شناسایی راهکارهای مناسب جهت مدیریت مصرف آب‌های سطحی استان آذربایجان غربی با استفاده از مدل‌سازی سیستم دینامیکی[1]

شیدا یوسفی[1]، سیدمهدی میردامادی*[2]، سیدجمال فرج‌اله‌حسینی[3] و فرهاد لشگر آرا[4]

۱) دانشجوی دکتری توسعه کشاورزی، گروه اقتصاد، ترویج و آموزش کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲) دانشیار، گروه اقتصاد، ترویج و آموزش کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۳) دانشیار، گروه اقتصاد، ترویج و آموزش کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۴) دانشیار، گروه اقتصاد، ترویج و آموزش کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
* ایمیل نویسنده مسئول: mirdamadi.mehdi@gmail.com

شاپا چاپی: ۷۴۸۰-۲۲۵۱
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۰-۲۲۵۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

پست الکترونیک:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

سال یازدهم
شماره چهار
تابستان ۱۴۰۱

تاریخ دریافت:
۱۴۰۰/۰۷/۲۵

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۰/۱۲/۰۳

صفحات: ۸۷-۷۵

چکیده:

زمینه و هدف: سهم بخش کشاورزی استان آذربایجان‌غربی در برداشت آب‌های سطحی ۹۱/۲ درصد است. بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب، خشکی و نابودی اراضی کشاورزی در مقابل وابستگی کار و معیشت ۱/۲ میلیون نفری جمعیت استان به بخش کشاورزی، همچنین اتخاذ برنامه‌های بلندمدت توسعه‌ای، بحران آب بخش کشاورزی را تشدید کرده است بنابراین توجه به مدیریت بر مصارف آب‌های سطحی نیز یک امر الزامی است. این پژوهش به بررسی تأثیر سناریوهای زراعی، اقتصادی، سیاست‌گذاری، اقلیمی، اجتماعی- فرهنگی و سناریوهای آموزشی جهت مدیریت بر مصارف و موجودی آب‌های سطحی پرداخته است.

روش پژوهش: تحقیق حاضر از نوع پژوهش‌های کاربردی است که با استفاده از رویکرد سیستم دینامیک جهت دستیابی به مدیریت پایدار منابع آب در استان آذربایجان‌غربی انجام گرفته است. ابتدا داده‌های آماری سال‌های گذشته (۱۳۹۷-۱۳۷۰) با استفاده از نرم‌افزارهای Excel و SPSS وارد سیستم شد. سپس مدل سیستم دینامیکی در محیط نرم‌افزار VENSIM توسعه یافته است. برای اطمینان از کارایی مدل، آزمون صحت‌سنجی مدل انجام شده است پس از اطمینان از کارایی مدل در ارزیابی سیاست‌ها، سناریوهای رشد جمعیت با نرخ‌های باروری متفاوت، PS1 (با نرخ فرزندآوری ۲/۱۱ فرزند)، PS2 (با نرخ فرزندآوری ۱/۹۵ فرزند)، PS3 (با نرخ فرزندآوری ۱/۵ فرزند) و PS4 (با نرخ فرزندآوری ۲/۶ فرزند) و سناریوهای اقلیمی با احتمال کاهش ۲۰٪ بارش سالانه، ادامه روند کنونی بارش و بهبود ۲۰٪ بارندگی سالانه به مدل معرفی شد همچنین سناریوهای سرمایه‌گذاری جهت بهبود ۰/۵ درصد راندمان آبیاری سالانه و سناریوی زراعی از جمله الگوی کشت کم‌مصرف به مدل معرفی شدند همچنین اثرات سناریوهای مشارکتی و آموزشی تا افق ۱۴۳۰ شبیه‌سازی شده است.

نتایج: یافته‌های نشان داده شده در آزمون صحت‌سنجی همبستگی زیادی بین مقادیر شبیه‌سازی شده و مقادیر مشاهده‌شده آب‌های سطحی وجود دارد یعنی مدل در ارزیابی سیاست‌ها کارایی دارد. با ادامه روند کنونی بارندگی موجودی آب‌های سطحی ۳/۷۶ درصد طی دوره شبیه‌سازی (۱۴۳۰-۱۳۹۷) کاهش می‌یابد در صورتی که خشکسالی‌ها با کاهش ۲۰٪ بارندگی سالانه تشدید شود، به دلیل تأثیر مستقیم بارش‌ها بر رواناب‌های سطحی، موجودی آب‌های سطحی، ۲۰/۵۴ درصد کاهش می‌یابد. بیشترین کاهش در مقادیر آب‌های سطحی مربوط به سناریوی کاهش بارندگی (۲۰٪-) توأم با سناریوی افزایش نرخ باروری (ps4) است که سبب شده موجودی آب‌های سطحی ۴۶/۱۵ درصد کاهش یابد. افزایش جمعیت، کل آب مصرفی و حتی تقاضای آب کشاورزی را تا ۲۷ درصد در افق ۱۴۳۰ افزایش داده است. با به‌کارگیری هم‌زمان سناریوهای الگوی کشت کم‌مصرف، سرمایه‌گذاری جهت بهبود راندمان آبیاری، فعالیت‌های مشارکتی و برنامه‌های آموزشی جهت بهبود مدیریت آب، مصارف آب ۲۹/۲۰ درصد و تقاضای آب کشاورزی از آب‌های سطحی نیز ۳۱/۳۷ درصد کاهش یافته است در این شرایط موجودی آب‌های سطحی نیز ۹/۱۲ درصد تا افق ۱۴۳۰ بهبود خواهد یافت.

نتایج: نتایج نشان داد لازم است بازنگری‌هایی در سناریوهای جمعیتی در سطح ملی صورت گیرد همچنین، سناریوی زراعی رعایت الگوی کشت کم‌مصرف با کاهش نیاز آبی در هکتار بهترین سناریو شناخته شده است و به‌کارگیری آن موجودی آب سطحی را ۲/۴۵ برابر افزایش داده است.

کلیدواژه‌ها: مدیریت منابع آب، سناریوهای اقتصادی- سیاست‌گذاری، سناریوهای اقلیمی، استان آذربایجان غربی

[1] برگرفته از رساله دکتری

10.30495/WSRCJ.2022.20005

مقدمه

کمبود و بحران آب در سراسر نواحی دارای بحران آب، شامل کشورهای واقع در شمال آفریقا تا یمن، عراق، پاکستان و افغانستان در غرب و جنوب غربی آسیا، منجر به خشکسالی و قحطی، از بین رفتن معیشت، گسترش بیماری، مهاجرت اجباری و درگیری‌های منطقه‌ای شده است (El-kharraz *et al.*, 2012). طبق آماری که در پنجمین کنفرانس بین‌المللی اقتصاد کشاورزی آسیا ارائه شد، پس از سال ۲۰۵۰ ایران نیز به یکی از کشورهای درگیر بحران شدید آب در جهان تبدیل می‌شود (Ganjizadeh and Houshmand, 2012). مجامع بین-المللی نیز پس از رشد بی‌رویه جمعیت، موضوعات مربوط به کمبود آب و مدیریت آن را دومین چالش اصلی جهان دانسته‌اند (Fani *et al.*, 2016)؛ لذا توجه به مدیریت آب به‌ویژه در بخش کشاورزی که بیشترین آب مصرفی را به خود اختصاص می‌دهد، دارای اهمیت است.

نظری و همکاران (۲۰۱۸)[1] مدیریت آب در بخش کشاورزی ایران را تحت تأثیر عوامل داخلی و خارجی زیادی دانسته‌اند که مجموعه‌ای از پویایی‌های قانونی، اجتماعی، تکنولوژی و سیاسی در آن دخالت دارند و بازنگری در نقش فزاینده‌ی کشاورزی در توسعه ملی، افزایش دانش و آگاهی تصمیم‌گیران نسبت به ریسک طرح‌های کوته‌بینانه توسعه منابع آب را پیشنهاد کرده‌اند و علاوه بر ارتقای صنایع وابسته به کشاورزی، توسعه برنامه‌های یکپارچه را جهت بهبود بهره‌وری آب استراتژی‌های مؤثری دانسته‌اند؛ که به مدیریت آب کشاورزی در ایران کمک می‌کند. سامیان و همکاران (۲۰۱۵)[2] اظهار کرده‌اند، عوامل نهادی و قانونی، فنی و علمی، اقتصادی و اجتماعی عوامل کلیدی در مدیریت کارآمد آب هستند و شرکت در برنامه‌های آموزشی، افزایش دانش کشاورزان و اعطای تسهیلات دولتی تأثیرگذارترین عوامل در مدیریت مصرف بهینه آب هستند.

نتایج تحقیق دیگر، زارع و همکاران (۲۰۱۷)[3]، نشان می‌دهد سرمایه‌گذاری در تجهیزات و گسترش سیستم‌های نوین آبیاری، تأثیر بسیار بیشتری از کنترل سطح زیر کشت بر کنترل کسری مخازن آب زیرزمینی دارد و اجرای سیستم‌های آبیاری تحت فشار باید با آموزش و نظارت و مدیریت کافی همراه شود در این صورت از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر است. نتایج پژوهش‌های وحدت ادب و بلالی (۲۰۱۶)[4]، تقوایی و همکاران (۲۰۱۱)[5]، نشان می‌دهد اعطای تسهیلات مالی و کاهش نرخ سود تسهیلات برای استفاده از آبیاری تحت فشار سبب پذیرش و کاربرد بیشتر این تکنولوژی توسط کشاورزان است. نتایج پژوهش‌های کاظمی و شیبانی (۲۰۱۳)[6]، وینز و همکاران (۲۰۰۹)[7]، بیل و همکاران (۲۰۱۱)[8]، کوتیر و همکاران (۲۰۱۷)[9] و کاریرا و همکاران (۲۰۱۸)[10] نشان می‌دهد مشارکت مردمی در مدیریت پایدار و یکپارچه منابع آب مؤثر بوده به‌طوری‌که در مراحل قبل و حین اجرای روش‌های نوین آبیاری از عوامل تشویق کننده روش‌های نوین آبیاری می‌باشد و تقطیع و پراکندگی اراضی نیز عامل بازدارنده استفاده از سیستم‌های نوین آبیاری است.

باریکانی و دیگران (۲۰۱۱)[11] در تحقیقی با عنوان «استفاده تلفیقی پایدار از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی در تعیین الگوی بهینه کشت دشت قزوین» نشان داد که با در نظر گرفتن محدودیت بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، بهینه‌سازی با هدف حداکثر منافع اجتماعی، منافع بیشتری را عاید منطقه می‌کند. همچنین توزیع زمانی برداشت از منابع آب زیرزمینی در هریک از الگوهای برآورد شده، با توجه به نیاز آبی محصولات انتخابی در ماه‌های مختلف سال، متفاوت بوده و با توجه به الگوی کشت پیشنهادی تغییر کرده است. مولوی (۲۰۱۶)[12] نیز در

[1] Nazari et al, 2018
[2] Samian et al, 2015
[3] Zare et al, 2017
[4] Vahdat Adab & Balali, 2016
[5] Taqvaee et al, 2011
[6] Kazemi & Sheibani, 2013
[7] Winz et al, 2009
[8] Beal et al, 2011
[9] Kotir et al, 2017
[10] Carrera, 2018
[11] Barikani et al, 2011
[12] Moulavi, 2016

«ارزیابی سیاست‌های مدیریت آب کشاورزی در مقیاس ملی» نشان داده اصلاح مدیریت آبیاری سطحی سبب افزایش راندمان کل آبیاری به میزان ۸/۶ درصد تا افق ۱۴۲۰ می‌شود و اعمال کم‌آبیاری به میزان ۳۰ درصد، می‌تواند در کنار اجرای سایر راهکارها و سیاست‌ها، در راه رسیدن به پایداری منابع آب، راهگشا بوده و در عین حال درآمد خالص کشاورزی و تولید ناخالص داخلی کشور را نیز با کاهش شدید مواجه ننماید.

در سال‌های اخیر، به دلیل اهمیت مدل‌سازی سیستم دینامیکی (MSD)[1] در سیستم منابع آب، این رویکرد بسیار رواج یافته است؛ چنانچه مینگ و همکاران (۲۰۱۷)[2] در مطالعه‌ای با عنوان «مدل‌سازی هیدرولوژیکی در حوضه رودخانه ماناس چین با استفاده از ابزارهای ارزیابی آب و خاک به‌وسیله برنامه CMADS» نشان داده که شبیه‌سازی روان‌آب‌ها رضایت‌بخش بوده و مدل ابزار مناسبی برای نشان دادن میزان شارژ مجدد یخچال‌های طبیعی در حوضه آبریز ماناس است و به‌خوبی می‌تواند ارزیابی منابع آب و پیش‌بینی طولانی‌مدت مدیریت منابع آب را در مقیاس بزرگ در مناطق کوهستانی نظیر مناطق شرق آسیا ارتقاء بخشد. آمیزیگو و همکاران (۲۰۱۵)[3]، در مطالعه پژوهشی با عنوان «مدل‌سازی تأثیر تغییرات اقلیمی روی منابع آب و تقاضای کشاورزی در حوضهٔ آبریز ولتا و دیگر سیستم‌های حوضه در غنا» از چندین مدل شبیه-سازی به‌منظور ارزیابی اثرات تغییرات اقلیمی روی دسترسی به آب و تولید محصول در حوضهٔ آبریز ولتا و سیستم‌های حوضهٔ جنوب‌غربی و ساحلی غنا استفاده کرده است. ژو و همکاران (۲۰۱۵)[4] در مطالعه‌ای، مدل یکپارچه تخصیص بهینه (IOAM)[5] را برای سیستم پیچیده تطبیقی مدیریت منابع آب حوضهٔ رود دونجیانگ در استان گوانگدونگ چین توسعه داده است. رحیمی-خوب و همکاران (۲۰۱۵)[6] نیز در تحقیقی در کشور با عنوان «ارزیابی یکپارچه آثار تغییر اقلیم بر سامانه‌های منابع آب و کشاورزی دشت هشتگرد با استفاده از رویکرد پویایی سیستم»، با استفاده از مدل پویایی به شبیه‌سازی کمّی و کیفی آثار تغییر اقلیم و رشد جمعیت بر سامانه‌های منابع آب و کشاورزی دشت هشتگرد پرداخته است. حسینی و باقری (۲۰۱۲)[7] در تحقیقی با عنوان «مدل‌سازی پویایی سیستم منابع آب دشت مشهد برای تحلیل استراتژی‌های توسعه پایدار»، با هدف بیان چگونگی عملیاتی کردن ارزیابی یکپارچه منابع آب، به ارزیابی سیستم منابع آب دشت مشهد در نتیجه اقدامات و سیاست‌های اتخاذ شده در فرایند برنامه‌های توسعه اقتصادی کشور پرداخته و با راهبردهای سه‌گانه (رشد اقتصادی با رویکرد محدودیت منابع آب؛ تخصیص منابع آب با رویکرد ارزش افزوده؛ و تغییر الگوی کشت) بسته‌های سیاسی تدوین شده است.

اعمال سیاست‌های صحیح دولتی برای مدیریت صحیح آب در کشاورزی و اعطای تسهیلات در راستای مکانیزه کردن آبیاری می‌تواند بهره‌وری آب در این بخش مهم اقتصادی را افزایش دهد تا حدی اثر بحران را کاهش دهد. به‌ویژه اعمال مدیریت صحیح آب در مناطق غرب کشور که قبلاً نزدیک ۷۰ درصد منابع آب کشور را در خود جای داده بود، به‌ویژه استان آذربایجان‌غربی که زمانی دومین استان پرآب کشور محسوب می‌شد اما امروز دچار بحران شدید آب است و انجام پژوهش کنونی را ایجاب کرده است، به‌طوری که کاهش سرانه آب تجدید پذیر استان، بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب، تهی‌شدن آبخوان‌ها، خشکی و نابودی اراضی کشاورزی زیرحوضه آبریز دریاچه ارومیه، رهاسازی بخشی از اراضی کشاورزی و حتی افزایش مهاجرت روستاییان و افزایش جمعیت شهری استان در مقابل وابستگی کار و معیشت ۱/۲ میلیون نفری جمعیت استان به بخش کشاورزی، همچنین اتخاذ

[1] Modeling System Dynamic
[2] Meng et al, 2017
[3] Amisigo et al, 2015
[4] Zhou et al, 2015
[5] Integrated Optimal Allocation Model
[6] Rahimi Khoob et al, 2015
[7] Hosseini & Bagheri, 2012

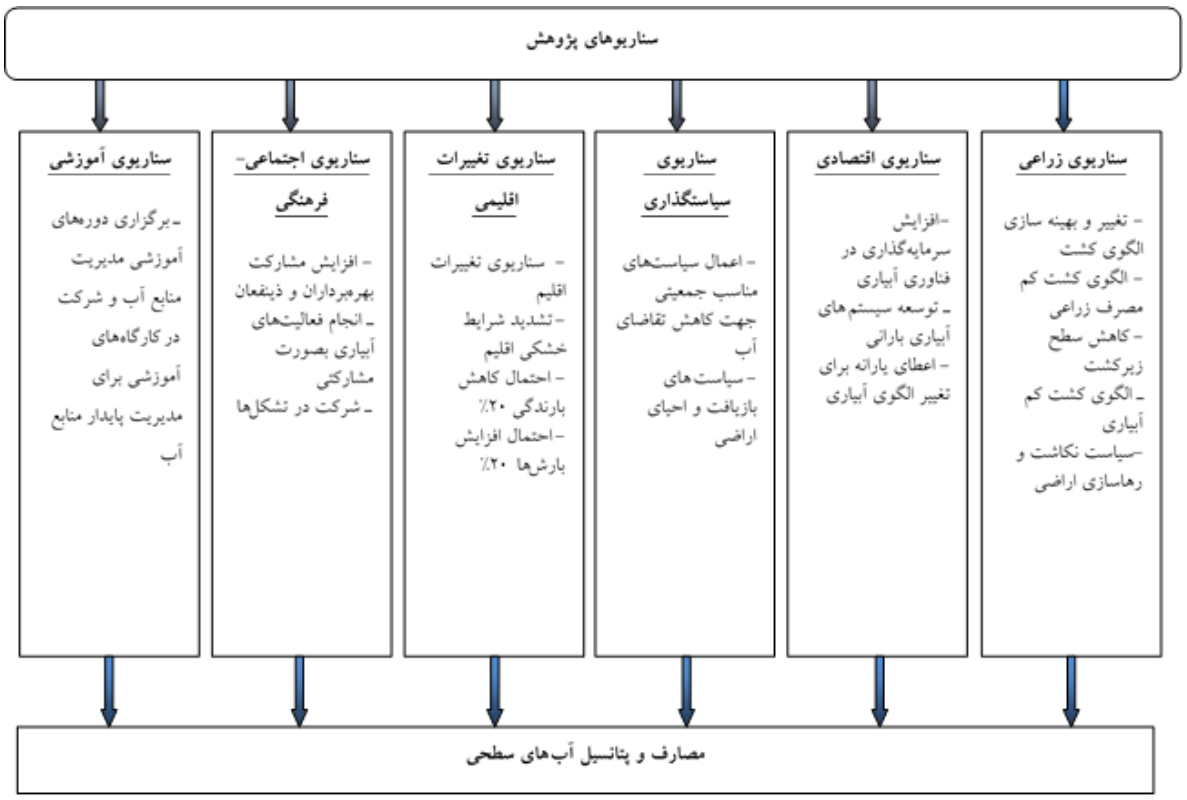
برنامه‌های بلندمدت توسعه‌ای جهت احیای دریاچه و رقابت جهت تخصیص منابع آب برای احیای دریاچه از یکسو و حفظ و توسعه بخش کشاورزی استان از دیگر سو، مدیریت پایدار منابع آب را به مهم‌ترین سیاست توسعه‌ای استان تبدیل کرده است و اهمیت استان آذربایجان‌غربی را جهت انجام پژوهش کنونی نشان داده است.

با توجه به اهمیت مدل‌سازی و رویکرد سیستم دینامیکی (System Dynamic SD) در طراحی سیاست-های مدیریت آب، در پژوهش کنونی به بررسی تأثیر سناریوهای مختلف زراعی، اقتصادی، سیاست‌گذاری، اقلیمی، اجتماعی- فرهنگی و آموزشی بر روی «مصارف و موجودی آب‌های سطحی» پرداخته شده و مدل نظری تحقیق با توجه به مطالب و مفاهیم مذکور، به‌صورت شماتیک تدوین شده است (شکل ۱).

موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های استان آذربایجان‌غربی

استان آذربایجان غربی با وسعتی معادل ۴۳۶۶۰ کیلومترمربع و اختصاص ۲/۶۵ درصد از مساحت کل کشور، در منتهی‌الیه شمال‌غرب ایران واقع شده است و از لحاظ ناهمواری‌ها، چهره‌ی متنوعی دارد، بطوری‌که ۲۱ - درصد از مساحت آن را نواحی پست و جلگه‌ها، ۶۳ درصد را ارتفاعات و ۱۶ درصد را بستر دریاچه ارومیه به-خود اختصاص داده است و کل سطح این استان در سه حوضه آبریز دریاچه ارومیه، زاب‌کوچک و ارس قرارگرفته است که ۱۴ رود اصلی و چند رود فصلی آن در این سه حوضه آبریز واقع شده‌اند.

بر اساس آمار سازمان هواشناسی میزان بارندگی سالانه استان طی سال‌های (۱۳۹۷-۱۳۷۰) از ۴۲۹ میلی‌متر سالانه به ۲۵۸ میلی‌متر رسیده است و کاهش ۴۰ درصدی یافته است. رشد جمعیت و مصارف بی‌رویه آب



شکل ۱. سناریوهای مؤثر بر حجم آب‌های سطحی

گردآوری داده‌های آماری متغیرهای سه زیرسیستم منابع آب، تولید کشاورزی، جمعیت و تجزیه و تحلیل در نرم‌افزار Excel و SPSS
رسم نمودارهای علی جهت ایجاد ارتباط بین متغیرهای تحقیق
توسعه مدل SD از طریق نمودارهای حالت – جریان در محیط vensim
تست مدل از طریق آزمون شرایط حدی برای مشاهده رفتار واقع بینانه مدل
طراحی سناریوها
اجرای سناریوهای مدنظر در سیستم و اجرای مدل جدید SD
تحلیل نتایج سناریوها با استناد به خروجی نتایج مدل و بررسی تأثیر آنها روی موجودی آب‌های سطحی

شکل ۲. فلوچارت روش‌شناسی تحقیق

بخش‌های مختلف و به‌ویژه کشاورزی، موجودی آب سطحی این استان را دستخوش تغییرات زیادی کرده است. به‌طوری‌که ۹۱ درصد از منابع آب موجود توسط بخش کشاورزی برداشت شده و بیشترین سطح زیر کشت (۷۵٪) به کشت آبی اختصاص پیدا کرده است. تولید سالانه‌ی شش میلیون تنی انواع محصولات کشاورزی به‌ویژه محصولات استراتژیک مانند گندم و جو در سطح ۸۳۰ هزار هکتار آن و داشتن رتبه اول در تولید محصولاتی مانند سیب، عسل، انگور و تولید انبوه آنها سبب گسترش صنایع تبدیلی و تولیدی شده و اهمیت آب و وابستگی اقتصاد بخش کشاورزی به آن را بیشتر نشان می‌دهد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق نوعی پژوهش کاربردی است که با هدف دستیابی به مدیریت پایدار منابع آب با استفاده از رویکرد SD در استان آذربایجان‌غربی انجام گرفته است. در این پژوهش، داده‌های آماری ۳۰–۲۵ سال گذشته (۱۳۹۷–۱۳۷۰) مربوط به متغیرهای تولید کشاورزی، منابع آب و جمعیت گردآوری شده است تا با ایجاد شرایط احتمالی در زمینه تغییر شرایط اقلیمی، روند رشد جمعیت، تغییر الگوی کشت و توسعه سیستم‌های آبیاری، با طراحی سناریوهایی رفتار متغیر آب‌های سطحی تا افق ۱۴۳۰ شبیه‌سازی شود. مراحل انجام تحقیق کنونی و جزئیات طبق فلوچارت زیرین در شکل (۲) توضیح داده شده است.

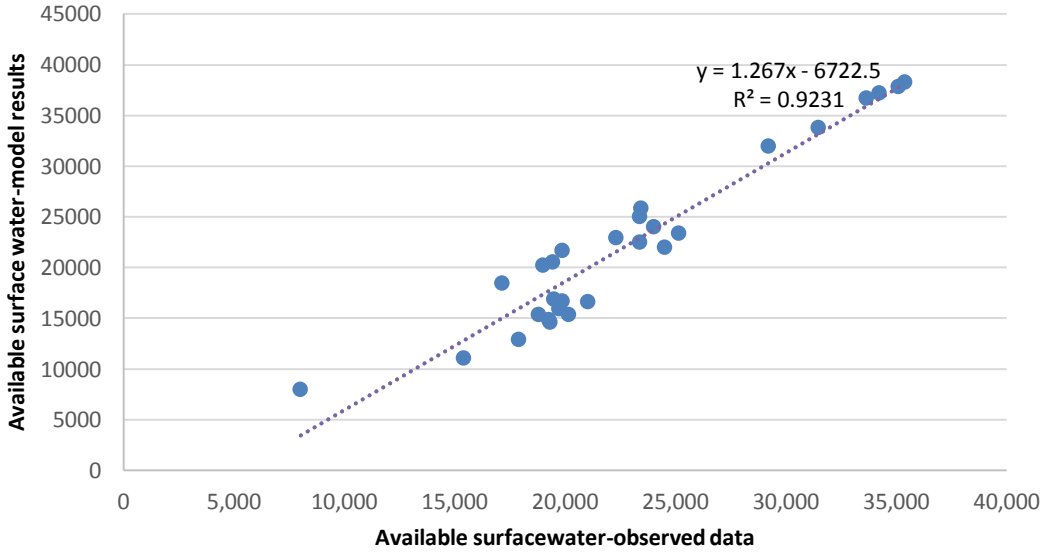
موجودی آب‌های سطحی

آب‌های سطحی موجود (متغیر حالت) جهت بررسی پایداری منابع آب در مدل تعریف و ورودی‌ها و خروجی‌ها به آن (متغیرهای جریان) به مدل معرفی‌شده‌اند. بر اساس گزارش وزارت نیرو (۲۰۱۸)، مقدار متغیر آب‌های سطحی موجود در سال ۱۳۷۰ (شروع تحقیق) رقم ۸۰۰۰ و در سال ۱۳۹۷ رقم ۱۶۱۰۱/۸۱ میلیون - مترمکعب (mcm) می‌باشد که به مدل وارد شده است؛ و جریانات سطحی تأثیرگذار بر آن، جریان آب سطحی ورودی به داخل، جریان آب انتقالی از خارج استان و رواناب‌های حاصل از بارندگی (mcm۱۵۹۵۹) است. جریانات خروجی نیز شامل تبخیر از بارندگی، تبخیر از سطح آب آزاد، آب سطحی خروجی به ارس- عراق و مصرف کل بخش‌های کشاورزی، صنعت و شرب از آب سطحی (mcm ۲۵۵۴/۷۲) است که آب‌های سطحی برداشت شده است (جدول۱) که بخشی (mcm ۱۴۰۴/۳) به‌عنوان جریانات برگشتی از مصارف سه بخش به آب سطحی و زیرزمینی وارد شده است.

جدول ۱. نوع مصارف آب‌های سطحی استان آذربایجان‌غربی

نوع جریانات	نوع مصرف	حجم مصرف (میلیون مترمکعب)
آب‌های سطحی	کشاورزی	۲۳۲۷/۵
	صنعت	۱۶/۵
	شرب	۱۵۷
	کل	۲۵۵۴/۷۲

منبع: Ministry of Energy, 2018



شکل ۳. نمودار همبستگی زیاد مقادیر شبیه‌سازی‌شده موجودی آب‌های سطحی در مدل و مقادیر مشاهده‌ای از موجودی آب سطحی

طراحی سناریوها و استفاده از مدل برای تجزیه و تحلیل سیاست‌ها

توسعه مدل

ابتدا، مرز سیستم مدیریت منابع آب سطحی با تعیین متغیرهای فرعی تأثیرگذار شناسایی شد و فرضیه دینامیکی تحقیق با بررسی زیرسیستم‌ها و دینامیک‌های تأثیرگذار و ارتباط علی- معلولی بین آنها **تبیین** شد، سپس نمودارهای حالت- جریان با الهام از نمودارهای علت و معلولی توسعه داده شد. در این مرحله، معادلات حاکم بر متغیرها وارد مدل شده و ساختار و قوانین تصمیم‌گیری مشخص و پارامترها، روابط رفتاری و شرایط اولیه حاکم در محیط نرم‌افزار VENSIM تخمین زده شده است.

آزمون مدل (صحت‌سنجی مدل)

آزمون مدل، جهت تائید کارایی مدل در ارزیابی سیاست‌ها انجام می‌شود؛ در این آزمون، داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی‌شده متغیر توسط مدل مقایسه می‌شود، اگر خروجی مدل با مقادیر مشاهده‌ای تفاوت معنی‌داری نداشت، می‌توان از صحت مدل اطمینان حاصل نمود (شکل ۳). در تحقیق کنونی مقادیر نزدیک به یک R^2 و ضریب همبستگی بالای R (۰/۹۶) نشان می‌دهد همبستگی شدیدی بین موجودی آب‌های سطحی شبیه‌سازی‌شده و داده‌های مربوط به موجودی آب‌های سطحی مشاهده شده وجود دارد که دلالت بر صحت عملکرد مدل است.

پس از آزمون مدل و اطمینان از صحت کارایی مدل، سناریوهای مختلف در قالب سیاست‌هایی به مدل معرفی شد تا تأثیر به‌کارگیری آنها برای حجم منابع آب سطحی طی دوره شبیه‌سازی (۱۴۳۰-۱۳۹۸) بررسی شود (جدول ۲). می‌توان گفت سناریوهای جمعیتی تحقیق بر اساس سناریوهای ارائه شده توسط مرکز آمار ایران (۲۰۱۹)[1] است که برای رشد جمعیت در سطح ملی تا افق ۱۴۳۰ در نظر گرفته شده است. سناریوهای فعالیت‌های مشارکتی و برنامه‌های آموزشی تحقیق نیز در ادامه پژوهش رسولی‌آذر و همکاران (۲۰۱۱)[2] در منطقه مورد مطالعه طراحی شده که سازه‌های اجتماعی و فرهنگی را در پذیرش سیستم‌های آبیاری و مدیریت آب مؤثر دانسته‌اند، لذا در تحقیق کنونی تأثیر مشارکت (با احتمال افزایش ۱۵٪) و آموزش (با احتمال افزایش ۲۰٪) در پذیرش سیستم‌های آبیاری و مدیریت آب تا افق ۱۴۳۰ شبیه‌سازی شده است.

[1] Statistics Center of Iran, 2019
[2] Rasooli Azar, 2011

جدول ۲. سناریوهای طراحی‌شده در مدل جهت مدیریت پایدار منابع آب و توسعه پایدار کشاورزی

سناریو	سطوح اعمال سناریو	علامت در مدل
سناریوهای رشد جمعیت population increase rate scenarios	ثبات باروری در سطح جانشینی (با نرخ فرزندآوری ۲/۱۱ فرزند)	population scenario1 (ps1)
	کاهش باروری با شیب ملایم (با نرخ فرزندآوری ۱/۹۵ فرزند)	population scenario2 (ps2)
	کاهش باروری با شیب تند (با نرخ فرزندآوری ۱/۵ فرزند)	population scenario3 (ps3)
	افزایش بالاتر از سطح جانشینی (با نرخ فرزند آوری ۲/۶ فرزند)	population scenario4 (ps4)
سناریوهای بارش و خشکسالی Rainfall scenario	شرایط نرمال بارندگی (ادامه روند کنونی)	Rainfall scenario1 (normal)
	افزایش بارش‌ها با شدت ۲۰٪	Rainfall scenario2 (%20increase)
	کاهش بارش‌ها با شدت ۲۰٪	Rainfall scenario3 (%20decrease)
سناریوی مدرنیزاسیون و توسعه سیستم‌های آبیاری (irrigation modernization scenario)	شرایط کنونی راندمان آبیاری	current status irrigation
	بهبود ۰/۵ درصد راندمان آبیاری سالانه	0/5% improvement in efficiency irrigation
سناریوهای الگوی کشت crop pattern scenario	الگوی کشت کنونی (متوسط نیاز آبی ۱۱۲۳۸ m^3/hec)	crop pattern scenario1 (current)
	الگوی کشت کم‌مصرف آبی (متوسط نیاز آبی ۸۸۵۹ m^3/hec)	crop pattern scenario2 (low use)
سناریوی ترکیبی (بهینه‌سازی الگوی کشت) crop pattern optimization	الگوی کشت کم‌مصرف+ افزایش ۰/۵ درصد راندمان آبیاری سالانه	water use in crop pattern and irrigation efficient scenario
سناریوی سطح زیر کشت crop area scenario	سطح زیر کشت ثابت	constant crop area scenario
	کاهش ۲۰٪ سطح زیر کشت	%20 decrease in crop area
سناریوی فعالیت‌های مشارکتی participatory scenario	عدم وجود مشارکت	no participatory
	وجود مشارکت با احتمال افزایش ۱۵٪ در پذیرش سیستم‌های نوین آبیاری	participatory with 0/15 increase in irrigation
سناریوی فعالیت‌های آموزشی و ترویجی education scenario	عدم وجود آموزش	no education
	وجود آموزش با احتمال افزایش ۲۰٪ در پذیرش سیستم‌های نوین آبیاری	education with 0/2 increase in irrigation

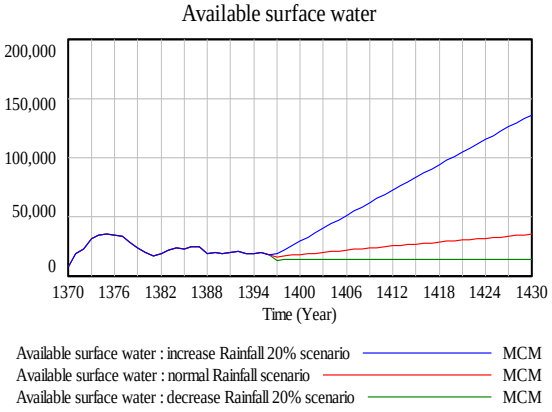
نتایج و بحث

اثر سناریوهای بارندگی بر موجودی آب سطحی

بررسی سناریوهای بارندگی نشان می‌دهد در شرایط کنونی کشاورزی (از حیث به‌کارگیری الگوی کشت، سیستم‌های آبیاری، میزان مشارکت‌های اجتماعی و برنامه-های آموزشی در فعالیت‌های مدیریت آب)، با ادامه روند کنونی بارندگی موجودی آب‌های سطحی ۳/۷۶ درصد طی دوره شبیه‌سازی (۱۴۳۰-۱۳۹۷) کاهش می‌یابد و اگر شرایط خشکسالی اعمال شود، کاهش ۲۰٪ بارندگی سبب کاهش ۲۰/۵۴ درصدی آب‌های سطحی تا افق ۱۴۳۰ می-شود چنانچه نمودار (شکل ۴) نیز نشان می‌دهد در این شرایط، موجودی آب‌های سطحی در سطح پایین‌تری نسبت به شرایط نرمال بارندگی قرار می‌گیرد؛ از سوی دیگر تجارب نشان داده است خشکسالی‌ها، با ایجاد شرایط بحرانی، سبب می‌شوند برداشت بیشتری از منابع آب زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی صورت گیرد و این مسئله سبب تهی شدن بیشتر آب‌های زیرزمینی می-شود.

بر اساس گزارشات و آمارهای استانی (Ministry of Energy, 2017)، نیز هم‌اکنون مجموع مصارف سه بخش کشاورزی (۹۱/۲ درصد)، صنعت (۰/۶۴ درصد) و شرب (۶ درصد)، از آب‌های سطحی بیشتر از روانآب‌های حاصل از بارندگی و جریانات آب انتقالی به داخل استان است؛ به‌طوری‌که تغییرات حجم ذخیره مخزن آب‌های سطحی استان به ۱۵۵/۰۴- میلیون مترمکعب رسیده است که لازم است میزان برداشت‌های سالانه (۲۵۷۱ میلیون

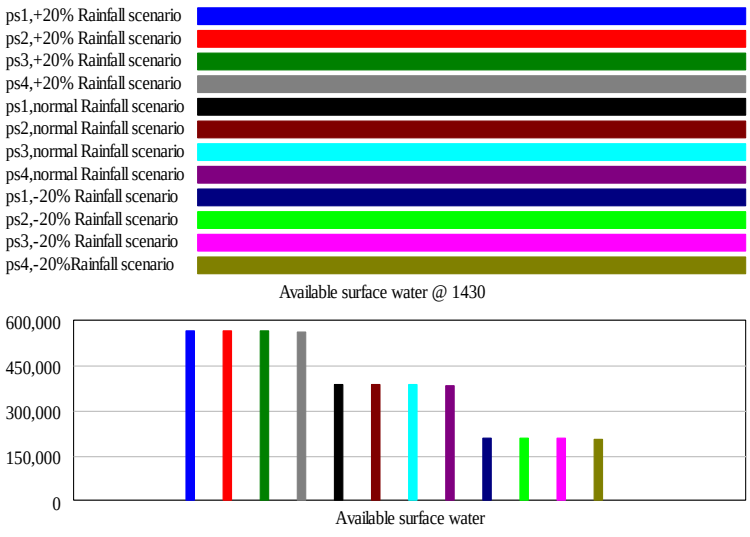
مترمکعبی) آب‌های سطحی بسیار کاهش یابد تا وضعیت تخلیه در برابر تغذیه آن جبران شود. بر اساس نتایج تحقیق حتی با ادامه روند بارندگی‌ها تا افق ۱۴۳۰ وضعیت همچنان وخیم خواهد شد. یافته‌های تحقیق کنونی نیز نشان داده ادامه روند کنونی بارندگی سبب کاهش ۳/۷۶ درصدی حجم آب‌های سطحی شده است در مقابل با افزایش ۲۰٪ سالانه بارندگی (به دلیل تأثیر مستقیم بارش-ها بر رواناب‌های سطحی)، موجودی آب‌های سطحی در افق ۱۴۳۰ نسبت به دوره شروع شبیه‌سازی، ۵ برابر افزایش خواهد یافت و مانند آنچه در نمودار (شکل ۴) مشاهده می‌شود روند منحنی به‌طور فزاینده‌ای بهبود یافته است.



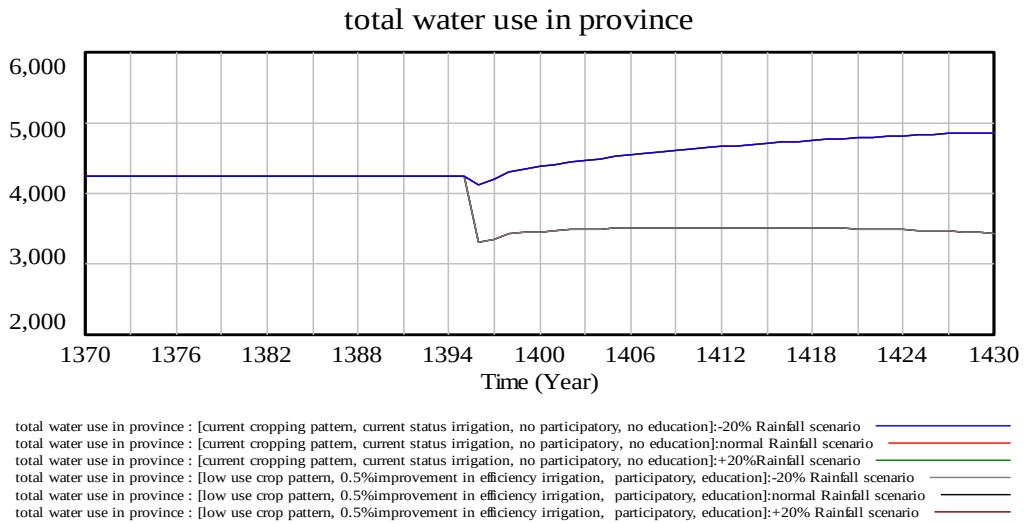
شکل ٤. نمودار اثر سناریوهای بارندگی و خشکسالی بر پتانسیل آب سطحی استان آذربایجان‌غربی (mcm)

سناریوی ترکیبی شرایط مختلف بارندگی و رشد جمعیت (ps1،ps2،ps3،ps4) و تأثیر آنها بر موجودی آب‌های سطحی

سناریوی ترکیبی کنونی، جهت بررسی تأثیر سناریوهای مختلف رشد جمعیت در شرایط متفاوت بارندگی طراحی شده است. نمودار (شکل ۵) نشان می-دهد حجم آب‌های سطحی در سناریوهای مختلف بارندگی و رشد جمعیت بیشتر با تغییر شرایط بارندگی - تغییر چشمگیری یافته و تغییرات رشد جمعیت، تأثیر نامحسوسی بر تغییرات حجم آب‌های سطحی داشته است. به‌طور کلی با افزایش ۲۰٪ بارندگی در تمام سناریوهای جمعیتی، حجم آب‌های سطحی به بیشترین مقدار خود می‌رسد. موجودی آب‌های سطحی در سناریوی افزایش بارندگی (۲۰٪+) در شرایط ثبات روند باروری (ps1) ٤٥ درصد، با کاهش نرخ باروری با شیب ملایم (ps2) ۴۵/۸۰ درصد، با کاهش نرخ باروری با شیب تند (ps3) ٤٥/٥٨ و با افزایش نرخ باروری (ps4) ٤٦ درصد تا افق ۱٤۳۰ افزایش می‌یابد. بیشترین کاهش در موجودی آب‌های سطحی نیز در شرایط خشکسالی با افزایش نرخ باروری (ps4) به وجود آمده و سبب شده موجودی آب‌های سطحی ۴۶/۱۵ درصد تا افق ۱۴۳۰ کاهش یابد؛ زیرا افزایش نرخ باروری جمعیت (ps4) با افزایش آب مصرفی



شکل ۵. نمودار تأثیر سناریوهای مختلف بارندگی و رشد جمعیت (خشکسالی – نرمال بارندگی و بهبود بارندگی و سناریوهای جمعیتی ps4)،ps3،ps2،ps1 بر حجم منابع آب سطحی استان آذربایجان‌غربی تا افق ۱۴۳۰ (mcm)



شکل ۶. نمودار تأثیر سناریوهای مختلف مدیریت منابع آب (الگوی کشت کم‌مصرف آبی - بهبود ۰/۵ درصد راندمان آبیاری سالیانه – فعالیت‌های مشارکتی – برنامه‌های آموزشی) در شرایط خشکسالی - نرمال بارندگی و بهبود بارندگی بر مصارف آب استان آذربایجان‌غربی تا افق ۱۴۳۰ (mcm)

سبب کاهش موجودی آب سطحی شده است. همچنین موجودی آب سطحی با کاهش بارندگی (۲۰٪-) در صورت ادامه روند باروری (ps1) ۴۶ درصد، با کاهش نرخ باروری با شیب ملایم (ps2) ۴۵/۸۰ درصد، با کاهش نرخ باروری با شیب تند (ps3) ۴۵/۶ درصد کاهش می‌یابد.

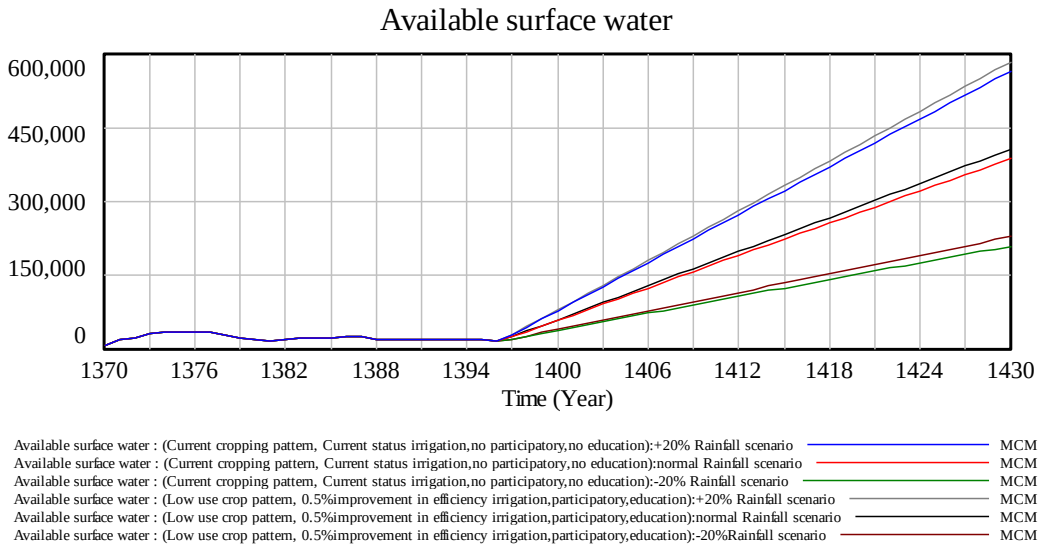
نتایج، نشان داده در تمام سناریوهای جمعیتی (ps1،ps2،ps3،ps4) باوجود متفاوت بودن نرخ باروری، رقم جمعیت همچنان افزایش یافته است و این، سبب کاهش ۲۶ درصد سرانه آب تجدیدپذیر در افق ۱۴۳۰ نسبت به شروع دوره شبیه‌سازی شده است. افزایش جمعیت، کل آب مصرفی و حتی تقاضای آب کشاورزی را تا ۲۷ درصد در افق ۱۴۳۰ افزایش داده است؛ بنابراین طراحی سناریوهایی جهت کاهش مصرف آب در کشاورزی لازم است.

تأثیر سناریوی‌های ترکیبی بارندگی (در شرایط مدیریت بر منابع آب از طریق سناریوهای الگوی کشت کم‌مصرف - بهبود ۰/۵ درصد راندمان آبیاری- فعالیت‌های مشارکتی و برنامه‌های آموزشی) بر مصارف آب استان

در این بخش، تأثیر سناریوهای ترکیبی در سه وضعیت خشکسالی، ادامه روند کنونی بارندگی و افزایش ۲۰٪ بارندگی در دو حالت، بر مصارف آب استان بررسی شده است. نمودار (شکل ٦) نشان می‌دهد در تمام شرایط بهبود بارندگی و خشکسالی، ادامه روند کنونی کشاورزی بدون تغییر الگوی کشت و آبیاری، سبب می‌شود کل مصارف آب استان، ١٤/٥٩ درصد در افق ١٤٣٠ افزایش یابد؛ اما به‌کارگیری سناریوهای الگوی کشت کم‌مصرف آبی، سرمایه‌گذاری در سیستم‌های آبیاری جهت بهبود سالانه ۰/۵ درصد راندمان آبیاری و انجام فعالیت‌های مشارکتی و به‌کارگیری برنامه‌های آموزشی در مدیریت آب، سبب کاهش ۲۹/۲۰ درصدی مصارف آب استان در افق ١٤٣٠ شده است.

تأثیر سناریوهای بارندگی، کاهش سطح کشت - الگوی کشت کم‌مصرف و بهینه‌سازی الگوی کشت، توسعه سیستم-های آبیاری، فعالیت‌های مشارکتی و برنامه‌های آموزشی جهت مدیریت بر آب‌های سطحی

در این سناریوی ترکیبی نیز تأثیر سناریوهای مختلف بارندگی در ترکیبی با سناریوهای تأثیرگذار تحقیق کنونی، شامل (الگوی کشت کم‌مصرف آبی، بهبود ۰/۵ درصد راندمان آبیاری سالانه، فعالیت‌های مشارکتی و برنامه‌های آموزشی) بر پتانسیل آب‌های سطحی بررسی شده است.



شکل ۷. نمودار تأثیر سناریوهای مختلف مدیریت منابع آب (الگوی کشت کم‌مصرف آبی - بهبود راندمان آبیاری سالیانه – مشارکتی - آموزشی) در شرایط خشکسالی - نرمال بارندگی و بهبود بارندگی بر حجم منابع آب سطحی استان آذربایجان‌غربی تا افق ۱۴۳۰ (mcm)

جهت مقایسه می‌توان گفت، در شرایط خشکسالی، اعمال سناریوهای مذکور تأثیر مهمی در کنترل بر برداشت بی‌رویه و مدیریت منابع آب دارند و با کاهش ۳۱/۳۷ درصدی تقاضای آب کشاورزی از آب‌های سطحی، سبب می‌شوند موجودی آب‌های سطحی ۹/۱۲ درصد نسبت به شرایط بدون اعمال این سناریوها بهبود یابد. در صورت ادامه روند کنونی بارش‌ها، اعمال سناریوهای مذکور سبب بهبود ٤/٩٤ درصدی پتانسیل آب‌های سطحی نسبت به شرایط مشابه بارندگی بدون اعمال سناریوها تا افق ١٤٣٠ خواهد شد؛ حتی در شرایط افزایش ۲۰٪ بارندگی سالیانه نیز، اعمال این سناریوها سبب بهبود ۳/۳۸ درصدی پتانسیل آب‌های سطحی تا افق ١٤٣٠ خواهد شد (شکل ۷).

در بررسی تأثیر سناریوها می‌توان گفت، سناریوی الگوی کشت کم‌مصرف آبی با حذف محصولات با نیاز آبی بالا مانند چغندر و کاهش سطح آبیاری باغات، مؤثرترین سناریوی تحقیق است و با کاهش ۲۹/۰۸ درصدی حجم آب مصرفی در افق ١٤٣٠ نسبت به شروع دوره شبیه-سازی، سبب افزایش ۲/۴۵ برابری آب‌های سطحی در افق ۱۴۳۰ خواهد شد، بهینه‌سازی الگوی کشت نیز با ترکیبی از دو سناریوی الگوی کشت کم‌مصرف و بهبود ۰/۵ درصد راندمان آبیاری سالانه از طریق توسعه سیستم‌های آبیاری، با کاهش ۲۱ درصدی متوسط نیاز آبی در هکتار و کاهش ۲۲/۹۸ درصد حجم آب مصرفی، نسبت به الگوی کشت عادی باعث افزایش ٥٩/٦٤ درصد پتانسیل آب‌های سطحی می‌شود. در مورد انجام فعالیت‌های مشارکتی و برنامه‌های آموزشی، نتایج تحقیق نشان می‌دهد انجام مشارکت در برنامه‌های مدیریت آب سبب بهبود ۱۲/۲۱ درصدی حجم آب‌های سطحی در افق سال ۱۴۳۰ نسبت به شروع زمان شبیه‌سازی خواهد شد؛ و آموزش نیز تنها در ترکیبی با سناریوهای دیگر (بهبود الگوی کشت و آبیاری و فعالیت‌های مشارکتی) بر موجودی آب‌های سطحی تأثیرگذار است

نتیجه‌گیری

با توجه به سهم ۹۱ درصدی بخش کشاورزی در برداشت آب‌های سطحی در منطقه مورد مطالعه، مدیریت منابع آب سطحی به‌ویژه در بخش کشاورزی الزامی است. بنابراین در تحقیق کنونی سیاست‌هایی در شکل سناریوهای اقلیمی، سرمایه‌گذاری، زراعی، مشارکتی و آموزشی، جهت اخذ استراتژی‌های برتر در آینده با استفاده از مدل‌سازی سیستم دینامیکی طراحی شده است. یافته-های تحقیق نشان می‌دهد در صورتی که خشکسالی‌ها با

کاهش ۲۰٪ بارندگی تشدید شود، طی دوره شبیه‌سازی (۱۴۳۰-۱۳۹۷)، موجودی آب‌های سطحی، ۲۰/۵۴ درصد کاهش می‌یابد. افزایش ۲۰٪ بارندگی‌ها نیز سبب می‌شود موجودی آب سطحی ۵ برابر افزایش یابد. در شرایط ادامه روند بارش‌ها نیز حتی باوجود رواناَب‌های حاصل از بارندگی و جریانات آب انتقالی به داخل استان، بیلان آب‌های سطحی همواره منفی خواهد بود و ادامه روند کنونی بارش‌ها سبب کاهش ۳/۷۶ درصدی موجودی آب سطحی خواهد شد. بنابراین، مدیریت مصارف آب از طریق تغییر الگوی کشت و الگوی آبیاری، لازم است. نتایج، نشان داده رقم جمعیت در تمام سناریوهای جمعیتی افزایش می‌یابد. افزایش جمعیت، کل آب مصرفی و حتی تقاضای آب کشاورزی را تا ۲۷ درصد در افق ۱۴۳۰ افزایش می‌دهد بنابراین، طراحی سناریوهایی جهت کاهش مصرف آب در کشاورزی لازم است. طراحی سناریوهای الگوی کشت کم‌مصرف، سرمایه‌گذاری جهت بهبود راندمان آبیاری، فعالیت‌های مشارکتی و برنامه‌های آموزشی برای مدیریت آب سبب می‌شود مصارف کل آب استان ۲۹/۲۰ درصد و تقاضای آب کشاورزی از آب‌های سطحی نیز ۳۱/۳۷ درصد کاهش یابد در این شرایط موجودی آب‌های سطحی نیز ۹/۱۲ درصد بهبود می‌یابد. در زمینه اثر سناریوهای الگوی کشت، یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد الگوی کشت کم‌مصرف آبی، مؤثرترین سناریو است و با پایین آوردن نیاز آبی در هکتار سبب افزایش ۲/۴۵ برابری موجودی آب سطحی می‌شود.

سپاسگزاری

داده‌های مورد استفاده این مقاله با پشتیبانی و حمایت مدیریت منابع آب ایران و شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان‌غربی، سازمان جهاد کشاورزی و سازمان هواشناسی اندازه‌گیری و جمع‌آوری شده است؛ بدین-وسیله، از مسئولین و کارشناسان محترم این مؤسسات سپاسگزاری می‌شود.

Reference:

Amisigo, B.A., McCluskey, A. and Swanson, R. (2015). Modeling Impact of Climate Change on Water Resources and Agriculture Demand in the Volta Basin and other Basin Systems in Ghana. Sustainability, 7(6):6957-6975. doi:10.3390/su7066957.

Barikani, A.L., Ahmadian, M., Khalilian, S. (2011). Sustainable integrated use of surface and groundwater resources in determining the optimal cultivation pattern of Qazvin plain. Agricultural Economics and Development, 20(77): 29-56. [in Persian]

Beall, A., Fiedler, F., Boll, J. and Cosens, B. (2011). Sustainable Water Resource Management and Participatory System Dynamics. Case Study: Developing the Palouse Basin Participatory Model. Sustainability, 2011(3): 720-742. doi:10.3390/su3050720.

Carrera, L.B. (2018). Participatory and Collaborative modelling key to sustainable and inclusive development-Strengthening stakeholder ownership for informed and participatory water resources management. [Doctoral dissertation, University of Twente, Netherlands]. School for SENSE of public thecnical university.

El-Kharraz, J., El-Sadek, GH. and Eric, M. (2012). Water scarcity and drought in WANA countries. Journal of Procedia Engineering, 33: 14-20.

Fani, A. Ghazi, I. and Malekian, A. (2016). Challenges of water Resource management in Iran. American journal of Environmental Engineering, 6(4): 123-128. DOI: 10:5923/j.ajee. 20160604.03.

Ganjizadeh, R. and Hooshmand, A. (2012). A study on the cultivation pattern in irrigation and drainage network and water yield in the crop (Case study: Khairabad region of Behbahan, Khuzestan province). Third National Conference on Comprehensive Water Resource Management, Sari: https: //civilica.com/doc/335618. [in Persian]

Hosseini, A., Bagheri, A. (2012). Modeling the dynamics of the Mashhad plain water resources system to analyze sustainable development strategies. Water and Wastewater, 1392(4): 28-39. [in Persian]

Kazemi, B. and Sheibani, R. (2013). Factors affecting public participation in using modern irrigation methods to reduce water use for sustainable environmental development. First National Conference on Water and Agriculture Challenges, Iranian Irrigation and Drainage Association. [in Persian]

Kotir, J.H., Brown, G., Marshall, N. and Johnstone, R. (2017). Systemic feedback modelling for sustainable water resources management and agricultural development: An application of participatory modelling approach in the Volta River Basin. Environmental Modelling & Software, 88: 106-118.

Meng, X., Wang, H., Lei, X., Cai, S., Wu, H., Ji, X. and Tao, H. (2017). Hydrological modeling in the manas river basin using soil and water assessment tool driven by CMADS. Technical Gazette, 24(2): 525-534. DOI: 10.17559/TV-20170108133334.

Ministry of Energy. (2017). A report on the establishment of a geographical information system in the province and the study areas of West Azerbaijan Regional Water Company. Office of Basic Studies of Water Resources, Integration and Balance Group of the Regional Water Company of West Azerbaijan Province. August 2017. 58 p. [in Persian]

Ministry of Energy. (2018). Long-term report of water balance and cycle of West Azerbaijan province. Office of Basic Studies of Water Resources, Integration and Balance Group of the Regional Water Company of West Azerbaijan Province. [in Persian]

Moulavi, H. (2016). Dynamic modeling to evaluate agricultural water management policies at the national level. [Doctoral dissertation in irrigation and drainage engineering, University of Tehran], Campus of Agriculture and Natural Resources. [in Persian]

Nazari, B., Liaghat, A., Akbari, M.R and Keshavarz, M. (2018). Irrigation water management in Iran: Implications for water use efficiency improvement. Agricultural water management, 208(2018): 7-18. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.08.003

Rahimi Khoob, H., Sotoodehnia, A., Masahbuani, A.R. and Gohari, A.R. (2015). Integrated evaluation of the effects of climate change on water and agricultural resource systems of Hashtgerd plain using system dynamics approach. Iranian Soil and Water Research, 46(2): 183-193. [in Persian]

Rasooli Azar; Feli, S.; Hosseini, S.M. (2011). Investigation of effective mechanisms in the acceptance and application of pressurized irrigation systems in West Azerbaijan province. Third Congress of Agricultural Extension and Education Sciences, Mashhad, https://civilica.com/doc/131740. [in Persian]

Regional Water Organization of West Azerbaijan Province. (2018). "Provincial Water Balance and Cycle Report". Ministry of Energy. [in Persian]

Samian, M., Naderi Mahdei, K., Saadi, H. and Movahedi, R. (2015). Identifying factoraffecting optimal management of agricultural water. J.Saudi Society of Agricultural Sciences. 14: 11-18. https://doi.org/10.1016/j.jssas.2014.01.001.

Statistics Center of Iran. (2019). A report on population growth forecast in the provinces of Iran under different scenarios and rates of fertility growth up to 2025 and 2035. www.amar.org.ir. [in Persian]

Taqvaee, M., Eshaq, M., Salarvand, A. (2011). An analysis of factors affecting the non-use of pressurized irrigation systems in rural areas of Iran (Case Study: Rural Areas of Azna County). Center for Geographical Studies of Arid Areas, 1(3): 11-23. Email: m.taghavi@1tr.ui.ac.ir [in Persian]

Winz, I., Brierley, G. and Trowsdale, S. (2009). The Use of System Dynamics Simulation in Water Resources Management.Water Resour Manage, 23: 1301–1323. DOI 10.1007/s11269-008-9328-7.

Vahdat Adab R. and Balali, H. (2016). The impact of irrigation water pricing policies and government financial facilities on the acceptance of pressurized irrigation technology: A case study in Hamadan Province. Journal of Agricultural Economics and Development 30(4): 331-344. [in Persian]

Zare, Sh., Mohammadi, H. and Saboohi, M. (2017). Simulation of the development of modern irrigation systems on the equilibrium of groundwater resources in Khorasan Razavi province. Scientific Research Quarterly, Economic Research and Agricultural Development Institute 31(36): 179-195. DOI: 10.22067/jead.v3li2.6383. [in Persian]

Zhou, Y., Guo, S., Xu, C-Y., Liu, D., Chen, L. and Wang, D. (2015). Integrated optimal allocation model for complex adaptive system of water resources management (II): Case study, Journal of Hydrology, 531(3): 977-991. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.10.043.

Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
Water and Soil Resources Conservation (WSRCJ)

Web site:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

Email:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

Vol. 11
No. 4
Summer 2022

Received:
2021-10-17

Accepted:
2022-02-22

Pages: 75-87

Identification of Appropriate Solutions for Managing Surface Water Consumption of West Azerbaijan Province Using Dynamic System Modeling

Sheida Yousefi[1], Seyed Mahdi Mirdamadi[*2], Seyed Jamal Farjollah Hosseini[3]and Farhad Lashgarara[4]

1) Ph.D. student in Agricultural Development, Department of Economic, Agricultural Extension and Education, Science and Research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2) Associate Professor, Department of Economic, Agricultural Extension and Education, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3) Associate Professor, Department of Economic, Agricultural Extension and Education, Science and 4) Research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
4) Associate Professor, Department of Economic, Agricultural Extension and Education, Science and Research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
[*]Corresponding author email: mirdamadi.mehdi@gmail.com

Abstract:

Background and Aim: The share of agricultural sector in West Azerbaijan province, Iran from surface water abstraction is 91.2%. Excessive consumption of water resources, drought and destruction of agricultural lands, dependence of work and livelihood of 1.2 million population of province on the agricultural sector, the adoption of long-term development plans, have intensified the water crisis in agricultural sector. Therefore, managing the consumption of surface water is essential. This study investigates the effect of agricultural, economic, policy-making, climatic, socio-cultural and educational scenarios on management of surface water consumption and availability.

Method: The present study is an applied research has been carried out using the dynamic system approach in order to achieve sustainable management of water resources in West Azerbaijan province. First, the statistical data from the previous years (1991-2018) are entered into the system using Excel and SPSS software. Then, the dynamic system model is developed in VENSIM software. To ensure the efficiency of the model in evaluating policies, the model validation test is performed. After making sure that the model works efficiency, population growth scenarios with different fertility rates, PS1 (2.11 children), PS2 (1.95 children), PS3 (1.5 children) and PS4 (2.6 Children) and climatic scenarios with a probability of 20% annual rainfall reduction, continuation of the current rainfall trend and 20% annual rainfall improvement are introduced to the model. Additionally, investment scenarios with the aim of 0.5% improvement in the annual irrigation efficiency and the crop scenario such as low-consumption cultivation pattern are introduced to the model. Moreover, the impacts of participatory and education scenarios, are simulated up to the horizon of 2051.

Results: The results showed that in the validation test there is a high correlation between the simulated values and the observed values of surface water, and the model is effective in evaluating policies. Upon continuation of the rainfall current trend, available surface water decreases by 3.76% during the simulation period (2018-2051). Droughts intensify with a decrease of 20% of annual rainfall due to the direct effect of rainfall on runoff, available surface water is reduced by 20.54%. The largest decrease in the surface water content is related to the scenario of reduced rainfall (-20%) together with the scenario of increasing fertility rate (ps4), which cause a decrease in the available surface water by 46.15%. Population growth has increased the total water consumption and even agricultural water demand by 27% over the 2051 horizon. Simultaneously using low-consumption cultivation pattern scenarios, investment to improve irrigation efficiency, participatory activities and training programs to improve water management, water consumption decrease by 29.20% and agricultural water demand from the surface water decrease by 31.37% under these conditions, the available surface water improves by 9.12% to the horizon of 2051.

Conclusion: The results showed that, it is necessary to review population scenarios at the national level. Also, the agricultural scenario of observing the pattern of low-consumption cultivation with reducing water demand per hectare is known as the best scenario and its application has increased the available surface water by 2.45 times.

Keywords: Water resource management, Economic/policy-making scenarios, Climatic scenarios, West Azerbaijan province

10.30495/WSRCJ.2022.20005