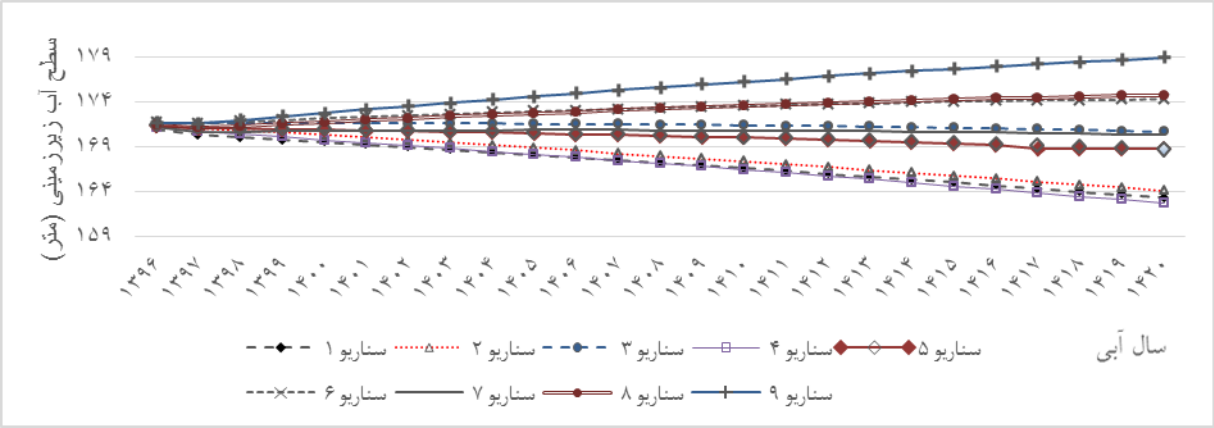
بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی تحت تأثیر تغییر الگوی کشت و افزایش تعرفه انرژی

نتایج نهایی مدل‌سازی پویایی سیستم منابع آب زیرزمینی دشت مهران در قالب نتایج تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت تحت سناریوهای تغییر الگوی کشت و افزایش تعرفه انرژی در نمودار (۶) نشان داده شده است. همان‌گونه که گفته شد تغییر تعرفه انرژی بر قیمت تمام‌شده آب آبیاری تأثیر می‌گذارد و با تغییر قیمت تمام‌شده آب آبیاری، تقاضای آب کشاورزی نیز تغییر کرده که تغییر در برداشت از منابع آب زیرزمینی را به دنبال دارد. همین فرایند در تغییر الگوی کشت نیز وجود دارد. همان طور که قبلاً هم بیان شد، علاوه بر سناریوی استمرار وضع موجود، ۸ سناریوی دیگر جهت شبیه‌سازی تغییر الگوی کشت و افزایش تعرفه انرژی منظور شده است. برای بررسی دقیق‌تر اثرات سناریوهای مختلف تغییر الگوی کشت و افزایش تعرفه انرژی بر سطح آب زیرزمینی دشت در بلندمدت، مقادیر سطح آب در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۴۲۰ و نیز مقادیر تغییرات سطح آب در این بازه در جدول (۲) آمده است. همان طور که از جدول مشخص است ادامه وضع موجود سبب کاهش

www.SID.ir

Archive of SID

سطح آب زیرزمینی در حدود ۱۴ متر می‌گردد و آبخوان دشت را با مشکل جدی مواجه خواهد نمود.



شکل ۶. پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی دشت در سناریوهای تغییر الگوی کشت و تغییر تعرفه انرژی در بازه زمانی ۹۶الی ۱۴۲۰

تغییر قیمت انرژی علاوه بر تأثیر مستقیم بر قیمت تمام‌شده آب مصرفی کشاورزی، به صورت غیرمستقیم هم بر مصرف آب کشاورزی تأثیر می‌گذارد. به این صورت که با افزایش قیمت انرژی، مصرف آب کشاورزی کاهش پیداکرده و سبب کاهش افت سالیانه آب زیرزمینی نسبت به وضع موجود شده و لذا در مقایسه با ادامه وضع موجود، انرژی کمتری برای استخراج آب از آبخوان نیاز خواهد بود.

از میان سناریوهای بررسی‌شده سناریوهای شماره۹، ۸ و ۶ به ترتیب با مقادیر ۷/۹، ۳/۷ و ۳/۳ متر دارای بیشترین اثر مثبت بر سطح آب زیرزمینی دشت می‌باشند. پیاده‌سازی این سناریوها علاوه بر توقف افت سطح آب زیرزمینی دشت، موجب جبران قسمتی از کاهش سطح آب در سالهای اخیر می‌شود. اعمال سناریوهای ۳ و ۷ به ترتیب با مقادیر ۰/۴- و ۰/۷- متر در فاصله مدت ۲۵ ساله کاهش کمتر از ۱ متر را در سطح آب زیرزمینی دشت به دنبال خواهند داشت و تقریباً می‌توان گفت سطح آب زیرزمینی دشت را متعادل نگه می‌دارند. به معنای دیگر اعمال سناریوهای افزایش تعرفه انرژی به میزان ۱۰۰ درصد قیمت فعلی و تغییر سطح زیر کشت یونجه به کلزا هر کدام به تنهایی می‌تواند باعث پایداری نسبی در آبخوان گردد. همچنین در نتیجه اعمال سناریوهای باقیمانده شامل سناریوهای۲، ۴ و ۵ به ترتیب با مقادیر ۷- ، ۸/۴- و ۲/۴- متر، سطح آب زیرزمینی دشت همچنان دارای افت قابل‌توجه خواهد بود. این سناریوها شامل: عدم تغییر در الگوی کشت و افزایش ۵۰ درصدی تعرفه انرژی، تغییر سطح زیر کشت یونجه به ذرت و عدم تغییر در تعرفه انرژی و در نهایت تغییر سطح زیر کشت یونجه به ذرت و افزایش در تعرفه انرژی به میزان ۵۰درصد قیمت فعلی می‌باشد. نتایج کل بررسی‌ها از تأثیرگذاری قابل‌توجه افزایش ۱۰۰ درصدی تعرفه انرژی و نیز اعمال الگوی کشت ۲ یعنی تغییر سطح زیر کشت یونجه به کلزا بر آبخوان دشت حکایت دارد. از این نظر در صورت وجود شرایط مناسب اجتماعی و اقتصادی، پیاده‌سازی این سناریوها بهترین گزینه می‌باشد و در صورت عدم امکان چنین سناریوهایی لااقل ناگزیر به افزایش قیمت تعرفه انرژی به میزان ۵۰درصد فعلی و تغییر سطح زیر کشت یونجه به ذرت خواهیم بود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲. تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت مهران در سال ۱۴۲۰ تحت تأثیر سناریوها تغییر الگوی کشت و تغییر تعرفه انرژی

سناریو	سطح آب زیرزمینی (متر) در پایان سال آبی ۱۳۹۵	سطح آب زیرزمینی (متر) در پایان سال آبی ۱۴۲۰	تغییرات سطح آب زیرزمینی (متر)
سناریو ۱	۱۷۱/۱	۱۵۶/۹	-۱۴/۲
سناریو ۲	۱۷۱/۱	۱۶۴/۱	-۷/۰
سناریو ۳	۱۷۱/۱	۱۷۰/۷	-۰/۴
سناریو ۴	۱۷۱/۱	۱۶۲/۷	-۸/۴
سناریو ۵	۱۷۱/۱	۱۶۸/۷	-۲/۴
سناریو ۶	۱۷۱/۱	۱۷۴/۴	۳/۳
سناریو ۷	۱۷۱/۱	۱۷۰/۷	-۰/۷
سناریو ۸	۱۷۱/۱	۱۷۴/۸	۳/۷
سناریو ۹	۱۷۱/۱	۱۷۹/۰	۷/۹

نتیجه‌گیری

در این تحقیق اثرات تغییر الگوی کشت و افزایش تعرفه انرژی بر سطح منابع آب زیرزمینی دشت مهران مورد بررسی قرار گرفت. افزایش تعرفه انرژی سبب افزایش قیمت تمام‌شده آب آبیاری شده و در نتیجه سبب کاهش تقاضای آب آبیاری می‌گردد. کاهش تقاضای آب آبیاری نیز موجب کاهش برداشت از آب زیرزمینی شده و سبب کاهش افت سطح آب زیرزمینی را به دنبال دارد. البته تغییرات سطح آب زیرزمینی نیز باعث تغییر هزینه انرژی استخراج آب شده و لذا مجدداً بر تقاضای آب، برداشت از آب زیرزمینی و سطح ایستابی اثر می‌گذارد.

این موضوع در مورد تغییر الگوی کشت در منطقه نیز صدق می‌کند.

اجرای الگوی کشت تغییر یونجه به کلزا به همراه افزایش ۱۰۰ درصدی تعرفه انرژی دارای بیشترین تأثیر مثبت بر آبخوان یعنی افزایش حدود ۵۵ میلیون مترمکعبی حجم آبخوان و یا به عبارتی افزایش حدود ۸ متری سطح آب می‌گردد. همچنین تغییر سطح زیر کشت یونجه به ذرت همراه با افزایش در تعرفه انرژی به میزان ۵۰ درصد قیمت فعلی تا حدودی باعث تعادل در سطح آب زیرزمینی دشت می‌گردد.

منابع

بانژاد، ح. و سیفی، آ. ۱۳۸۵. کنترل سطح آب زیرزمینی به‌وسیله تغییر الگوی کشت در دشت همدان – بهار. اولین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. اردیبهشت‌ماه. اهواز

بلالی، ح.، خلیلان، ص. و احمدیان، م. ۱۳۹۸. بررسی نقش قیمت‌گذاری آب در بخش کشاورزی بر تعادل منابع آب زیرزمینی. پژوهش‌های اقتصاد و توسعه کشاورزی, ۲۴(۲): ۸۵ تا ۹۴.

حسینی، س. و باقری، ع. ۱۳۹۱. مدل‌سازی پویایی سیستم منابع آب دشت مشهد برای تحلیل استراتژی‌های توسعه پایدار. آب و فاضلاب، ۴: ۳۹-۲۸.

خاشعی سیوکی، ع.، قهرمان.،ب و کوچک زاده، م. ۱۳۹۳. تعیین الگوی کشت بهینه برای جلوگیری از افت آب زیرزمینی با الگوریتم pso. مجله پژوهش آب ایران. ۸. ۱۴: ۱۴۶-۱۳۷.

www.SID.ir

Archive of SID

زارع، ش.، محمدی،ح. و صبوحی م. ۱۳۹۶. شبیه‌سازی توسعه سیستم‌های مدرن آبیاری بر تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی خراسان رضوی. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی. ۳۱. ۲: ۱۹۵-۱۷۹.

شاهنوشی، ن.، ابوالحسنی، ل.، داوری، ک.، حیات غیبی، ف. و نعمت الهی، ز. ۱۳۹۵. تأثیر حامل‌های انرژی و برآورد افزایش قیمت آن بر بخش‌های اقتصادی کشور. آب و فاضلاب، ۲۸(۱): ۹۴-۸۴

شجری، ش. و ترکمان، ج. ۱۳۸۶. تناسب شبیه‌سازی‌های تصمیم‌گیری چند معیاری به منظور بررسی تقاضای آب آبیاری(مطالعه موردی حوضه آبریز درودزن). اقتصاد کشاورزی، ۱(۳): ۳۴۵-۳۳۱

شرکت آب منطقه‌ای ایلام. ۱۳۹۲. گزارش توجیهی پیشنهاد تمدید ممنوعیت توسعه بهره‌برداری آبخوان دشت مهران. شرکت سهامی آب منطقه‌ای ایلام. ایلام. ۸۸ صفحه.

صلوی تبار، ع، ر.، ضرغامی، م. و ابریشم چی، ا. ۱۳۸۵. مدل پویای سیستم در مدیریت آب شهر تهران. مجله آب و فاضلاب، ۱۷(۳): ۲۸-۱۲

علیزاده، ا.، مجیدی خلیل‌آباد، ن.، قربانی، م. و محمدیان، ف. ۱۳۹۱. بهینه‌سازی الگوی کشت باهدف تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی دشت مشهد-چناران). مجله آبیاری و زهکشی ایران. ۶. ۱: ۶۸-۵۵

علیزاده، ح، ع. ۱۳۹۳. مدل‌سازی پویای بهره‌برداری از پساب با رویکرد کشاورزی پایدار (مطالعه موردی دشت ورامین). دانشگاه تهران. تهران. رساله دکتری رشته آبیاری و زهکشی.

علیزاده، ح.ع.، لیاقت، ع. و سهرابی، ت. ۱۳۹۳. ارزیابی سناریوهای توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار بر منابع آب زیرزمینی با استفاده از مدل‌سازی پویایی سیستم. حفاظت منابع آب و خاک، ۳(۴):۱۵-۱

مؤسسه راهبرد دانش. ۱۳۹۰. گزارش بررسی آثار هدفمند کردن یارانه‌ها بر بخش آب. موسسه پژوهشی راهبرد دانش پویا. تهران. فصل اول. بررسی مبانی و مفاهیم. ۴۵ صفحه.

وزیری، آ.، وکیل پور، م. و مرتضوی، س. ۱۳۹۵. بررسی اثر قیمت‌گذاری اقتصادی آب آبیاری بر الگوی کشت در دشت دهگلان. تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۸ (۳) ۱۰۰-۸۱.

Cobb, C. and Douglas, P. 1928. A theory of production. The American Economic Review, 18(1):139-165.

Connor, R. 2015. The United Nations world water development report 2015: water for a sustainable world (1). UNESCO Publishin, 139 p.

Doorenbos, J. and Kassam, A. 1979. Yield response to water. Irrigation and drainage paper. Irrigation and Drainage Paper 33. FAO, Rome.

Elmahdi, A., Malano, H. and Etchells, T. 2007. Using system dynamics to model water-reallocation. The Environmentalist, 27(1): 3-12.

Giordano, R., Brugnach, M. and Vurro, M. 2012. System dynamic modelling for conflicts analysis in groundwater management. 9th International Congress on Environmental Modelling and Software, Leipzig, Germany.

Koti, J.H., Smith, C., Brown, G., Marshall, N. and Johnstone, R. 2016. A system dynamics simulation model for sustainable water resources management and agricultural development in the Volta River Basin, Ghana. Science of the Total Environment. 573:444-457.

Luo, Y., Khan, S., Cui, Y. and Peng, S. 2009. Application of system dynamics approach for time varying water balance in aerobic paddy fields. Paddy and Water Environment, 7(1): 1-9.

Saysel, A.K., Barlas, Y. and Yenigünm O. 2002. Environmental sustainability in an agricultural development project: a system dynamics approach. environmental management, 64(3): 247-260.

Xi, X. and Poh, K.L. 2013. Using system dynamics for sustainable water resources management in Singapore. Procedia Computer Science. 16: 157-166.

www.SID.ir

Archive of SID

ISSN 2251-7480

Evaluation of the effect of cropping pattern on groundwater resources of mehranplain using the system dynamics approach under scenarios of energy price changes

Ebrahim Darvishi[1], Abdolrahim Hoshmand[*2], Hamzehali Alizadeh[3] and Zahra Izadpanah[4]

1) Phd. Student of Irrigation and Drainage Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.
2[*]) Associated, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.
* Corresponding author email: hooshmand_a@scu.ac.ir
3) Assistant, Faculty of Agriculture Engineering, Ilam University, Iran.
4) Assistant, Faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

Received: 19-04-2017 Accepted: 17-12-2018

Abstract

cropping pattern changes and increasing energy tariffs helps groundwater resources management. The aim of this investigation was to study the effect of crop pattern on groundwater level in Mehranplain using the system dynamics approach under different scenarios of energy price changes. To develop the model, a conceptual framwok was designed and the dynamic hypotheses were formulated. The calibration and validation of the model were performed for a period of 8 and 6 years, respectively, and the model simulated in a 25-year period until 1420 in nine scenarios. The results showed that changing the crop pattern from alfalfa to conola with increasing 100 percent in energy tariff would have the most positive impact on aquifer is equivalent to an increase of about 55 million cubic meters of aquifer water volume, and an increase of about 8 meters in the groundwater level. Also changing the crop pattern from alfalfa to corn with increasing 50 percent in energy tariff lead to groundwater level stability.

Keywords: Energy tariffs; Crop pattern; System dynamic; Water demand; Water table

www.SID.ir