

بررسی عرضه آب و الگوی کشت بر بالآمدن سطح آب در دشت عباس استان ایلام با استفاده از رویکرد پویایی سیستم

علی بافکار، جبار مظفری و حمزه‌علی علیزاده

دوره ۵، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۸، صفحات ۲۳۹-۲۵۰

Vol. 5(3), Autumn 2019, 239 – 250

DOI: 10.22034/jewe.2019.168184.1304

Investigation of Water Supply and Cropping Pattern on Water Level Rising in Abbas Plain of Ilam Province Using System Dynamics Approach

Bafkar A., Mozafari J. and Alizadeh H.



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله: بافکار ع.، مظفری ج. و علیزاده ح. (۱۳۹۸). بررسی عرضه آب و الگوی کشت بر بالآمدن سطح آب با استفاده از رویکرد پویایی سیستم در دشت عباس استان ایلام. مجله محیط‌زیست و مهندسی آب، دوره ۵، شماره ۳، صفحات: ۲۳۹-۲۵۰.

Citing this paper: Bafkar A., Mozafari J. and Alizadeh H. (2019). Investigation of water supply and cropping pattern on water level rising in Abbas plain of Ilam Province using system dynamics approach. J. Environ. Water Eng., 5(3), 239-250. DOI: 10.22034/jewe.2019.168184.1304.

بررسی عرضه آب و الگوی کشت بر بالاآمدن سطح آب در دشت عباس استان ایلام با استفاده از رویکرد پویایی سیستم

علی بافکار^{۱*}، جمال مظفری^۲ و حمزه علی علیزاده^۳

^۱استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

^۲کارشناس، سازمان جهاد کشاورزی، ایلام، ایران

^۳استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

*نویسنده مسئول: alibarfkar@yahoo.com

مقاله اصلی

تاریخ دریافت: [۱۳۹۷/۱۰/۲۷]

تاریخ بازنگری: [۱۳۹۸/۰۵/۳۰]

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۸/۰۶/۲۶]

چکیده

در مدیریت آبیاری مزارع مقدار و کیفیت آب آبیاری دارای اهمیت زیادی می‌باشد. چراکه آب و خاک با کیفیت نامناسب موجب شور شدن محیط رشد گیاه، تخریب ساختمان خاک و در نهایت پائین آمدن عملکرد محصول خواهد شد. در این پژوهش با توجه به اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای، اقدام به بررسی مرزهای سیستم، ایجاد مدل مفهومی تعیین روابط علی و معلولی، آزمون ساختاری، آزمون حدی که در روش پویایی سیستم بکار می‌رود شد. سناریوهایی شامل عرضه مقدار آب از سد کرخه و چاه‌های منطقه و همچنین الگوهای مختلف کشت ارزیابی و انتخاب شد. مدل مفهومی بر مبنای پنج زیر مدل تقاضای آب، عرضه آب، تنش‌های محیطی، اقتصاد آب و محیط‌زیست در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که استفاده از آب سد کرخه به میزان 160 Mm^3 و برداشت 90 Mm^3 از آبخوان دشت، سطح آب زیرزمینی را در فاصله ۱۰ m از سطح خاک ثابت نگه خواهد داشت و مشکل خیز سطح آب زیرزمینی مرتفع خواهد شد. در سناریوهای الگوی کشت نتایج مدل استفاده از الگوی کشت پرمصرف با تأکید بر افزایش سطح علوفه و چغندر به منظور جلوگیری از زهدار شدن اراضی بود.

واژه‌های کلیدی: ایلام؛ سناریو؛ محیط‌زیست؛ مدل مفهومی؛ نرم‌افزار Vensim

۱- مقدمه

صنعت امیرکبیر (از شرکت‌های هفتگانه توسعه نیشکر در اهواز) مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که مدل پویای ارائه شده می‌تواند در طراحی و مدیریت سیستم‌های زهکشی کارایی خوبی داشته باشد. (Khan et al. 2009) با استفاده از پویایی سیستم، رفتار بیان روزانه آب در سطح مزرعه برنج و تعاملات بین آب زیرزمینی کم‌عمق و بیان آب در مزرعه را با نرم‌افزار Vensim شبیه‌سازی نمودند. نتایج نشان داد که مدل تدوین شده قادر به شبیه‌سازی میزان تبخیر از سطح خاک، نفوذ عمقی، رواناب، جریان رو به بالا و سطح آب زیرزمینی می‌باشد. مدل مذکور همچنین قادر به شبیه‌سازی اثر سناریوهای مختلف مدیریت آبیاری بر توسعه استراتژی‌های بهبود کارایی استفاده از آب آبیاری و کنترل سطح ایستایی، کنترل شوری خاک در اراضی بالادست و کاهش هزینه‌های زهکشی در پایین دست می‌باشد. (Alizadeh et al. 2014) با استفاده از مدل‌سازی پویایی سیستم، یک مدل جامع برای بررسی اثرات بلندمدت استفاده از فاضلاب تهران در مصارف کشاورزی دشت ورامین را با لحاظ نمودن مجموعه عوامل مؤثر بر آن (VanSim) توسعه دادند. نتایج ارزیابی سناریوها نشان داد که حفظ شرایط موجود منجر به تخریب کامل آبخوان آب زیرزمینی دشت ورامین تا سال ۱۴۲۰ می‌شود. (Xi Poh 2013) and از پویایی سیستم برای مدیریت پایدار منابع آب سنگاپور استفاده نمودند. نتایج نشان داد که ذخیره‌سازی منابع آب زیرزمینی و مدیریت حوزه آبریز به‌تنهایی منجر به پایداری منابع آب نمی‌شود.

(Hosseini et al. 2013) سیستم منابع آب دشت مشهد را با استفاده از روش پویایی سیستم مدل نمودند. نتایج نشان داد که تأثیر کاهش یا افزایش همه فاکتورها بر پایداری منطقه، برابر با مجموع اثر کاهش یا افزایش تک‌تک آن‌ها نیست. همچنین تغییر الگوی کشت به کشت پیشنهادی (کشت گندم با نیاز آبی ۳۰۰۰ مترمکعب در هر هکتار) به‌عنوان یک سیاست برتر می‌تواند گامی اثربخش در جهت بهبود وضعیت منابع آب دشت مشهد باشد.

علاوه بر روش پویایی سیستم، روش‌های مدل‌سازی دیگر مانند شبکه‌های بیزی (BNs)، شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و الگوریتم ژنتیک (GA) برای مدل‌سازی محیط‌های پیچیده مانند برنامه‌ریزی منابع آب معرفی شده است. شبکه‌های بیزی ابزار قدرتمندی برای شبیه‌سازی ماهیت تصادفی پدیده‌های فیزیکی هستند. در واقع هدف اصلی از ساخت BNs برآورد احتمالی رویدادهای غیرقابل مشاهده می‌باشد (Henriksen et al. 2007). مهم‌ترین مزیت استفاده از BNs این است که می‌تواند برای مدل‌سازی اجزای سیستم‌هایی که اطلاعات در مورد آن‌ها محدود، ناقص، تصادفی، نامطمئن و یا بدون ساختار می‌باشد، بکار گرفته شود. با این حال BNs، برای شناخت پویایی حالت‌ها و جریان‌های مختلف در حال تغییر (نسبت به زمان) مرزهای سیستم نمی‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. به‌منظور به‌کارگیری روش پویایی سیستم در پروژه‌های مختلف باید جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی مسائل بیوفیزیکی آن مشخص شود (Khan et al. 2009).

(Susnik et al. 2012) از فن پویایی سیستم برای تدوین طرح جامع منابع آب و ارزیابی کمبود آب استفاده نمودند. (Saysel et al. 2002) با استفاده از روش پویایی سیستم، الگوی کشت، میزان محصول و آلودگی کشاورزی را در منطقه‌ای در جنوب ترکیه شبیه‌سازی کردند. این محققین پس از واسنجی مدل (آزمون رفتار، آزمون حدی و آزمون ساختار) و صحت‌سنجی مدل، سناریوهای زیادی را مورد ارزیابی قرار داده و در نهایت به تدوین استراتژی و سیاست‌گذاری منطقه پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که سیاست‌های اتخاذ شده در مدیریت پروژه‌های مذکور آسیب‌های جدی محیط‌زیستی را در پی خواهد داشت. در ادامه این محققین سیاست‌های پیشنهادی به‌سازی شده‌ای را ارائه کردند. (Nozari et al. 2009) از تحلیل پویایی سیستم در جهت مدیریت بهره‌برداری از زهاب کشاورزی استفاده کردند. مدل پویای ارائه شده در این مطالعه پس از اعتبارسنجی در بررسی روش‌های مختلف مدیریت زهاب شور تولیدی در واحد کشت و

۱۰' ۴۸° قرار دارد. این دشت در حوزه آبخیز رودخانه کرخه در استان ایلام واقع شده است. میانگین ارتفاع دشت ۱۶۴ m می باشد. مساحت خالص محدوده طرح ۱۶۴۵۰ ha می باشد. منطقه مورد مطالعه در جنوب شرقی استان ایلام واقع شده است. اقلیم آن بر اساس طبقه بندی های مختلف اقلیمی جزو مناطق خشک و نیمه خشک می باشد.

۲-۲- تدوین مدل مفهومی

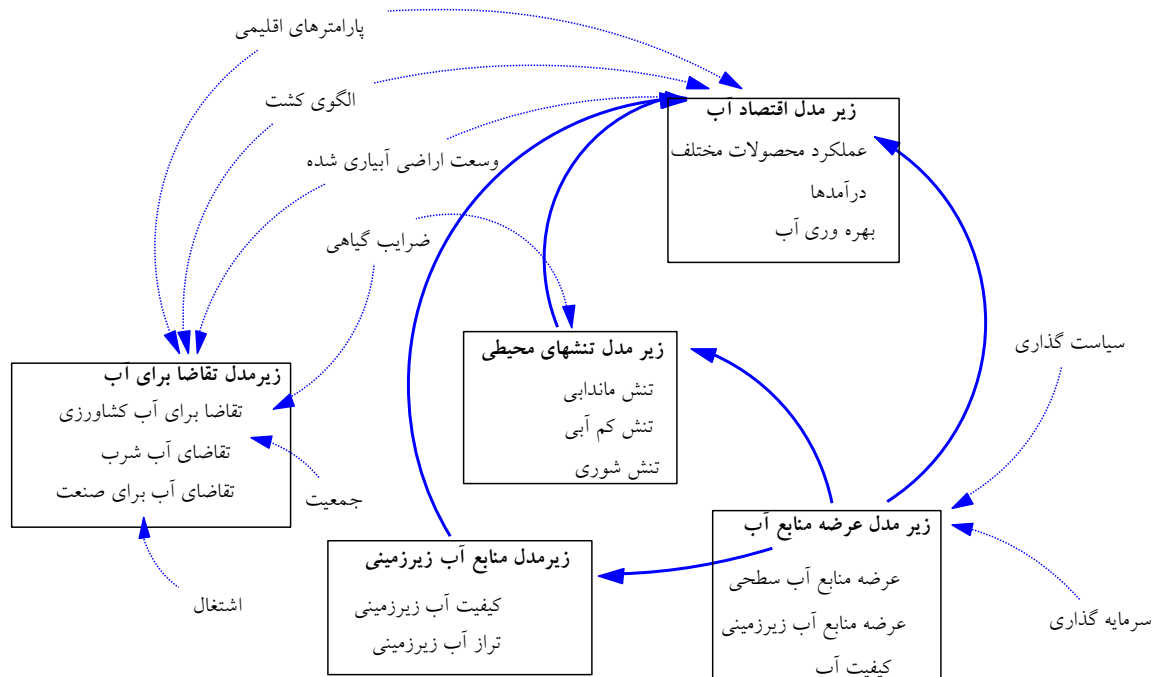
چارچوب کلی مدل مفهومی و برخی از متغیرهای کلیدی مدل در شکل (۱) ارائه شده است. مدل پویایی مدیریت منابع آب برای دشت عباس به صورت پنج زیرسیستم، تقاضای آب (کشاورزی، صنعت و شرب)، عرضه آب شامل کمیت (سد و چاه ها) و کیفیت آن، تنش های محیطی (تنش های شوری و کم آبی)، اقتصاد آب (هزینه های انرژی، هزینه های سرمایه گذاری، کف شکنی چاه ها، درآمد و ...) و محیط زیست (بیان آب و املاح در خاک و آب زیرزمینی) در نظر گرفته شد. طبق روش مرسوم در پویایی سیستم ها، متغیرهای اثرگذار به دو دسته متغیرهای درونزا و متغیرهای برونزا تقسیم شده اند.

Giordano et al. (2012) سیستم مدل سازی پویا را برای تجزیه و تحلیل تعارضات موجود در مدیریت آب های زیرزمینی بکار گرفتند. نتایج نشان داد هرچند طراحی و پیاده سازی سیاست های حفاظت از آب های زیرزمینی بسیار با اهمیت هستند، اما در بسیاری از موارد تلاش برای حل مشکل مدیریت آب به علت عوارض پیش بینی نشده، آن را بدتر می کند. آنچه از جمع بندی مطالعات پیشین برمی آید این است که روش پویایی سیستم ها، روشی مناسب برای مطالعه پیچیدگی های مدیریت منابع آب به ویژه مدیریت آب کشاورزی می باشد. با استفاده از روش پویایی سیستم شبکه آبیاری و زهکشی دشت عباس واقع در استان ایلام مورد بررسی قرار گرفت. لذا هدف از انجام این تحقیق بررسی روند نوسانات سطح آب زیرزمینی در نتیجه تغییر در میزان آبیاری ناشی از عرضه آب و الگوهای کشت است.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

دشت عباس در قسمت جنوب غربی ایران بین عرض شمالی ۱۵° ۳۲' تا ۳۰° ۳۲' و طول شرقی ۴۰° ۴۷' تا



شکل ۱- مدل مفهومی مدیریت منابع آب زیرزمینی دشت عباس

Fig. 1 Conceptual model of groundwater resources management in Dasht-e-Abbas

راندمان آبیاری، عمق آبیاری کاربردی در هر دوره، کل آب آبیاری در طی فصل رشد، مقدار آب در دسترس خاک، ضریب تنش خشکی، تبخیر از سطح خاک و عملکرد محصول بودند

۲-۵- نیاز آبی خالص

تبخیر و تعرق پتانسیل گیاهان زراعی (ET_p)، تبخیر و تعرق واقعی گیاهان زراعی ET_c و ضریب تنش خشکی K_s به ترتیب از روابط (۱) تا (۳) برآورد شدند. مقدار پارامتر K_s با توجه به نوع خاک، نوع گیاه، دور آبیاری و سیستم آبیاری با استفاده از بیلان آب در خاک محاسبه شد.

$$ET_{cp} = ET_o \times K_c \quad (1)$$

$$ET_c = K_s \times ET_{cp} \quad (2)$$

$$K_s = \begin{cases} 1, & Dr \leq RAW \\ \frac{TAW - Dr}{TAW - RAW} = \frac{TAW - Dr}{TAW(1 - MAD)}, & RAW < Dr \leq TAW \end{cases} \quad (3)$$

۲-۶ آب در دسترس در خاک

رابطه (۴) میزان تبخیر را از سطح خاک با توجه به بیلان آب در خاک و متغیرهایی نظیر کل آب قابل استفاده در خاک را نشان می‌دهد.

$$\text{Soil AW}[\text{crop,soil}] = \int_{t_0}^{t_n} (\text{Inflow rate}[\text{crop}] - \text{depletion}[\text{crop,soil}]) dt + \text{Soil AW}[\text{crop,soil}](t_0) \quad (4)$$

نسبی آب در لایه فوقانی خاک (W_{rel}) استفاده می‌گردد.

$$0 \leq Kr = \frac{\exp^{fk} W_{rel} - 1}{\exp^{fk} - 1} \leq 1 \quad (5)$$

که مقدار ۴ برای ضریب f_k توصیه شده است (Ritchie, 1972).

$$Es = Kr \times ET_o \quad (6)$$

نیاز آبی محصولات الگوی کشت (In) از طریق رابطه (۷) محاسبه شد:

$$\text{In} = ET_c - Pe \quad (7)$$

که در آن Pe بارش مؤثر بوده و با استفاده از معادله فائو (رابطه ۸) محاسبه شد:

۲-۳- شبیه‌سازی روابط بین متغیرها

در این قسمت مهم‌ترین روابط مورد استفاده در مدل‌سازی، متغیرهای کلیدی و کمکی و همچنین خلاصه ساختار حالت و جریان مدل به تفکیک زیر مدل‌ها و زیربخش‌ها ارائه می‌شود.

۲-۴- تقاضای آب در بخش کشاورزی

تقاضای آب در بخش کشاورزی با توجه به نیاز آبی خالص الگوی کشت، سناریوهای الگوی کشت، ضرایب تنش آبی (K_s)، بازده آبیاری (بازده کاربرد وابسته به نوع خاک و سیستم آبیاری، بازده انتقال و توزیع وابسته به نوع منبع آب) محاسبه شد. مهم‌ترین متغیرهای زیرسیستم تقاضا برای آب کشاورزی شامل تبخیر و تعرق پتانسیل، تبخیر و تعرق واقعی گیاه، بارندگی مؤثر، نیاز خالص آبیاری، ضریب کم آبیاری،

که در آن: TAW کل آب قابل استفاده در خاک، RAW آب سهل الوصول، Dr مقدار تخلیه رطوبتی منطقه توسعه ریشه و MAD تخلیه مجاز رطوبتی می‌باشد.

ورودی‌ها شامل بارندگی مؤثر، ضریب تنش آبی، آب آبیاری کاربردی و خروجی‌ها شامل تبخیر از سطح خاک و نفوذ عمقی می‌باشد.

جهت برآورد تبخیر از سطح خاک از روش ارائه شده توسط Doorenbos and Kassam (1979) استفاده شده است. در این روش با توجه به موجودیت نسبی آب در خاک (W_{rel}) ضریب Kr محاسبه می‌شود (رابطه ۵) و بر اساس این ضریب و تبخیر و تعرق پتانسیل، تبخیر از سطح خاک (Es) به دست می‌آید (رابطه ۶). در این روش به منظور لحاظ کردن کاهش هدایت هیدرولیکی به واسطه کاهش موجودیت آب در خاک، از یک رابطه نمایی بین ضریب Kr و موجودیت

راندمان آبیاری شبکه آبیاری دشت عباس بر اساس مطالعات مرحله دوم شبکه آبیاری و زهکشی دشت عباس ۵۰٪ (راندمان انتقال، توزیع و کاربرد به ترتیب ۹۰، ۸۵ و ۶۵٪) در نظر گرفته شد (Alizadeh et al. 2014).

۲-۸- اثر تنش آبی بر عملکرد

تخمین عملکرد در سناریوهای مختلف تنش آبی با فرض یکنواخت بودن تنش در طول فصل از رابطه Doorenbos and Kassam (1979) استفاده شد (رابطه ۱۰).

$$\frac{Y_a}{Y_p} = 1 - K_Y \left(1 - \frac{\sum_{t=Plantingdate}^{t=harvestdate} ET_{Ct}}{\sum_{t=Plantingdate}^{t=harvestdate} ET_{Pt}} \right) \quad (10)$$

اثر تنش شوری بر عملکرد محصول نیز از رابطه زیر موسوم به رابطه (Maas and Hoffman 1977) تعیین شد.

$$\frac{Y_a}{Y_p} = 1 - b(EC_e - EC^*) \quad (11)$$

که در آن EC_e ، EC^* و b به ترتیب شوری عصاره اشباع خاک، شوری عصاره اشباع آستانه کاهش عملکرد و شیب کاهش عملکرد می‌باشد. شوری عصاره اشباع با استفاده از اصل بقا جرم در خاک محاسبه شد:

$$0.64 \times EC_e = \int_{t_0}^{t_1} (\text{Salt add to Soil}[\text{croppattern}] - \text{Salt leached from Soil}[\text{croppattern}]) dt + \text{initial Soil Salinity} \quad (12)$$

در مناطق خشک و نیمه‌خشک در اغلب موارد گیاهان به‌طور هم‌زمان تحت تأثیر تنش شوری و کم‌آبی قرار می‌گیرند. برای تعیین اثر تنش شوری از رابطه ارائه‌شده در نشریه ۲۹ آبیاری و زهکشی استفاده شد.

$$\frac{Y_a}{Y_p} = (1 - b(EC_e - EC^*)) \times \left(1 - K_Y \left(1 - \frac{\sum_{t=Plantingdate}^{t=harvestdate} ET_{Ct}}{\sum_{t=Plantingdate}^{t=harvestdate} ET_{Pt}} \right) \right) \quad (13)$$

حساسیت خروجی پارامترهای کلیدی مدل شامل تراز سطح آب زیرزمینی، حجم استاتیک آبخوان، شوری

$$Pe = 0.6 \times P - 10 \quad \text{if } P \leq 70 \text{mm} \quad (8)$$

$$Pe = 0.8 \times P - 240 \quad \text{if } P > 70 \text{mm}$$

که در آن P بارندگی ده‌روزه ایستگاه دهلران (mm) در نظر گرفته شده است. نیاز ناخالص آبیاری (I_g) از رابطه (۹) محاسبه شد:

$$I_g = \frac{I_n}{E_i} \times DI \quad (9)$$

که در آن E_i راندمان آبیاری و DI ضریب کم آبیاری می‌باشد.

۲-۷- راندمان آبیاری

که در آن K_Y ، $Planting\ date$ ، $Harvest\ date$ ، ET_{Ct} ، ET_{Pt} ، Y_a و Y_p به ترتیب میانگین ضریب واکنش گیاه به آب آبیاری، تاریخ کاشت، تاریخ برداشت، تبخیر و تعرق گیاه در دهه‌های مختلف و تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه در دهه‌های مختلف، عملکرد واقعی و عملکرد پتانسیل می‌باشد. میانگین ضریب واکنش گیاه به آب آبیاری با فرض یکنواخت بودن تنش در طول فصل (K_Y) از نشریه ۳۳ فائو استخراج شد.

۲-۹- اثر تنش شوری بر عملکرد

که در آن EC_e برحسب dS/m و $Salinity$ برحسب mg/l می‌باشد.

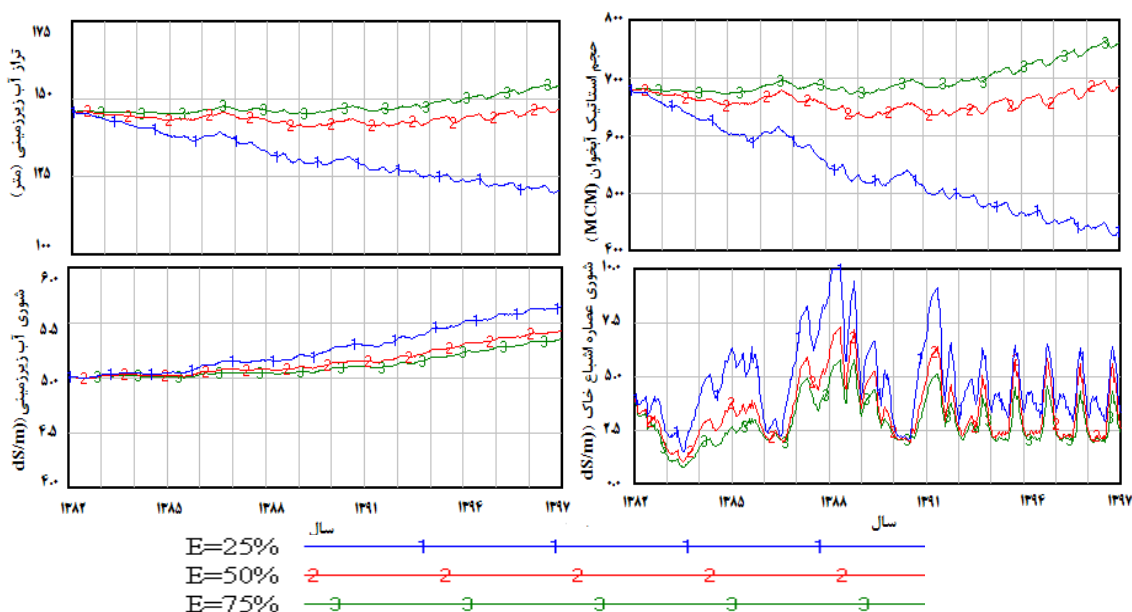
۲-۱۰- اثر تنش هم‌زمان آبی و شوری بر عملکرد

۳- یافته‌ها و بحث

۳-۱- آنالیز حساسیت مدل

نفوذ عمقی، تبخیر و رواناب سطحی بوده و بخش اعظم آن به آبخوان برنمی‌گردد. نتایج نشان می‌دهد که خروجی مدل به پارامتر ضریب برگشت آب کشاورزی به آبخوان به شدت حساس بوده و افزایش مقدار آن باعث افزایش حجم استاتیک آبخوان و افزایش کیفیت آب زیرزمینی به سبب رقیق شدن و همچنین کاهش شوری خاک به علت آبشویی می‌شود. از آنجا که اغلب محاسبات مدل ارائه شده بر اصل بقا جرم مبتنی است بنابراین پارامتر تغییر حجم آبخوان نسبت به افت هر متر آب زیرزمینی فقط بر روی تراز آب زیرزمینی مؤثر می‌باشد.

آب زیرزمینی و شوری عصاره اشباع خاک به ترتیب نسبت به پارامترهای ورودی راندمان کاربرد، ضریب برگشت آب کشاورزی به آبخوان و ضریب تغییرات حجم مخزن به ازای افت یک متر سطح آب زیرزمینی ارائه شده است. نتایج نشان داد که بین همه پارامترهای ورودی حساسیت متغیرهای کلیدی به راندمان کاربرد بیشتر می‌باشد (شکل ۲). تغییر راندمان کاربرد باعث تغییر قابل ملاحظه همه متغیرهای کلیدی می‌شود. یکی دیگر از پارامترهای اثرگذار بر خروجی‌های مدل ضریب برگشت آب کشاورزی به آبخوان می‌باشد تفاوت این پارامتر با پارامتر قبلی این است که تلفات کاربرد شامل تلفات



شکل ۲ تغییرات تراز آب زیرزمینی، شوری آب زیرزمینی، حجم استاتیک آبخوان و شوری عصاره اشباع خاک نسبت به راندمان کاربرد

Fig. 2 Changes in groundwater level, groundwater salinity, static aquifer volume and salinity of soil saturated extract relative to application efficiency

شرایط موجود (افت سطح آب زیرزمینی و کاهش کیفیت آب زیرزمینی) ادامه پیدا خواهد کرد که بیانگر صحت حدی مدل تدوین شده می‌باشد.

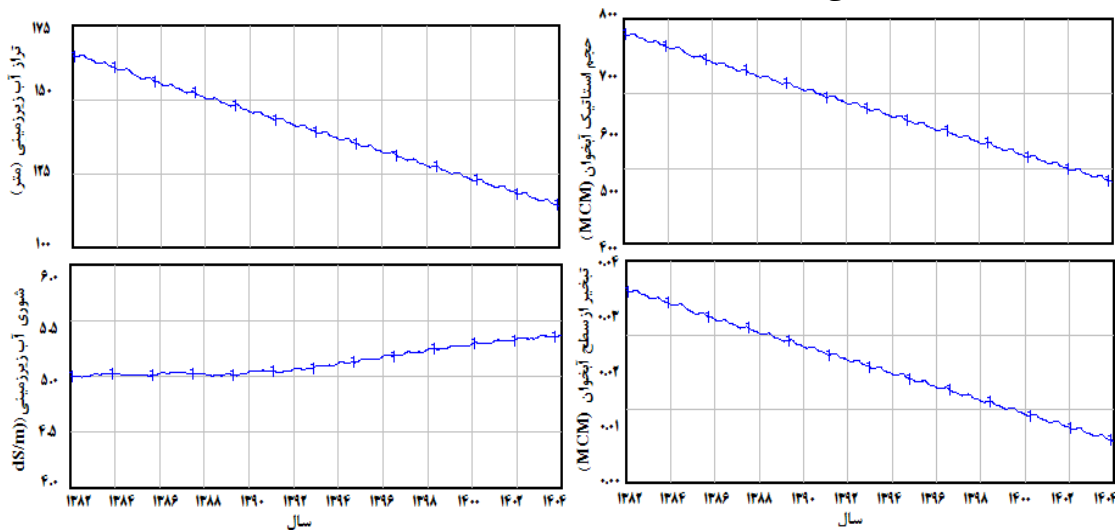
۳-۲- صحت‌سنجی مدل

به منظور صحت‌سنجی مدل آزمون‌های ارزیابی ساختار، صحت ابعادی، شرایط حدی و رفتار مدل انجام گرفت. در شکل (۴) عملکرد نسبی مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده ذرت علوفه‌ای در سطوح مختلف آب مصرفی ارائه شده است. همچنین همسانی و همبستگی

در شکل (۳) رفتار متغیرهای کلیدی شوری آب زیرزمینی، سطح آب زیرزمینی، حجم استاتیک آبخوان و تبخیر از سطح آبخوان در شرایط عدم توسعه شبکه دشت عباس (شرایط حدی) ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که در صورت عدم توسعه شبکه، حجم آبخوان و تراز آب زیرزمینی به علت برداشت بیش از حد مجاز کاهش می‌یابد. همچنین در اثر افت سطح آب زیرزمینی تبخیر از سطح آبخوان و کیفیت آب زیرزمینی با گذشت زمان کاهش می‌یابد. نتایج آزمون حدی نشان می‌دهد که در صورت عدم توسعه شبکه

درصد نیاز آبی می‌باشد.

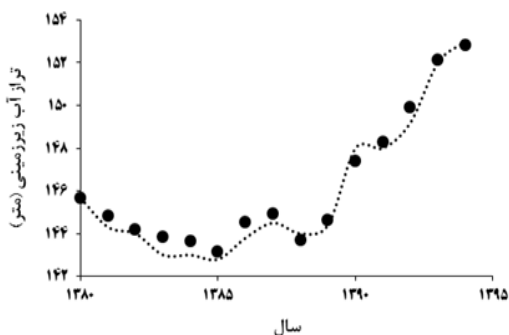
عملکرد شبیه‌سازی شده با مقادیر مشاهده‌ای نشان از دقت مدل در برآورد عملکرد نسبی در بازه ۴۰ تا ۱۰۰



شکل ۳- رفتار تراز آب زیرزمینی، شوری آب زیرزمینی، حجم استاتیک آبخوان و تبخیر از سطح آبخوان در شرایط حدی عدم توسعه شبکه

Fig. 3 The behavior of Groundwater level, groundwater salinity, static aquifer volume, and evaporation from aquifer surface under under-developed lattice conditions

مدل در برآورد سطح آب زیرزمینی مربوط به سال ۱۳۸۶-۱۳۸۷ می‌باشد.

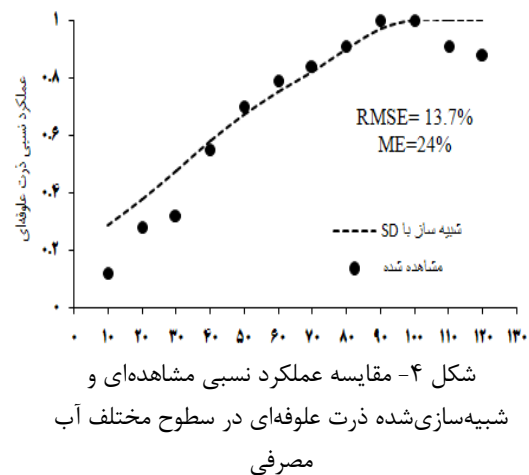


شکل ۵- مقایسه تراز آب زیرزمینی اندازه‌گیری و شبیه‌سازی شده طی سال‌های ۸۴-۹۵

Fig. 8 Comparison of groundwater level measured and simulated in the years 84-95

۳-۳ سناریوهای عرضه آب

پس از ساختن مدل و اطمینان از عملکرد می‌توان سیاست‌های مختلف را با استفاده از مدل آزمود. طراحی سیاست به‌منزله طراحی یک ساختار و یا یک استراتژی جدید و یا تغییر قواعد تصمیم‌گیری می‌باشد. با توجه به اینکه آب موردنیاز شبکه آبیاری دشت



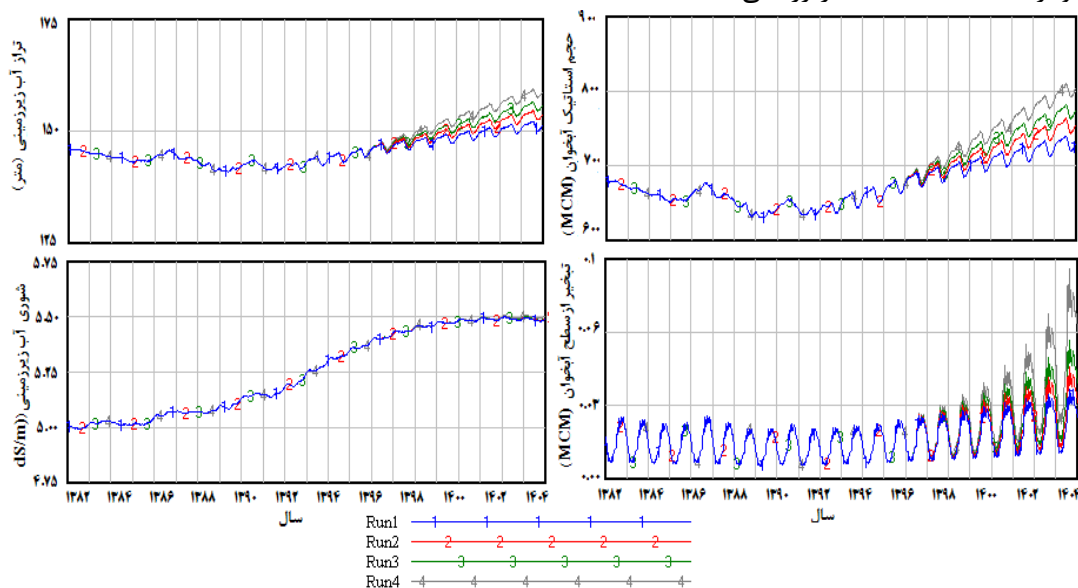
شکل ۴- مقایسه عملکرد نسبی مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده ذرت علوفه‌ای در سطوح مختلف آب مصرفی

Fig. 4 Comparison of observed and simulated relative forage corn in different levels of water consumption

در شکل (۵) تغییرات تراز آب زیرزمینی شبیه‌سازی و اندازه‌گیری شده طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۴ ارائه شده است. همچنین همسانی و همبستگی تراز آب شبیه‌سازی شده توسط مدل با داده‌های اندازه‌گیری شده نشان‌دهنده توانایی مدل در برآورد سطح آب زیرزمینی (RMSE برابر ۴۹ cm، R^2 برابر ۰/۹۷ و ماکزیمم خطای ۸۲ cm) می‌باشد. ماکزیمم خطای

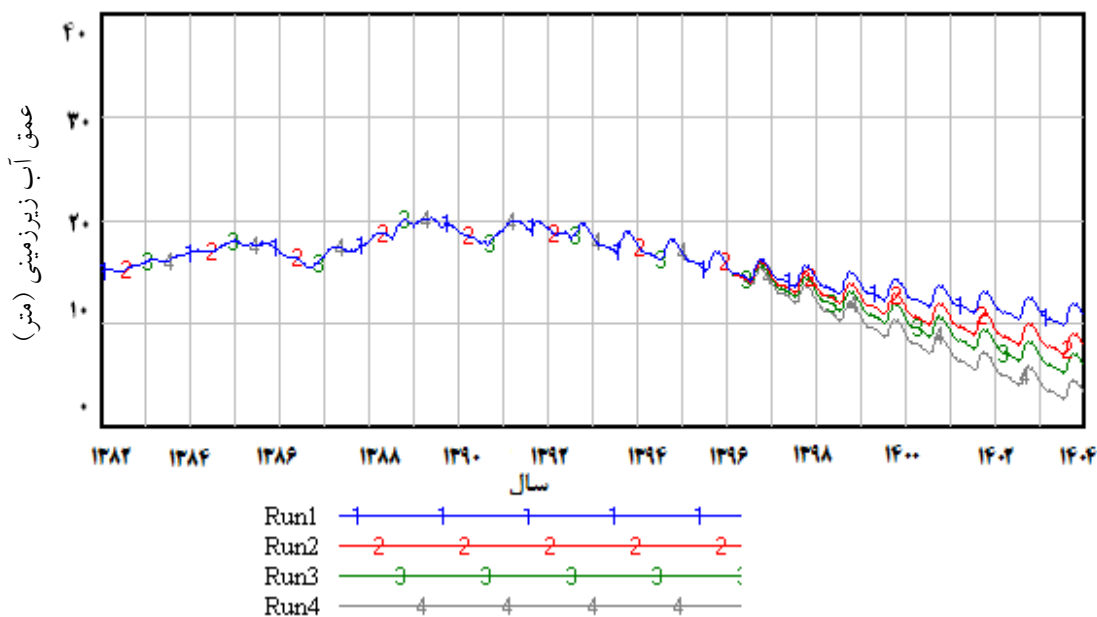
سناریوی چهارم: عرضه 200 Mm^3 آب سطحی از سد کرخه و برداشت 50 Mm^3 آب زیرزمینی در شکل (۶) اثرات سناریوهای مختلف عرضه آب سطحی و زیرزمینی بر تراز سطح آب زیرزمینی، حجم آبخوان، شوری آب زیرزمینی و تبخیر از سطح آبخوان نشان داده شده است.

عباس حدود 250 Mm^3 می باشد سناریوهای عرضه منابع آب عبارتند از: سناریوی اول: عرضه 160 Mm^3 آب سطحی از سد کرخه و برداشت 90 Mm^3 آب زیرزمینی سناریوی دوم: عرضه 170 Mm^3 آب سطحی از سد کرخه و برداشت 80 Mm^3 آب زیرزمینی سناریوی سوم: عرضه 180 Mm^3 آب سطحی از سد کرخه و برداشت 70 Mm^3 آب زیرزمینی



شکل ۶- تأثیر سناریوهای عرضه آب رودخانه کرخه بر تراز آب زیرزمینی، حجم استاتیک آبخوان، شوری آب زیرزمینی و تبخیر از سطح آبخوان

Fig. 6 Impact of Karkheh River water supply scenarios on groundwater level, static aquifer volume, groundwater salinity and evaporation from aquifer



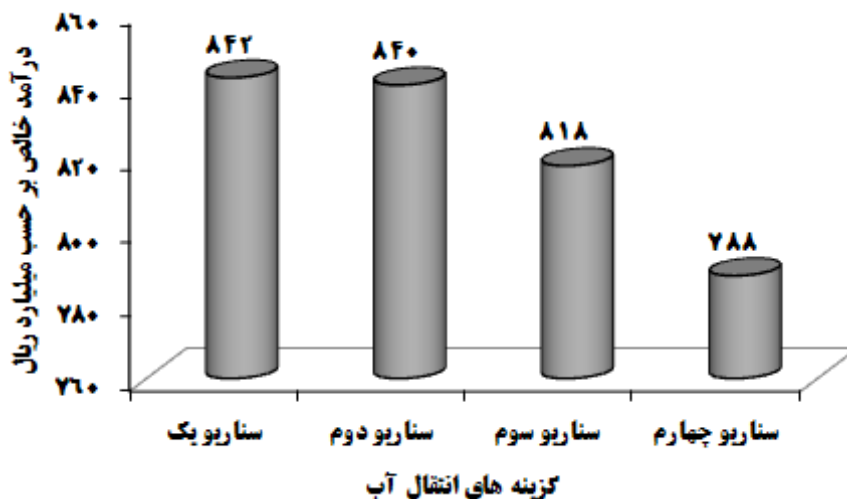
شکل ۷- بررسی اثر سناریوهای عرضه آب کرخه بر عمق آب زیرزمینی (متر)

Fig. 7 Evaluation of the effect of Karkheh water supply scenarios on underground water depth (m)

می‌ماند. همچنین نتایج نشان می‌دهد که با کاهش سطح آب زیرزمینی تبخیر از آب‌های زیرزمینی کاهش می‌یابد که این مسئله خود بیانگر قابلیت مدل و دقت آن در برآورد پارامترهای بیلان آب زیرزمینی می‌باشد؛ بنابراین به نظر می‌رسد که جهت کاهش حداکثری هزینه، سناریوی اول بهترین انتخاب باشد.

در شکل (۸) درآمد خالص هر یک از گزینه‌ها ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود گزینه یک دارای بیشترین درآمد بوده و سناریوی چهارم کمترین درآمد را به خود اختصاص داده است. افزایش سطح آب زیرزمینی باعث ماندابی شدن اراضی و کاهش عملکرد آن‌ها می‌شود؛ بنابراین گزینه یک به علت کاهش مشکلات ماندابی شدن و عدم انتقال آب‌شور به محدوده ریشه باعث افزایش عملکرد محصول شده است.

همچنین در شکل (۷) اثرات سناریوهای مختلف عرضه آب سطحی و زیرزمینی بر عمق آب زیرزمینی ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد، اعمال سناریو چهارم باعث افزایش تراز آب زیرزمینی و کاهش عمق سطح آب زیرزمینی می‌شود به طوری که اعمال این سناریو باعث می‌شود تا سال ۱۴۰۴ سطح آب زیرزمینی در همه دشت به سطح زمین رسیده عملیات کشت و کار را با مشکل مواجه شود. در این شرایط تنها راه ممکن بر مشکلات غرقابی بودن دشت، توسعه شبکه زهکشی در دشت می‌باشد که مستلزم صرف هزینه‌های هنگفت خواهد بود. همچنین نتایج نشان می‌دهد با افزایش مقدار مصرف آب زیرزمینی نیاز به زهکشی کاهش یافته به طوری که اعمال سناریوی اول باعث تعادل در آبخوان دشت شده و در این گزینه سطح آب زیرزمینی در حدود ۵ تا ۱۰ متری ثابت



شکل ۸- بررسی اثر سناریوهای عرضه آب کرخه بر درآمد خالص

Fig. 8 The effect of Karkheh water supply scenarios on net income

سناریوی دوم: به علت کاهش تخصیص عرضه آب از سد در فاز سه، الگوی کشت موردبازنگری قرار گرفت (CPS 2).

سناریوی سوم: گزینه پرمصرف یاول. در این سناریو به منظور کاهش سطح آب زیرزمینی و جلوگیری از زه دار شدن اراضی از الگوی کشت پرمصرف با تأکید برافزایش سطح صیفی‌جات استفاده گردید (CPS 3).

۳-۴- سناریوهای الگوی کشت

در صورت انتخاب سناریوی دوم انتقال آب می‌توان اثر سناریوهای مختلف الگوی کشت را مورد ارزیابی قرارداد. برای بررسی اثر الگوی کشت بر سطح آب زیرزمینی چهار سناریو زیر مورد ارزیابی قرار گرفت.

سناریوی اول: الگوی کشت مصوب. این الگوی کشت در مطالعات مرحله دو شبکه مصوب شده است (CPS1).

بر افزایش سطح علوفه و چغندر استفاده شد (CPS 4). در جدول (۱) سناریوهای الگوی کشت مختلف ارائه شده است.

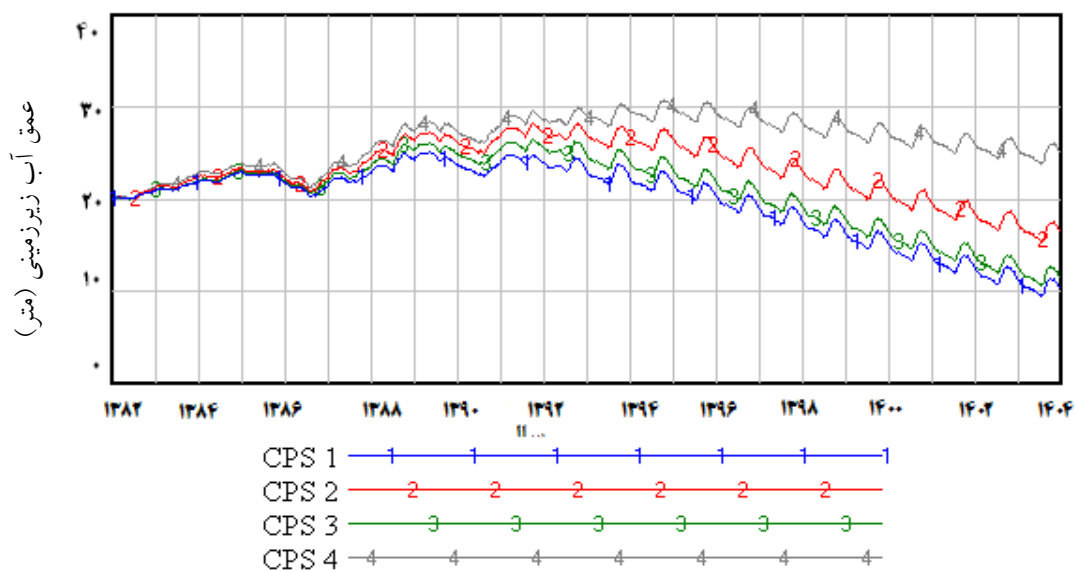
سناریوی چهارم: الگوی کشت پرمصرف دوم. در این گزینه به منظور کاهش سطح آب زیرزمینی و جلوگیری از زه دار شدن اراضی از الگوی کشت پرمصرف با تأکید

جدول ۱- سناریوهای مختلف الگوی کشت (مساحت به هکتار)
Table 1 Different scenarios of crop pattern (area in ha)

الگو	گندم	جو	هندوانه	خیار	سبزیجات	چغندر	کلزا	باقلا	لوبیا	کنجد	گوجه	ذرت	یونجه	سایر	جمع
یک	22	12.3	13.5	4.3	3.2	17	0	7.6	6.3	0	4.3	17.1	15.8	10.3	133
دو	30	10	5	5	6	16	10	5	5	5	5	20	8	0	130
سه	20	10	5	5	10	17	10	5	5	5	10	20	8	0	130
چهار	20	10	5	5	6	20	5	5	5	5	5	20	20	0	131

کشت مورد ارزیابی، سناریوی الگوی کشت چهارم بهترین الگوی کشت جهت نیل به پایداری منابع آب زیرزمینی آبخوان دشت عباس می باشد. با استفاده از این سناریوی می توان ضمن دستیابی به حداکثر سود ممکن از بالا آمدن سطح آب زیرزمینی هم جلوگیری کرد.

در شکل (۹) اثر سناریوهای مختلف الگوی کشت بر سطح آب زیرزمینی ارائه شده است. نتایج نشان می دهد که انتخاب الگوی کشت مناسب یکی از مهم ترین عوامل دستیابی به پایداری منابع آب می باشد. نتایج این مطالعه با نتایج (Sun et al. 2011) در بررسی اثر الگوی کشت بر افت سطح آب های زیرزمینی مشابهت دارد. از بین چهار سناریوی الگوی



شکل ۹- بررسی اثر سناریوهای الگوی کشت بر عمق آب زیرزمینی (متر)

Fig. 9 Effect of Crop Pattern Scenarios on Groundwater Depth (m)

۲- در وضعیت های استفاده بیشتر از آب سطحی به علت کیفیت پایین آن با مشکلات ماندابی و مشکلات شوری ناحیه ریشه گیاه و احداث شبکه زهکش مواجهه خواهیم بود.

۴- نتیجه گیری

۱- الگوی کشت مصوب و بهینه دشت شامل گندم- جو- هندوانه - خیار- سبزیجات - چغندر- کلزا- باقلا- لوبیا- کنجد- گوجه- ذرت - یونجه بوده که بر اساس جواب دهی مدل برای الگوی کشت، توصیه می شود.

افزایش مقدار نفوذ عمقی باعث افزایش حجم استاتیک آبخوان و افزایش کیفیت آب زیرزمینی به سبب رقیق شدن و همچنین کاهش شوری خاک به علت آبشویی می‌شود.

۵- پارامتر تغییر حجم آبخوان نسبت به افت هر متر آب زیرزمینی فقط بر روی تراز آب زیرزمینی مؤثر می‌باشد.

۳- از لحاظ اقتصادی بیشترین عملکرد در سناریوی اول می‌باشد چرا که منطقه ریشه دارای تهویه مناسب می‌باشد.

۴- در بحث حساسیت سنجی مشخص شد که متغیرهای کلیدی مدل دشت عباس در درجه اول به تغییرات راندمان کاربرد و سپس به تلفات نفوذ عمقی (ضریب برگشت آب به آبخوان) حساس می‌باشند.

References

- Alizadeh H. A., Liaghat A. and Sohrabi Malayusuf T. (2014). Assessing pressurized irrigation systems development scenarios on groundwater resources using system dynamics modeling. *J. Soil Water Resour. Conserv.*, 3(4), 1-15 [In Persian].
- Doorenbos J. and Kassam A. H. (1979). *Yield response to water*. FAO.
- Giordano R., Brugnach M. and Vurro M. (2012). System Dynamic Modelling for conflicts analysis in groundwater management. International Congress on Environmental Modelling and Software Managing Resources of a Limited Planet, Sixth Biennial Meeting, Leipzig, Germany.
- Henriksen H. J. Rasmussen P., Brandt G., von Bu'low D. and Jensen F. V. (2007). Public participation modelling using Bayesian networks in management of groundwater contamination. *Environ. Model. Software*, 22, 1101-1113.
- Hosseini S. A. and Bagheri A. (2013). System dynamics modeling of the water resources system in mashad plain to analyze strategies for sustainable development. *J. Water Wastewater*, 24(4), 28-39 [In Persian].
- Khan W. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *J. Plant Growth Regul.*, 28, 386-399.
- Maas E. V. and Hoffman G. J. (1977). Crop salt tolerance-current assessment. *J. Irrig. Drain. Div. ASCE*, 103 (IR2): 115-134.
- Nozari H., Liaghat A., Kholaghi M. K. and Sedighi A. (2009). Simulation of underground drainage systems under unsustainable conditions, using dynamic analysis system. *J. Agri. Eng.*, 10(2), 71-86 [In Persian]
- Ritchie, J. T. (1972). Model for predicting evaporation from a row crop with incomplete cover. *Water Resour. Res.*, 8(5), 1204-1213.
- Saysel, A. K. Barlas, Y. and Yenigun, O. (2002.) Environmental sustainability in an agricultural development project: a system dynamics approach. *Environ. Manage.*, 64, 247-260.
- Sun, Q. Krobek, R. Muller, T. Romheld, V. Cui, Z. Zhang, F. and Chen, X. (2011). Optimization of yield and water-use of different cropping systems for sustainable groundwater use in North China Plain. *Agri. Water Manag.*, 98(5), 808-814.
- Susnik, J. Vamvakeridou-Lyroudia, L. S. Savić, D. A. and Kapelan, Z. (2012). Integrated System Dynamics Modelling for water scarcity assessment: Case study of the Kairouan region. *Sci. Total Environ.*, 440, 290-306.
- Xi X. and Poh K. L. (2013). Using system dynamics for sustainable water resources management and drainage. FAO.

Investigation of Water Supply and Cropping Pattern on Water Level Rising in Abbas Plain of Ilam Province using System Dynamics Approach

Ali Bafkar^{1*}, Jamal Mozafari² and Hamzehali Alizadeh³

¹Assist. Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Razi, Kermanshah, Iran

²M.Sc., Expert, Agriculture Jihad Organization, Ilam, Iran

³Assist. Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran

*Corresponding author: alibarfkar@yahoo.com

Original Paper

Received: January 17, 2019

Revised: August 21, 2019

Accepted: September 17, 2019

Abstract

In irrigation management, the amount and quality of irrigation water is very important. Inappropriate water and soil quality will cause the plant to grow, destroy the soil structure and eventually reduce crop yield. In this study, according to the field measurement, the boundaries of the system were investigated, a conceptual model was developed to determine causal relationships, structural test, and the extent test used for the system dynamics method. Scenarios including water supply from Karkheh Dam and wells of the region as well as crop pattern were evaluated and selected. The conceptual model was based on five sub-models: water demand, water supply, environmental stresses, water economy and environment. The results showed that the use of Karkheh Dam water of 160 million cubic meters and the extraction of 90 million cubic meters of the plain aquifer will keep the groundwater level at a distance of 10 meters from the soil surface and will suppress the problem of rising groundwater level. In crop pattern scenarios, the model results were the use of crop pattern with emphasis on increasing forage and beet levels to prevent drainage.

Key word: Conceptual Model; Environment; Ilam; Scenario; Vensim Software.