اثر سیاست‌قیمت‌گذاری آب آبیاری بر سطح تراز آب زیرزمینی حوضه آبریز نیشابور

سمیه شیرزادی لسکوکلایه*[۱]، محمود صبوحی[۲]، کامران داوری[۳]، احمدعلی کیخا[۴]

تاریخ دریافت:۹۶/۲/۱۳ تاریخ پذیرش:۹۷/۳/۲۶

چکیده

قیمت‌گذاری آب زیرزمینی از جمله مهم‌ترین سیاست‌های مدیریت تقاضای آب کشاورزی می‌باشد که می‌تواند افزون بر استفاده بهینه از آب کشاورزی، مشوقی برای ذخیره و حفاظت از منابع آبی باشد. در این مطالعه، بمنظور دستیابی به تعادل و پایداری سطح سفره آب زیرزمینی حوضه آبریز نیشابور، مدل ترکیبی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) و روش پویایی سیستم (SD)در چهار زیرحوضه طرح‌ریزی شد و اثر تغییر قیمت آب (افزایش ۲۰ و ۴۰ درصدی) بر الگوی کشت، سود، مصرف آب آبیاری کشاورزان و در نتیجه تغییر تراز آب زیرمینی بررسی شد. داده‌های مورد نیاز مطالعه از راه تکمیل ۲۰۰ پرسشنامه و سازمان آب منطقه‌ای خراسان رضوی گردآوری شد. نتایج نشان داد، افزایش قیمت آب آبیاری تأثیر بسزایی بر تغییر الگوی کشت، کاهش سود، کاهش مصرف آب آبیاری و در نتیجه بر بهبود سطح تراز آب زیرزمینی دارد. با افزایش قیمت آب آبیاری به ۴۰ درصد سطح زیرکشت و مصرف آب در تمامی زیرحوضه‌ها برای همه محصولات کاهش نشان داد که بیش‌ترین کاهش در مصرف آب آبیاری مربوط به زیرحوضه ۴ و به مقدار ۳۶ درصد بوده است. هم‌چنین، اعمال سیاست قیمتی منجر به کاهش سود ناخالص، بین ۰/۵ درصد در زیرحوضه ۳ تا ۱۱/۱ درصد کاهش در زیرحوضه ۲ گردید. اثر تغیر قیمت بر تراز آب زیرزمینی در یک دوره ۱۲ ماهه شبیه‌سازی نیز نشان داد که افزایش تا ۲۰ درصد قیمت آب آبیاری در طول یک سال، ۰/۳۳ متر سطح آب زیرزمینی را بهبود خواهد بخشید. از این رو، در اولویت قرار دادن سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری، در تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌های سیاستی مدیریت منابع آب استان

[۱] - استادیارگروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
[۲] - استاد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه فروسی مشهد.
[۳] - دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد.
[۴] - دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل.
*- نویسنده مسئول مقاله:shirzady24@gmail.com

خراسان رضوی، به عنوان راهبردی مناسب و کاربردی جهت کاهش تقاضای آب آبیاری و پایداری منابع آب دشت نیشابور توصیه می‌شود.

طبقه بندی **JEL**: Q14، Q18، Q25

واژه‌های کلیدی: سیاست قیمتی آب، تعادل هیدرولوژیکی، حوضه آبریز نیشابور، تراز آب زیرزمینی.

پیشگفتار

رشد فزاینده جمعیت و تخریب‌های ناشی از آن و نیاز روز افزون به محصولات کشاورزی و دامی و محدودیت آب و خاک حاصل خیز، مسئله کم آبی را به گونه‌ای بسیار جدی، فرا روی کشور قرار داده است. کشور ایران با میانگین بارندگی ۲۵۰ میلی متر در سال نسبت به ۷۵۰ میلی متر میانگین جهانی، در گروه کشورهای خشک و نیمه خشک قرار دارد (جلیل پیران، ۱۳۹۱). کسری مخزن حجم آب زیرزمینی جهان سالانه بین ۷۰۰ تا ۸۰۰ میلیارد مترمکعب می‌باشد که ۱ درصد آن متعلق به کشور ایران است (اکبری و همکاران، ۱۳۸۸). تولید مواد غذایی و حرکت به سوی کشاورزی پایدار، وابسته به استفاده صحیح و منطقی از منابع محدود آب است زیرا از یک سو، حدود ۹۰ درصد تولیدات بخش کشاورزی در کشور از کشت‌های آبی بدست می‌آید در حالی که محدودیت آب موجب شده تا از ۳۷ میلیون هکتار اراضی مستعد کشاورزی فقط ۷/۸ میلیون هکتار به صورت آبی کشت شود و از سوی دیگر، از ۱۳۰ میلیارد مترمکعب عرضه آب تجدیدپذیر از منابع سطحی و زیرزمینی، بیش از ۹۰ درصد آن در بخش کشاورزی مصرف می‌گردد (جلیل پیران، ۱۳۹۱).

حوضه آبریز نیشابور، بخشی از حوضه آبریز کویر مرکزی ایران می‌باشد و در شمال شرق آن قرار دارد. این حوضه با وسعت ۹۳۵۰ کیلومتر مربع شامل دو محدوده مطالعاتی رخ و نیشابور است که به‌گونه کامل در حوضه آبریز کویر مرکزی واقع شده‌اند. در طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۳۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۹ دقیقه واقع شده است (سازمان آب منطقه‌ای خراسان رضوی، ۱۳۹۰). منطقه مورد مطالعه، بخش عمده شهرستان نیشابور و بخش‌هایی از شهرستان‌های مشهد، تربت‌حیدریه، فریمان و بخش بسیار محدودی از شهرستان کاشمر را در بر می‌گیرد. این منطقه از نظر بهره‌برداری از منابع آبی از اهمیتی زیاد برخوردار است زیرا با توجه به خشک بودن منطقه، یکی از مراکز مهم تولید محصولات کشاورزی در شرق ایران بشمار می‌آید. بیش از ۶۰ درصد اراضی منطقه شیبی کم‌تراز ۵ درصد

داشته و این موضوع نشان‌دهنده شرایط مناسب توپوگرافی برای توسعه فعالیت‌های زراعی و باغی می‌باشد. اراضی کوهستانی با شیب زیاد (بالای ۶۰ درصد) فقط ۲/۷۵ درصد از مجموع وسعت منطقه که بیش‌تر منطبق بر بخش‌های شمالی و شرقی آن به‌ویژه محدوده مطالعاتی رخ می‌باشد را به خود اختصاص داده‌اند. آب و هوای منطقه بری، نیمه‌خشک و خشک، متوسط درجه‌حرارت آن ۱۲ درجه سانتی‌گراد و مقدار بارندگی آن به طور متوسط برای کل حوضه ۲۹۲ میلی‌متر گزارش شده است. مقدار تبخیر نیز به علت بالا بودن درجه‌حرارت هوا زیاد بوده و میانگین آن برای کل حوضه ۲۳۳۵ میلی‌متر در سال است (فرجزاده و همکاران، ۱۳۸۴).در سال‌های اخیر به دلیل عدم تغذیه مناسب سفره‌های آب سطحی و زیرزمینی، برداشت بی‌رویه از منابع آب بویژه چاهها به دلیل‌های گوناگون مانند توسعه صنعتی، رشد بی‌رویه جمعیت، کاهش بارش‌های جوی، خشکسالی‌ها و غیره، مسئله کم آبی حادتر شده و کاهش سطح آب زیرزمینی در دشت نیشابور افزایش یافته است که در مناطق گوناگون براساس مقدار تغذیه و تخلیه آبخوان متفاوت است. در نتیجه ضرورت مطالعات دقیق و راهبردی ممنوعیت بهره برداری برای جلوگیری از ایجاد تنش در آبخوان دشت نیشابور اجتناب ناپذیر می‌باشد. به همین دلیل، برای تأمین آب در این مناطق لازم است پیش‌بینی دقیقی از نوسانات سطح آب زیرزمینی انجام شود تا بتوان از آن در برنامه‌ریزی تأمین آب قابل اعتماد در مدیریت منابع آب سود جست (صبوحی و پرهیزکاری، ۱۳۹۲). افزون برآن، تمایل کشاورزان منطقه به توسعه سطح زیرکشت محصولات زراعی و استحصال شدیدتر منابع آب از چاههای موجود سبب افزایش حفر چاه‌های جدید و بدون مجوز شده است. پایین بودن آب بهای پرداختی کشاورزان نیز موجب رایگان تلقی شدن این نهاده و مصرف بی‌رویه آن در سطح مزارع شده که این امر افزون بر تهدید منابع موجود، سبب ایجاد آثار مخرب زیست محیطی، فرسایش و تخریب بافت خاک شده است. با توجه به کاهش عرضه آب‌های سطحی و برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی از حوضه آبریز نیشابور، اتخاذ برنامه‌های سیاستی مناسب در جهت مدیریت تقاضای آب در سطح مزارع ضروری و دارای اهمیت است. با توجه به پایین بودن قیمت آب کشاورزی در منطقه، قیمت‌گذاری مناسب آب آبیاری و سیاست‌های قیمتی آب به عنوان یکی از سیاست‌های مدیریت تقاضا می‌تواند در صرفه جویی و مصرف بهینه آب به وسیله کشاورزان مورد نظر قرار گیرد و مقدار هدر رفت این نهاده مجانی را کمینه کند. به همین منظور، در این مطالعه تلاش شد تا با استفاده از یک سیستم مدل‌سازی اقتصادی- هیدرولوژیکی مشتمل بر مدل ترکیبی روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت[1](PMP) و روش پویایی سیستم[2] (SD) اثرات سیاست قیمت‌گذاری

[1]- Positive Mathematical Programming (PMP)

[2]- System Dynamic (SD)

آب آبیاری بر مدیریت تقاضای آب و بهبود تراز آب زیرزمینی حوضه آبریز نیشابور ارزیابی و تحلیل شود.

در زمینه بررسی اثر سیاست‌های قیمتی آب آبیاری بر مقدار مصرف آب و تغییرات تراز آب زیرزمینی مطالعات فراوانی انجام گرفته است:

زو و همکاران[1] ۲۰۱۵ در پژوهشی که در حوضه رودخانه حیه در شمال غرب چین انجام دادند به بررسی این مطلب پرداختند که آیا قیمت آب آبیاری اهرم مؤثری برای مدیریت آب می‌باشد. نتایج مطالعه نشان دادند که قیمت آب آبیاری کشاورزی به طور آماری معنی دار است، اما کشش آن در قیمت‌های پایین آب خیلی کم است. هم‌چنین، واکنش کشاورزان به افزایش قیمت در حقیقت ضعیف است. برای ایجاد انگیزه برای حفظ آب و بهبود کارایی آبیاری، مکانیسم قیمت بایستی بر مبنای حقوق قابل اجرای آب، اندازه‌گیری سهمیه آب، بهسازی اختیارات آب و انجمن‌های استفاده کننده آب همراه شود. افزون بر این، افزایش قیمت آب آبیاری سطحی ممکن است منجر به استخراج و استفاده بیش از حد آب‌های زیرزمینی شود. در نتیجه کاهش مجوز بهره‌برداری و وضع مالیات برآب‌های زیرزمینی می‌تواند از کاهش بیش‌تر آبخوان جلوگیری کند.

آیدام[2](۲۰۱۵) اثر سیاست قیمت‌گذاری آب بر تقاضای منابع آب را برای کشاورزان غنا مورد بررسی قرار داد. نتایج مطالعه نشان دادند که سیاست قیمت‌گذاری آب تأثیر منفی بر تقاضای منابع آب در غنا دارد، اما این زمانی اتفاق می‌افتد که قیمت آب به گونه‌ای شایان توجه افزایش یابد. با این حال، اگر قیمت آب بالا باشد، تأثیر منفی بر فعالیت‌های کشت، درآمد کشاورزان، اشتغال و تنوع محصول دارد. از این رو، بمنظور حداقل‌سازی و کاهش تلفات در بخش، پیشنهاد شد که اطلاع‌رسانی‌های لازم در زمینه کمبود آب به کشاورزان داده شود تا ضمن آگاهی یافتن از کمبود منابع آب نسبت به بکارگیری فن‌آوری‌های صرفه جویی در مصرف آب بهتر متقاعد شوند.

گالگو- آیالا[3] (۲۰۱۲) بمنظور تعیین قیمت آب آبیاری در اسپانیا از روش PMP و تجزیه و تحلیل سلسله مرتبی استفاده کرد. ایشان در مطالعه خود با استفاده از روش PMP اثر سیاست‌های گوناگون قیمت‌گذاری آب را بر الگوی کشت و مصرف نهاده‌ها بررسی کردند و با استفاده از روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی قیمتی را که دربرگیرنده هر سه معیار اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی مطالعه باشد را تعیین کرد و درپایان قیمت بدست آمده در هر روش قیمت‌گذاری آب را به عنوان قیمت بهینه در آن روش معرفی کرد.

---

[1] -Zhou et al.

[2]- Aidam

[3]- Gallego-Ayala

فینگر[1](۲۰۱۲) واکنش کشاورزان ریسک گریز سوئیسی را در استفاده از آب کشاورزی برای کشت ذرت نسبت به تغییر قیمت آب و تغیر اقلیم با استفاده از مدل‌های اقتصادی بررسی کردند. نتایج پژوهش ایشان نشان دادند که تغییر اقلیم منجر به افزایش بهینه از آب آبیاری و افزایش محصول ذرت شده است. هم‌چنین، ریسک گریزی و تغییر قیمت بر تصمیم‌های آبیاری نقشی بسزا دارد. تا جایی‌که که دوبرابر کردن قیمت آب، استفاده بهینه از آب را بیش از ۴۰ درصد کاهش می‌دهد.

بلالی[2] و همکاران(۲۰۱۱) اثرات قیمت‌گذاری آب آبیاری و سناریوهای سیاستی کشاورزی را برای حفاظت آبخوان دشت بهار همدان با در نظر گرفتن ارتباط پویا بین تعادل آب زیرزمینی آبخوان و بخش کشاورزی و مدل برنامه‌ریزی پویای غیر خطی[3] مورد مطالعه قرار دادند. تجزیه و تحلیل نتایج نشان دادند که قیمت گذاری آب به وضوح می‌تواند تقاضای کشاورزی را برای آب‌های زیرزمینی آبخوان در دشت همدان- بهار کاهش دهد.

کورتیگنانی و سورینی[4] (۲۰۰۹) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی مثبت (PMP) به بررسی تأثیر افزایش هزینه تامین آب، کاهش آب قابل دسترس و تغییر در قیمت محصولات کشاورزی را با در نظرگرفتن فناوری کم آبیاری بر الگوی کشت در کشور ایتالیا پرداختند. نتایج نشان دادند که افزایش هزینه‌های آب باعث ایجاد انگیزه در استفاده از فناوری کم آبیاری نمی شود، ولی کشاورزان در زمانی که آب در دسترس کاهش می‌یابد و یا این که هزینه تامین آب افزایش می‌یابد، در راستای صرفه جویی و ذخیره آب تمایل به استفاده از روش کم آبیاری دارند.

مطالعات داخلی انجام شده در زمینه قیمت‌گذاری و سیاست‌های قیمتی آب آبیاری نیز می‌توان به مطالعات زیر اشاره کرد:

باقری و همکاران(۱۳۹۶) اثر سیاست قیمت‌گذاری آب بر پایداری و حفظ آبخوان مهیار شمالی در حوضه زاینده رود را بااستفاده از مدل برنامه‌ریزی مثبت به شکل پویا ارزیابی کردند. نتایج مطالعه با شبیه‌سازی یک دوره ۲۰ ساله نشان داد که لحاظ کردن سیاست قیمت‌گذاری منابع آب زیرزمینی با تغییر الگوی کشت در راستای محدودتر شدن درصد کشت محصولات با آبیاری غرقابی و گسترده‌تر شدن درصد کشت محصولات با آبیاری تحت فشار و در نتیجه تعدیل روند بهره‌برداری بی‌رویه از منابع کمیاب آب، متغیرهای هیدرولوژیکی اعم از بیلان آب زیرزمینی، ضخامت لایه اشباع آبخوان و سطح ایستایی آبخوان می‌تواند در سطح قابل ملاحظه‌ای بهبود یابند. با این حال،

---

[1]- Finger

[2]- Balali

[3]- non-linear dynamic programming method

[4]- Cortignani and Severini

به دلیل تأثیر منفی افزایش قیمت آب بر منافع اقتصادی در بخش کشاورزی منطقه، ضروری است سیاست قیمت‌گذاری آب به گونه‌ای اعمال گردد که علاوه بر بهبود پایداری کشاورزی و حفظ منابع حیاتی آب، منافع اقتصادی و اجتماعی بهره برداران نیز دچار نوسان زیادی نگردد.

قادرزاده و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی پایداری منابع آب در بخش کشاورزی شهرستان دهگلان با استفاده از مدل برنامه‌ریزی کسری چندهدفه بر مبنای مقدار آب مصرفی و الگوی بهینه کشت پرداختند. نتایج نشان دادند سیاست افزایش قیمت محصولات استراتژیک روی درآمد کشاورزان تأثیر مثبت داشته و استفاده از آن همراه با سیاست استفاده از کل زمین تأثیر بیش‌تری در پایداری منابع آب دارد.

ورزیری و همکاران(۱۳۹۵) اثر قیمت گذاری اقتصادی آب آبیاری بر الگوی کشت در دشت دهگلان را برای مدیریت تقاضای آب بررسی کردند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که با اعمال سیاست قیمت آب و افزایش قیمت آن تا مرز ارزش اقتصادی آن، منجر به کاهش مصرف آب و سطح زیرکشت تمامی محصولات بویژه کاهش سطح زیرکشت محصولاتی می شود که بازده ناخالص آنها بیش‌ترین کاهش را در قبال این سیاست داشته‌اند.

مظفری(۱۳۹۵) برای ارزیابی اثرات سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری بر مدیریت تقاضای آب در دشت اردلان از یک سیستم مدل‌سازی اقتصادی مشتمل بر مدل برنامه‌ریزی مثبت (PMP) و رهیافت بیش‌ترین آنتروپی[1](ME) استفاده کردند. نتایج نشان دادند که افزایش قیمت آب آبیاری منجر به کاهش سطح زیرکشت محصولات منطقه می شود. هم‌چنین، اعمال این سیاست منجر به کاهش ۲/۰۴ تا ۷/۸۳ درصد آب مصرفی در الگوی کشت کاهش ۹۶/ ۱ تا ۷/۶۵ درصد درآمد ناخالص کشاورزان در دشت اردلان می‌شود. در پایان اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری و بکارگیری راهبرد تغییر الگوی کشت به صورت توأم با آن، برای کاهش تقاضای آب آبیاری و پایداری منابع آب دشت اردلان توصیه شد.

مظفری (۱۳۹۴) تعیین برنامه سیاستی مناسب برای حفاظت منابع آب در دشت قزوین را با استفاده از روش برنامه‌ریزی مثبت و رهیافت تابع تولید با کشش جانشینی ثابت (CES) را بررسی کردند. راهکارهای مورد بررسی شامل افزایش قیمت آب آبیاری و کاهش منابع آب در دسترس بود که هریک در سناریوهای گوناگون ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که هر دو راهکار مورد بررسی در این پژوهش منجر به صرفه جویی در مصرف آب آبیاری شده، اما میانگین تغییرات بازده برنامه‌ای با بکارگیری سیاست کاهش آب آبیاری در دسترس و افزایش قیمت آب آبیاری به ترتیب ۱۵/۹۴ و ۲۷/۶۱ درصد کاهش می یابد. مقدار بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری نیز در شرایط اعمال

[1]- Maximum Entropy (ME)

سیاست‌های بالا، به ترتیب بین ۰/۴۳۵ تا ۰/۳۳۱ و ۰/۴۳۴ تا ۰/۲۳۰ هزار ریال در مترمکعب تغییر می‌کند در نهایت اعمال سیاست کاهش آب آبیاری در دسترس با توجه به کاهش کمتر بازده برنامه‌ای و بهره‌وری اقتصادی آب بیش‌تر، برای حفاظت منابع آب سطحی و زیرزمینی دشت قزوین پیشنهاد شد.

پرهیزکاری و همکاران(۱۳۹۳) در پژوهشی جهت شبیه‌سازی رفتار کشاورزان شهرستان زابل نسبت به سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری از روش برنامه‌ریزی مثبت (PMP) استفاده کردند. نتایج نشان دادند که اعمال سیاست‌های فوق در شهرستان زابل به ترتیب منجر به کاهش مجموع سطح زیرکشت محصولات زراعی به مقدار ۹/۵۴ و ۵/۱۴ درصد و کاهش مقدار آب مصرفی به مقدار ۶/۲۳ و ۷/۰۱ درصد نسبت به سال پایه می‌شود. سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری نیز با توجه به صرفه‌جویی ۱۸/۹ میلیون مترمکعب آب، به عنوان راهکاری مناسب برای پایداری منابع آب شهرستان زابل پیشنهاد شد.

بخشی و همکاران(۱۳۹۰) در پژوهشی از روش برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی(PMP) اثرات گوناگون کاربرد سیاست‌های قیمت‌گذاری آب و هم‌چنین، سیاست‌های جایگزین آن (مالیات بر نهاده‌های مکمل نهاده‌ی آب و مالیات بر محصول) در دشت مشهد را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان دادند سیاست قیمت‌گذاری آب و مالیات بر محصول در مقایسه با سیاست مالیات بر نهاده مکمل، موثرتر و مناسب‌تر می باشد.

موسوی و قرقانی (۱۳۹۰) اعمال سیاست‌های آب کشاورزی از منابع آب زیرزمینی را با استفاده از مدل برنامه‌ریزی مثبت (PMP) در شهرستان اقلید فارس ارزیابی نمودند. نتایج نشان دادند که با اتخاذ سیاست ۱۰درصد کاهش موجودی آب مصرفی و با دو برابر نمودن قیمت آب، الگوی کشت بهینه نسبت به حالت مبنا تغییر چندانی نمی‌کند. بنابراین، با مدیریت بهینه تقاضای آب می‌توان از اتلاف و هدرروی آن جلوگیری کرد.

بلالی و همکاران (۱۳۸۹) تأثیر قیمت‌گذاری آب آبیاری بر حفظ و بهره‌برداری منابع آب زیرزمینی و شرایط اقتصادی بخش کشاورزی در دشت همدان- بهار با بهره‌گیری از مدل برنامه‌ریزی پویا را بررسی نمودند. نتایج مطالعه آنان نشان دادند که در صورت ادامه شرایط کنونی حاکم بر قیمت آب آبیاری در منطقه مورد مطالعه، آبخوان با بیلان منفی بیش از ۱۷۱ میلیون مترمکعب و با کاهش ارتفاع سطح آب زیرزمینی معادل ۴/۲۸ متر در انتهای دوره برنامه‌ریزی پنج ساله مواجه خواهد شد. هم‌چنین 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 درازای قیمت ۱۵۰۰ ریال برای هر مترمکعب آب بیلان حجم آب آبخوان به صفر رسیده و مثبت می شود.

در بسیاری از مطالعات انجام شده صرفاً تغییرات مصرف آب و سود ناخاص کشاورزان با استفاده از روش برنامه‌ریزی مثبت (مدل اقتصادی) و بدون توجه به عوامل هیدرولوژیکی مورد بررسی قرار گرفته است و به اثر گذاری سیاست قیمت‌گذاری آب بر تعادل سطح آبخوان کم‌تر توجه شده است. در این مطالعه سعی شد تا با استفاده از دو روش برنامه‌ریزی مثبت و پویایی سیستم در چارچوب یک مدل اقتصادی – هیدرولوژیکی، اثرات سیاست قیمتی آب بر سطح آبخوان و تراز آب زیرزمینی دقیق‌تر بررسی گردد تا افزون بر تعیین واکنش کشاورزان در مقدار مصرف آب آبیاری، حفظ منافع و کم‌ترین زیان وارده به کشاورزان، پایداری حوضه، کم‌ترین کاهش سطح آب زیرزمینی و دست‌یابی به تعادل تراز آب زیرزمینی بدست آید.

روش پژوهش

ترکیب مدل‌های اقتصادی-هیدرولوژیکی[1] حوضه‌های آبریز ابزارهای مهمی برای ارزیابی استراتژی‌های مدیریتی و زیربنایی در راستای بهبود و کارایی اقتصادی استفاده از آب بویژه در زمان رویارویی با کمبود منابع آب می‌باشند (پالیدوولازکیوز[2] و همکاران، ۲۰۰۸). لذا، در این مطالعه از روش برنامه‌ریزی مثبت[3] واسنجی شده در تمامی مراحل به همراه روش پویایی سیستم استفاده شد و واکنش کشاورزان به سیاست‌های گوناگون با اعمال سناریوی سیاستی افزایش قیمت آب آبیاری بدست آمد.

در شکل ۱ چارچوب مفهومی مدل اقتصادی – هیدرولوژیکی حوضه آبریز نیشابور نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، با شبیه‌سازی کل حوضه آبریز نیشابور و پیاده‌سازی مدل هیدرولوژیکی منطقه، مقادیر عرضه آب کشاورزی بدست آمده از اجرای روش پویایی سیستم، به عنوان داده ورودی به مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت وارد شد و در محدودیت‌های مربوط به آب در بخش نهایی مدل اقتصادیSWAP مورد استفاده قرارگرفت. در نهایت، با اجرای کامل مدل برنامه‌ریزی مثبت و تجزیه و تحلیل سناریوی سیاستی، نتایج بدست آمده از واکنش کشاورزان مربوط به مقادیر مصرف آب کشاورزی در سناریوی افزایش قیمت آب ابیاری بدست آمد که داده ورودی به روش پویایی سیستم برای تعیین تغییرات تراز آب زیرزمینی

---

[1]- Hydrological- Economical Model

[2]- Pulido-Velazquez

[3]- Positive Mathematical Programming

حوضه آبریز نیشابور مورد استفاده قرار گرفت.

روش پویایی سیستم از چهار ابزار ذخیره[۱]، جریان[۲]، رابطها[۳] و تبدیل‌کننده‌ها[۴] استفاده می‌کند و به وسیله آن‌ها ذهنیت مدل‌ساز را به نمودارهای علت و معلولی و در نهایت، به نمودار ذخیره و جریان تبدیل می‌کند. روی هم رفته، نمودارهای ذخیره و جریان بر اساس شبیه‌سازی هیدرولیکی می‌باشند. جریان، همان ورود و خروج آب به مخزن است. در واقع، مخزن در اینجا نقش یک تشت آب را برای جریان بازی می‌کند. مقدار آب موجود در این تشت در هر زمان با مقدار آب رها شده از شیر آب منهای مقدار آب خارج شده از تشت و مقدار تبخیر از تشت برابر می‌باشد.

به همین ترتیب مقدار ماده موجود در ذخیره نیز با مقدار ماده ورودی منهای مقدار ماده خروجی برابر است. معادله انتگرالی زیر نشان‌دهنده مقدار ذخیره در زمان t می‌باشد (استرمن[۵]، ۲۰۰۰).

$$\text{Stock}(t) = \int_{t_0}^{t} [\text{Inflow}(s) - \text{Outflow}(s)]ds + \text{Stock}(t_0) \quad (۱)$$

در رابطه۱، معادله Inflow نمایانگر مقدار جریان ورودی در مدت s بین زمان اولیه t_0 و زمان جاری t می‌باشد. به همین ترتیب، نرخ خالص تغییر ذخیره با جریان ورودی منهای جریان خروجی برابر است. که در رابطه (۲) ارایه شده است:

$$\frac{d(\text{Stock})}{dt} = \text{Net change in stock } [\text{Inflow}(t) - \text{Outflow}(t)] \quad (۲)$$

رابطه (۲) بیانگر این مفهوم است که ذخیره برابر است با جریان ورودی منهای جریان خروجی که با مقدار اولیه ذخیره در زمانt_0 شروع خواهد شد.

متغیرهای نرخ معرفی شده به مدل شامل: بارش، نفوذ زیرسطحی، تبخیر و تعرق، برداشت از چاهها و نفوذ از آب‌های سطحی هستند. هم‌چنین، سری زمانی بارش، نیاز آب شرب، کشاورزی و صنعت، ورود یا خروج آب زیر سطحی و مقدار آب برگشتی در هر منطقه، از جمله متغیرهای کمکی وارد شده به مدل می‌باشند. برای برآورد جمعیت در دوره‌های گوناگون نیز، متغیر جمعیت به صورت یک متغیر حالت، زاد و ولد، مرگ و میر و مهاجرت به عنوان متغیرهای نرخ و عوامل مؤثر بر تغییر نرخ‌های جمعیتی به عنوان متغیرهای کمکی به مدل معرفی شده‌اند. در این مطالعه پارامترهای برون‌زای درنظرگرفته شده شامل مقدار آب بهره‌برداری شده (سطحی و زیرزمینی)،

---

[1]- Stock
[2]- Flow
[3]- Connecters
[4]-Converters
[5]- Sterman

تغییرات قیمت و مصارف آب کشاورزی با رویکرد نیل به توسعه پایدار منابع آب، اثرات خود را بر مدل وارد می‌کنند.

مهم‌ترین پارامتر در این مدل، مخزن آب زیرزمینی است که به عنوان یک متغیر حالت[1] تعریف شده است. این متغیر نیاز به یک مقدار اولیه دارد که با توجه به نداشتن حجم مخزن واقعی نمی‌توان مقدار دقیقی برای آن درنظرگرفت. اما با توجه به هدف این مطالعه که تغییرات حجم مخزن مهم می‌باشد، می‌توان حاصلضرب سطح حوضه در ارتفاع سطح آب از دریاهای آزاد در نخستین دوره شبیه‌سازی را برابر با حجم مخزن دانست. با این فرض، در دوره‌های پس از نخستین سال که مدل‌سازی انجام می‌گیرد، سطح آب زیرزمینی، برابر با حاصل تقسیم حجم مخزن بر سطح حوضه در محدوده مطالعاتی می‌باشد (باقری و همکاران، ۲۰۱۵).

بر اساس داده‌های موجود در منطقه، بازه زمانی ۱۲ سال در نظرگرفته شد و مدل برای سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۰ (دوره ۱۲ ساله) اجرا شد. در طول سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۰، مدل بایستی مبتنی بر سناریوهای موجود در منطقه به تحلیل آثار ناشی از تحلیل سیاست‌ها و استخراج نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی آن‌ها در سیستم مورد نظر بپردازد.

الف) مدل‌سازی بیلان در آبخوان: معادله کلی بیلان آب در آبخوان نیشابور بر اساس رابطه (۳) مدل‌سازی شده است.

$$\Delta V = Q_{pi} + Q_{si} + Q_{us} + Q_r - ET - Q_{uo} - Q_d \qquad (۳)$$

که در آن ΔV: تغییرات حجم مخزن آب زیرزمینی، Q_{pi}: حجم آب حاصل از نفوذ بارش‌های جوی به سفره آب زیرزمینی، Q_{si}: حجم آب ناشی از نفوذ جریان‌های سطحی به سفره آب زیرزمینی، Q_{us}: حجم آب زیرسطحی ورودی به سفره آب زیرزمینی، Q_r: حجم آب برگشتی از کشاورزی، صنعت و شرب، ET: حجم کل تبخیر و تعرق از سفره آب زیرزمینی، Qu_o: حجم آب زیرسطحی خروجی از سفره آب زیرزمینی، Q_d: حجم آب برداشتی از سفره آب زیرزمینی می‌باشند.

ب) ورودی طبیعی به آبخوان: مقدار آب ورودی به آبخوان که ناشی از بارش و ورودی زیر سطحی به آبخوان است به وسیله رابطه (۴) مدل‌سازی شده است.

$$NR_{Total} = (BA * R_{Series} * PC) + SSF \qquad (۴)$$

NR_{Total}[2]:کل ورودی طبیعی به آبخوان، BA[3]:مساحت کل آبخوان، R_{Series}: سری زمانی ماهانه

---

[1]. Stock Variable

[2]- Total Natural Recharge

[3] -Basin Area

بارش، PC: ضریب نفوذ بارش به آبخوان وSSF[1]: آب زیرسطحی می‌باشند.

ج) برداشت از آب زیرزمینی: در دشت نیشابور منبع اصلی تأمین آب برای هر سه بخش شرب، کشاورزی و صنعت، چاه‌ها هستند. در مدل تهیه شده برای دشت نیشابور مقدار برداشت‌ها با رابطه (۵) بدست آمد.

$$GE=DD+AD+ID \quad (۵)$$

که در آنGE[2]: برداشت از آب زیرزمینی، DD[3]: تقاضای شرب شهری و روستایی، AD[4]: تقاضای کشاورزی و ID[5]: تقاضای صنعت می‌باشند.

در مدل ساخته شده برای دشت نیشابور، کل سفره آب زیرزمینی دشت به صورت یکجا در نظر گرفته شده است. چگونگی مدل‌سازی این متغیرها در نرم افزار ونسیم در شکل ۲ نمایش داده شده است.

هم‌چنین، برای ارزیابی عملکرد مدل در شبیه‌سازی از معیار آماری ضریب تعیین[6] (R^2) استفاده شد. R^2 معیاری بدون بعد و حداکثر مقدار آن یک می‌باشد. رابطه (۶) روش محاسبه آن را نمایش می‌دهد(شفیعی جود، ۱۳۹۲).

$$R^2 = \frac{\sum_{k=1}^{n} X_k Y_k}{\sqrt{\sum_{k=1}^{n} x_k^2 \sum_{k=1}^{n} Y_k^2}} \quad (۶)$$

در رابطه بالا X_K مقادیر مشاهداتی، Y_K مقادیر برآورد شده وn تعداد داده‌ها می‌باشد.

به کمک این شاخص، رفتار مدل را می‌توان در شبیه‌سازی داده‌های مربوط به متغیرهای کلیدی بررسی کرد تا در صورت قابل قبول بودن نتایج، صحت مدل‌سازی تایید شود (شفیعی جود، ۱۳۹۲).

برای تعیین تغییرات تراز و کاهش سطح آب زیرزمینی در نتیجه برداشت بیش از حد آب برای مصارف کشاورزی از رابطه (۷) استفاده شد(باقری، ۲۰۱۵):

$$H = S/(A * SC) \quad (۷)$$

که در آن H: سطح کاهش یافته آب زیرزمینی، S عرضه آب، A: سطح آبخیز و SC: ضریب

---

[1]- Sub- Surface Flow
[2]- Groundwater Extraction
[3]- Domestic Demand
[4]- Agricultural Demand
[5]- Industrial Demand
[6]- Coefficientof Determination

ذخیره سازی می‌باشد.

روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت(PMP) یک روش تحلیل تجربی است که از تمام داده‌های موجود بدون توجه به این‌که چه مقدار کمیاب هستند، استفاده می‌کند و در تحلیل‌های سیاستی منطقه‌ای و بخشی اهمیتی ویژه دارد کارشناسان و برنامه‌ریزان بخش کشاورزی بر این باورند که شبیه‌سازی واکنش احتمالی کشاورزان در شرایط اجرای سیاست‌های گوناگون می‌تواند کمکی مؤثر در راستای گرفتن تصمیم‌های درست‌تر قلمداد شود (آرفینی[1]، ۲۰۰۳ و صبوحی و پرهیزکاری، ۱۳۹۲). رویکرد PMP به گونه معمول مستلزم تغییر تابع هدف با استفاده از مقادیر دوگان محدودیت‌های واسنجی است، به طوری که فعالیت‌های مشاهده شده، داده‌های سال پایه را به دست دهد (هاویت[2] و همکاران، ۲۰۱۲). مراحل اجرای روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت(PMP) به صورت زیر می‌باشد:

مرحله نخست: تدوین الگوی برنامه‌ریزی خطی واسنجی شده:

$$MAX: \left[\sum_{g=1}^{4}\sum_{i=1}^{5}\left(P_{gi}Y_{gi} - \sum_{j=1,\neq water}^{2} C_{gij}a_{gij}\right)X_{gi} - \left(\sum_{g=1}^{4}\sum_{w=1}^{2}(W_{gw}CW_{gw})\right)\right] \quad (۸)$$

$$a_{gij} = \frac{\tilde{m}_{gij}}{\tilde{x}_{gi}} \qquad \forall\ g = 1,\dots\dots,4\ ,\ i = 1,..5 \quad (۹)$$

$$\sum_{i=1}^{5} x_{gi} \leq X_g \quad \forall\ g = 1,\dots\dots,4 \quad (۱۰)$$

$$\sum_{i=1}^{5} aw_{gi}\, x_{gi} \leq \sum_{w=1}^{2} W_{g,w} \quad \forall\ g = 1\dots,4 \quad (۱۱)$$

[1]- Arfini

[2]- Howitt

$$\sum_{w=1}^{2} W_{gw} \leq \sum_{w=1}^{2} WS_{gw} \qquad \forall\ g = 1, \ldots, 4 \qquad (۱۲)$$

$$x_{gi} \leq \bar{x}_{gi} + \epsilon \qquad \forall\ g = 1, \ldots, 4 \qquad (۱۳)$$

رابطه ۸ تابع هدف اولیه برای برنامه‌ریزی خطی را نشان می‌دهد که بیانگر بیشینه‌سازی مجموع سودهای کشاورزی در چهار زیرحوضه با استفاده از بهینه‌سازی استفاده از نهاده‌های زمین و آب می‌باشد. روابط ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳ محدودیت‌های مدل می‌باشند که به ترتیب مربوط به محدودیت سطح زیرکشت تمامی زیرحوضه‌ها یا (مناطق کشاورزی) حوضه آبریز نیشابور، محدودیت آب مورد استفاده و قابل دسترس برای هر منطقه و محدودیت واسنجی می‌باشد. در روابط بالا، g: مناطق کشاورزی(۴ زیرحوضه)، i: محصولات کشاورزی، j: نهاده های کشاورزی، P_{gi}: قیمت هر محصول در هر زیرحوضه، Y_{gi}: عملکرد هر محصول در هر زیرحوضه، C_{gij}: قیمت هر نهاده در تولید محصولات برای هر زیرحوضه، a_{gij}: (ضرایب لئونتیف منطقه‌ای)نسبت استفاده از نهاده‌ها برای تولید هر محصول در هر زیرحوضه به سطح زیرکشت همان محصول در زیرحوضه (رابطه ۹)، X_{gi}: سطح زیرکشت هر محصول در هر زیرحوضه، $W_{g,w}$: مقدار برداشت آب زیرزینی در هر زیرحوضه، CW_{gw}: قیمت آب در هر زیرحوضه، X_g: کل سطح زیرکشت در هر زیرحوضه، aw_{gi}: نیاز آبی هر محصول در هر زیرحوضه با راندمان آبیاری ۴۰درصد، WS_{gw} مقدار آب عرضه شده در هر زیرحوضه، $\bar{x}_{gi}$: مقدار مشاهده شده فعالیت مورد استفاده در سال پایه و ϵ مقدار مثبت بسیارکوچکی را نشان می‌دهد.

مرحله دوم: تخمین تابع تولید CES و تابع هزینه غیر خطی:

در این مرحله از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، مقادیر دوگان بدست آمده از مرحله نخست برای واسنجی تابع هزینه نمایی بکار برده می‌شود. پس از برآورد ضرایب تابع هزینه، تابع تولید منطقه‌ای با توجه به ثابت بودن کشش جانشینی بین نهاده‌ها تخمین زده شد. بر اساس ویژگی‌های تابع تولید CES و درنظرگرفتن مدل منطقه‌ای در این مطالعه و مطالعات هویت ۲۰۱۲ ، ۲۰۱۰ و ۲۰۰۹ تابع تولید با کشش جانشینی ثابت در این پژوهش در نظر گرفته شد. که در این پژوهش به صورت رابطه ۱۴ می‌باشد.

$$y_{gi} = \tau_{ig}\left[\beta_{gi1}x_{gi1}^{\rho i} + \beta_{gi2}x_{gi2}^{\rho i} + \cdots\ldots\ldots + \beta_{gij}x_{gij}^{\rho i}\right]^{v/\rho i} \qquad (۱۴)$$

در رابطه ۱۴، y_{gi} مقدار تولید هرمحصول در هر منطقه، τ_{ig}پارامتر مقیاس برای هر محصول در هر منطقه،β_{gj} سهم استفاده از نهاده‌ها در تولید هرمحصول در هر منطقه، x_{gj} مقدار استفاده از نهاده ها در تولید هر محصول در هر منطقه به غیر از نهاده آب آبیاری، v ضریب بازده ثابت نسبت به مقیاس در تابع تولید CES و ρ متغیری است که براساس کشش جانشینی محصول(σ) تعریف می‌شود که به صورت $\rho = \frac{\sigma-1}{\sigma}$ مورد محاسبه قرار گرفت (هاویت و همکاران، ۲۰۱۲).

با تخمین تابع تولید و محاسبه مشتق نخست ازتابع تولید، پارامترهای β_j براساس روابط زیر بدست می‌آید. گفتنی است که براساس بازدهی ثابت نسبت به مقیاس در تابع تولید CES، v برابر یک است و رابطه ۱۶ نیز برقرار می باشد.

$$\sum_{j=1}^{3}\beta_j = 1 \qquad (۱۵)$$

$$\beta_1 = \frac{1}{1+\frac{x_1^{(-1/\sigma)}}{w_1}\left(\sum_l \frac{w_l}{x_l^{(-1/\sigma)}}\right)} \qquad (۱۶)$$

$$\beta_l = \frac{1}{1+\frac{x_1^{(-1/\sigma)}}{w_1}\left(\sum_l \frac{w_l}{x_l^{(-1/\sigma)}}\right)} \frac{w_l}{w_1}\frac{x_1^{-1/\sigma}}{x_l^{-1/\sigma}} \qquad (۱۷)$$

در روابط بالا x_Lمقدار نهاده تولید Lام و WL هزینه نهاده تولید L ام می‌باشد. پارامتر مقیاس برای هر محصول در هر منطقه نیز با استفاده از رابطه ۱۸ قابل محاسبه می‌باشد (هاویت و همکاران، ۲۰۱۲).

$$\tau = \frac{\left(yld_i/x_{land}\right)^{x_{land}}}{\left[\sum_j \beta_{gjx}{}^{\rho}\right]^{v/\rho_i}} \qquad (۱۸)$$

در رابطه بالا، β_{gij} سهم استفاده از نهاده ها در تولید هر محصول در هر منطقه، x_{gij} مقدار استفاده از نهاده‌ها در تولید هر محصول در هر منطقه به غیر از نهاده آب آبیاری، yld_i عملکرد هر محصول در هر منطقه می باشند.

سهم تولید هر منطقه و انعطاف پذیری قیمت تقاضا، به واسنجی توابع تقاضا نیاز دارد. تابع معکوس تقاضا با دو پارامتر برای تولید محصولات در هر منطقه به صورت زیر تعریف شد (هاویت و همکاران، ۲۰۱۲):

$$p_i = \xi\ \alpha_i{}^{1} - x_i{}^{2}\left(\sum_g \sum_j y_{gj}\right) \qquad \forall g = 1,2 \qquad (۱۹)$$

α_i^2 و α_i^1 پارامتر انتقال موازی در مقدار تقاضا باتوجه به تغییر در فاکتورهای برون‌زا و به ترتیب عرض از مبدأ و شیب منحنی معکوس تقاضا برای محصول است که براساس روابط زیر قابل محاسبه می باشند.

$$\alpha^2 = \frac{x.wp_g}{\sum_g \hat{y}_g} \qquad \forall\ g = 1,2 \qquad (۲۰)$$

$$\alpha^1 = wp - \alpha^2 \sum_g \hat{y}_g \qquad \forall\ g=1,2 \qquad (۲۱)$$

$\hat{y}_g$ مقدار تولید هر محصول در سال پایه، wp قیمت وزنی محصول و rmc_g هزینه بازاریابی محصول در هر منطقه بر اساس اختلاف بین قیمت بازاری (منطقه‌ای) و قیمت وزنی محصول می‌باشد که بر اساس روابط زیر قابل محاسبه می‌باشند که با جایگذاری روابط محاسبه شده در پارامتر شیب و عرض از مبدأ و در نهایت در رابطه ۱۹، تابع تقاضا بدست خواهد آمد (هاویت و همکاران، ۲۰۱۲):

$$rmc_g = v_g - wp_g \qquad \forall g=1,2 \qquad (۲۲)$$

$$wp = \sum_g v_g pp_g \quad \forall g = 1,2 \qquad (۲۳)$$

$$pp_g = \frac{\hat{y}_g}{\sum_g \hat{y}_g} \quad \forall g = 1,2 \qquad (۲۴)$$

مرحله سوم: واسنجی برنامه نهایی بهینه‌سازی غیرخطی

در این مرحله با استفاده از تابع هزینه غیرخطی واسنجی شده، تابع تولید منطقه‌ای تخمین زده شد و محدودیت‌های منابع (آب، زمین و نیروی کار) و مدل برنامه‌ریزی غیرخطی به صورت زیر ساخته شد:

$$Max_{x_{gj},wat_g} PS + CS =$$
$$\sum_i (\xi\alpha_i^1(\sum_g y_{gi}) + \frac{1}{2}\alpha_i^2(\sum_g y_{gi})^2) +$$
$$\sum_g \sum_i \left(rm_{gi}(\sum_j y_{gi})\right) - \sum_g \sum_i \delta_{gi} exp(\gamma_{gi} x_{gi,land}) -$$
$$\sum_g \sum_i (w_{gi,labor} x_{gi,labor}) - \sum_g (\varpi_g wat_g) \quad (۲۵)$$

محدودیت‌های مدل نیز به صورت روابط زیر درنظرگرفته شد.

$$\sum_{i=1}^{5} x_{gi} \leq b_{gj} \qquad for\ j \neq water \quad (۲۶)$$

$$wat_g \leq watcons_g \quad (۲۷)$$

$$\sum_{i=1}^{5} x_{g,i,water} \leq wat_g \quad (۲۸)$$

نخستین عبارت در تابع هدف رابطه ۲۵، مجموع درآمد ناخالص + مازاد مصرف‌کننده برای محصولات مناطق می‌باشد که براساس قیمت‌های سال پایه محصولات اندازه‌گیری شد. دومین عبارت درآمد ناخالص هر منطقه را از راه انحرافات در قیمت‌های منطقه‌ای از قیمت‌های سال پایه (که به هزینه‌های بازاریابی هر منطقه اشاره دارد) بیان می‌کند. سومین عبارت هزینه مربوط به زمین زراعی در هر منطقه است. هزینه‌های زمین بر اساس داده‌های سال پایه (سال۱۳۹۳ به دلیل کامل‌تر بودن و در دسترس بودن داده های مورد نیاز به عنوان سال پایه انتخاب شد) و هزینه‌های نهایی بدست آمده از ارزش‌های سایه‌ای نهاده و محدودیت‌های واسنجی شده بدست می‌آید. چهارمین عبارت هزینه‌های نیروی‌کار را برای دو منطقه محاسبه می‌کند و در نهایت، پنجمین عبارت از تابع هدف، مجموع هزینه‌های آب آبیاری برای هر منطقه می‌باشد.

محدودیت های ۲۷ و ۲۸ به ترتیب محدودیت کل آب استفاده شده در منطقه و کل استفاده از نهاده آب و b_{gj} کل نهاده دردسترس در هر منطقه می باشند.

الگوی برنامه‌ریزی بالا بمنظور تجزیه و تحلیل سیاست قیمتی (تغییردر قیمت نهاده آب آبیاری)، بر مقدار سودآوری، الگوی کشت و مقدار مصرف آب آبیاری در هر کدام از زیر حوضه‌ها ارزیابی شد. و در نهایت، نتایج بدست آمده از تأثیر سناریوهای سیاستی بر مصرف آب آبیاری به وسیله کشاورز به عنوان داده ورودی در روش پویایی سیستم برای بررسی تغییرات تراز آب زیرزمینی حوضه، مورد استفاده قرار گرفت.

داده‌های مورد نیاز پرسشنامه از راه تکمیل ۲۰۰ پرسش‌نامه و نمونه‌گیری تصادفی از کشاورزان هر منطقه (زیرحوضه های مورد مطالعه) و سازمان آب منطقه‌ای خراسان رضوی گردآوری شد.

برای حل مدل برنامه‌ریزی (بخش اقتصادی مدل) از نرم افزار GAMS[1] و برای تجزیه و تحلیل عرضه هیدولوژیکی آب و تغییرات تراز آب زیرزمینی از نرم افزار ونسیم[2] استفاده شد.

نتایج و بحث

در این مطالعه با توجه به مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت منطقه‌ای[3](SWAP) کل حوضه آبریز نیشابور براساس مقدار چاههای بهره‌برداری و وسعت مناطق کشاورزی به ۴ منطقه (زیرحوضه) تقسیم بندی شدند. محصولات عمده زراعی هر چهار منطقه گندم آبی، جوآبی، ذرت علوفه‌ای، هندوانه و چغندرقند می‌باشند. درشکل ۳و ۴ موقعیت و تقسیم‌بندی حوضه آبریز نیشابور و در جدول ۱ و ۲ نوع مصرف و مقدار برداشت از منابع آب سطحی و زیرزمینی کل حوضه آبریز نیشابور ارایه شده است. همان‌گونه که در جدول ۱ و ۲ مشاهده شد بخش کشاورزی دشت نیشابور بزرگ‌ترین مصرف کننده منابع آب زیرزمینی حوضه آبریز نیشابور با ۹۶/۷ درصد مصرف می‌باشد که از میان منابع گوناگون زیرزمینی، بیش‌ترین مقدار برداشت آب زیرزمینی، مربوط به چاههای منطقه، به مقدار ۱۱۶۸/۷ میلیون مترمکعب در سال است.

با توجه به داده‌های آماری ارایه شده جدول ۳ ، مربوط به مقدار سطح زیرکشت، عملکرد و نیاز آبی محصولات منتخب زراعی در مناطق حوضه آبریز نیشابور در سال پایه ۱۳۹۳، ملاحظه می‌شود که محصولات گندم آبی در زیرحوضه ۱ و چغندرقند در زیرحوضه ۴ به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین سطح زیرکشت را دارند و چغندرقند و جو به ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار مصرف آب در هکتار از اراضی مناطق مورد مطالعه در حوزه آبریز نیشابور را دارا می‌باشند.

پس از واسنجی مدل PMP ارایه شده قیمت سایه‌ای یا ارزش اقتصادی آب بدست آمد. جدول ۴ مقدار آب بهای پرداختی کشاورزان را در مقایسه با ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب آبیاری در سال پایه نشان می‌دهد. با توجه به نتایج جدول ۴، ملاحظه می شود که ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب آبیاری در مناطق گوناگون حوضه آبریز نیشابور بین ۷۰۰ تا ۹۵۰ ریال برآورد شده است، در حالی‌که آب بهای پرداختی کشاوزان برای هر مترمکعب آب آبیاری ۴۶۰ ریال است. بیش‌ترین ارزش اقتصادی آب در زیرحوضه ۲ و کم‌ترین ارزش اقتصادی آب مربوط به زیر حوضه ۱ و ۲ بدست آمد که در تمامی مناطق حوضه آبریز نیشابور از قیمت فعلی آب آبیاری (آب بهای پرداختی به وسیله کشاورزان) بالاتر است. نتایج گویای آن است که آب بهای پرداختی کشاورزان

[1] -General Algebraic Modeling System

[2]- Ventana Simulation Environment (Vensim)

[3]- State Wide Agricultural Production (SWAP)

برای آب آبیاری بسیار پایین است و کشاورزان حدود نیمی از کل ارزش اقتصادی آب آبیاری را در قالب هزینه‌های استحصال و انتقال پرداخت می‌کنند.

پس از برآورد ارزش اقتصادی آب آبیاری، نتایج بدست آمده از حل مدل برنامه‌ریزی که شامل تغییرات الگوی کشت و آب مصرفی پس از اعمال سناریوهای ۲۰ درصد و ۴۰ درصد افزایش قیمت آب آبیاری نسبت به شرایط سال پایه در هر یک از زیرحوضه‌ها می‌باشد در جدول ۵ ارایه شده است. همان‌گونه که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، با فزایش قیمت آب آبیاری سطح زیرکشت همه محصولات و زیرحوضه‌ها کاهش یافت به جز سطح زیرکشت محصولات جو و ذرت علوفه‌ای در زیرحوضه ۴ که نسبت به سال پایه افزایش نشان داد، ولی با افزایش۲۰ درصد به ۴۰ درصد قیمت آب آبیاری سطح زیرکشت این محصولات نیز کاهش یافت. کاهش سطح زیرکشت تا جایی پیش رفت که با افزایش قیمت آب آبیاری، سطح زیرکشت محصول چغندرقند در زیرحوضه ۴ از ۲۰۰۰ هکتار درسال پایه به عدم کشت منجر شد. دلیل این امر بالا بودن نیاز آبی این محصول بوده که منجر به حذف از الگوی کشت شد. هم‌چنین، درصد کاهش سطح زیرکشت با افزایش قیمت آب آبیاری افزایش نشان داد. کمترین کاهش سطح زیرکشت در سیاست افزایش ۲۰درصدی قیمت آب آبیاری مربوط به محصول گندم در زیرحوضه ۴ با کاهشی برابر ۱/۸ درصد در سطح ۸۰۴۶/۶ هکتار می‌باشد. بیش‌ترین کاهش سطح زیرکشت مربوط به محصول چغندرقند در زیرحوضه ۴ با کاهشی معادل ۱۰۰ درصد در سطح صفر هکتار می‌باشد. نتایج اجرای سیاست بیانگر تأثیر افزایش قیمت آب آبیاری در صرفه‌جویی مصرف آب نیز بوده است. بیش‌ترین مقدار آب مورد استفاده در افزایش ۲۰ درصدی قیمت آب آبیاری برای کشت گندم در زیرحوضه ۲ به مقدار ۶۰۱۳۰/۳ هزار متر مکعب است. نکته دارای اهمیت در این جدول کاهش مقدار مصرف آب آبیاری با افزایش قیمت آن می‌باشد. با توجه به این‌که مقدار سطح زیر کشت محصول چغندرقند در سیاست افزایش ۲۰ و ۴۰ درصدی قیمت آب آبیاری برای زیرحوضه ۴ صفر بود، مقدار عرضه آب نیز صفر شد. کم‌ترین مقدار آب عرضه شده در سیاست افزایش ۲۰ درصدی قیمت آب آبیاری برای کشت ذرت علوفه‌ای در زیرحوضه ۲ به مقدار ۱۳۳۵/۶ هزار متر مکعب بدست آمد. مقدار کاهش آب مصرفی در الگوی کشت محصولات در سناریوی ۴ درصد افزایش قیمت آب آبیاری بیش‌تر می‌باشد.

درصد کاهش سطح زیرکشت کل به تفکیک زیرحوضه‌های مورد بررسی در سیاست افزایش ۲۰ و ۴۰ درصد قیمت آب آبیاری در نمودار ۱ نشان داده شده است. همان‌گونه که در نمودار۱ مشاهده می‌شود، بیش‌ترین و کمترین درصد کاهش در کل سطح زیرکشت هر زیرحوضه در هر دو سیاست قیمتی آب، مربوط به زیرحوضه‌های ۳ و ۴ می‌باشد. هم‌چنین، با اجرای سیاست قیمتی، با افزایش قیمت آب آبیاری در زیرحوضه‌های یکسان، مقدار سطح زیرکشت همان زیرحوضه کاهش بیش‌تری

را نشان داد. برای مثال، در زیرحوضه ۴ مقدار کاهش سطح زیرکشت از حدود ۱۰ درصد در افزایش ۲۰ درصدی قیمت آب شروع شده و به مقدار ۱۳ درصد کاهش در مقدار افزایش ۴۰ درصدی قیمت آب ختم می‌شود. هم‌چنین، در زیرحوضه ۳ مقدار کاهش سطح زیرکشت از حدود ۱۲ درصد در افزایش ۲۰ درصدی قیمت آب شروع شده و به مقدار ۱۳ درصد کاهش در مقدار افزایش ۴۰ درصدی قیمت آب ختم می‌شود.

روی هم رفته، نتایج این بخش حاکی از آن است که با افزایش قیمت آب، الگوی کشت به نفع محصولاتی که مقدار درآمد بیش‌تری را به ازای هر واحد آب تولید می‌کنند، تغییر می‌کند. محصول جو آبی با توجه به درآمد متوسط و نیاز آبی پایین‌تری که نسبت به سایر محصولات الگو دارد، در شرایط اعمال سیاست قیمت‌گذاری در بعضی از مناطق (زیرحوضه ۴) با افزایش سطح زیرکشت همراه است. ذرت علوفه‌ای نیز اگر چه نیاز آبی بالاتری نسبت به گندم و جو دارد، ولی به دلیل درآمد بالایی که در واحد سطح حاصل می‌نماید با افزایش سطح زیرکشت در زیرحوضه ۴ همراه است. افزون بر آن محصول چغندر قند نسبت به سال پایه بیش‌ترین مقدار کاهش سطح زیرکشت را نشان می‌دهد و حساس‌ترین محصول در شرایط اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری است. این امر بیانگر آن است که کشاورزان زیرحوضه ۴ حوضه آبریز نیشابور با افزایش قیمت آب تمایلی به کشت چغندر ندارند و به سمت توسعه سطح زیرکشت جو و ذرت علوفه‌ای متمایل می‌شوند. این بخش از نتایج، همسو با یافته‌های مطالعات پرهیزکاری وهمکاران(۱۳۹۳) و مطالعه فریجا[1]و همکاران(۲۰۱۱) می‌باشد. نتایج آنان نیز بیان‌کننده تأثیر سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری بر تغییر الگوی کشت و توسعه سطح زیرکشت محصولات کم آب بر بوده است.

مقدار و درصد تغییرات سود ناخالص حاصل از کشت محصولات زراعی و صرفه جویی در مصرف آب آبیاری در سیاست‌های افزایش۲۰ و ۴۰ درصدی قیمت آب آبیاری در جدول ۶ ارایه شده است. بر اساس نتایج ارایه شده در جدول ۶، در تمامی زیرحوضه‌های مورد بررسی با افزایش قیمت آب آبیاری، مقدار سود آن زیرحوضه کاهش یافت. برای نمونه در زیرحوضه ۱ ، با افزایش قیمت آب آبیاری از ۲۰ به ۴۰ درصد، مقدار سود ناخالص از ۸۹۸ به ۸۹۱ میلیارد ریال کاهش یافته است. بیش‌ترین مقدار سود، مربوط به زیرحوضه ۱ در سیاست افزایش ۲۰درصدی قیمت آب آبیاری با مقدار ۸۹۸ میلیارد ریال و کم‌ترین آن مربوط به زیرحوضه ۴ با مقدار ۶۴۱ میلیارد ریال در سیاست افزایش ۴۰ درصدی قیمت آب بوده است. بیش‌ترین درصد تغییرات سود ناخالص، مربوط به سیاست افزایش ۴۰ درصدی قیمت آب آبیاری در زیرحوضه ۲ با مقدار ۱۱/۱ درصد کاهش و

[1]- Frija

کم‌ترین درصد تغییر در سود مربوط به زیر حوضه ۳ در سیاست افزایش ۲۰ درصدی قیمت آبیاری حدود ۰/۵ درصد کاهش بوده است.

هم‌چنین، بیش‌ترین کاهش در مصرف مقدار آب آبیاری مصرفی مربوط به زیرحوضه ۴ و سیاست افزایش ۴۰ درصدی قیمت آب آبیاری با مقدار ۳۶ درصد کاهش می‌باشد و کم‌ترین کاهش، مربوط به زیرحوضه ۳ در هر دو افزایش ۲۰ و ۴۰ درصدی قیمت آب، با مقدار ۱۵ درصد می‌باشد. نتایج بیان‌کننده آن است که اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری از راه اثرگذاری بر مقدار تقاضای آب، کشاورزان مناطق گوناگون حوضه آبریز نیشابور را به کاهش مصرف منابع آب و استفاده از آب قابل دسترس برای کشت محصولات اقتصادی‌تر در مناطق حوضه آبریز نیشابور تشویق می‌کند. نتایج بدست آمده از مطالعه با مطالعات آیدام(۲۰۱۵)، بلالی و همکاران (۲۰۱۱)و ورزیری و همکاران (۱۳۹۵)همسو می‌باشد. آن‌ها نیز در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که افزایش قیمت آب می‌تواند تقاضای آب را در پمپاژ و برداشت کاهش دهد و منجر به تغییر الگوی کشت و کاهش مصرف آب به وسیله کشاورزان شود هم‌چنین بلالی و همکاران (۲۰۱۱) نیز به این نتیجه رسیدند که اعمال افزایش قیمت آب آبیاری، با وجود کاهش نسبی منافع کشاورزان، بیلان منفی آب آبخوان را در جهت مثبت تعدیل می‌کند. بنابراین، به عنوان یک نتیجه می‌توان گفت که اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری، کشاورزان را به کاهش سطح زیرکشت اغلب محصولات زراعی سوق می‌دهد و کاهش درآمد ناخالص کشاورزان مناطق حوضه آبریز نیشابور را نسبت به شرایط سال پایه به همراه دارد، اما منجر به کاهش تقاضای کشاورزان برای آب آبیاری شده و صرفه‌جویی این نهاده کمیاب را در مناطق کشاورزی به همراه دارد و از این راه به پایداری منابع آب حوضه آبریز نیشابور کمک شایانی می‌کند.

با استفاده از روش پویایی سیستم نتایج اثر تغییر در مقدار مصرف و برداشت منابع آب بر سطح تراز آب زیرزمینی بررسی شد که نتایج آن در نمودار ۲ ارایه شده است. با توجه به نتایج بدست آمده از مقدار آب برداشت شده به وسیله کشاورزان در نتیجه اعمال سیاست افزایش قیمت آب آبیاری، تراز آب زیرزمینی در یک دوره ۱۲ ماهه شبیه‌سازی مورد بررسی قرار گرفت. با اجرای سیاست ۲۰ درصد افزایش قیمت آبیاری،کاهش سطح آب زیرزمینی، ۰/۵۸ متر برای یک سال می‌باشد و با اجرای سیاست ۴۰ درصد افزایش قیمت آب آبیاری، کاهش سطح آب زیرزمینی برای یک سال حدود ۰/۵۷ متر بدست آمد. که بیان‌کننده تأثیر مثبت افزایش قیمت بر کاهش افت سطح آب آبخوان می‌باشد.

در وضعیت کنونی حوضه آبریز نیشابور، نتایج نشان داد که افزایش قیمت آب تأثیر بسزایی را بر سطح آب زیرزمینی و بهبود آن خواهد داشت و افزایش تا ۲۰ درصد قیمت آب در طول یک سال،

سطح آب زیرزمینی را ۰/۳۳ متر بهبود خواهد بخشید.

نتیجه گیری و پیشنهادها

در سال‌های اخیر، بهره برداری از آب‌های زیرزمینی در حوضه آبریز نیشابور روند صعودی داشته و به دلیل عدم تغذیه مناسب سفره‌های آب سطحی و زیرزمینی، برداشت بی‌رویه از منابع آب بویژه چاهها مسئله کم آبی حادتر شده و افت سطح آب زیرزمینی در دشت نیشابور افزایش یافته است که البته، در مناطق گوناگون بر اساس مقدار تغذیه و تخلیه آبخوان متفاوت است. در نتیجه ضرورت مطالعات دقیق و راهبردی ممنوعیت بهره‌برداری برای جلوگیری از ایجاد تنش در آبخوان دشت نیشابور اجتناب ناپذیر می‌باشد. به همین دلیل برای تأمین آب در این مناطق لازم است پیش بینی دقیقی از نوسان‌های سطح آب زیرزمینی انجام شود تا بتوان از آن در برنامه‌ریزی تأمین آب قابل اعتماد در مدیریت منابع آب سود جست. با توجه به کاهش عرضه آب‌های سطحی و برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی از حوضه آبریز نیشابور، اتخاذ برنامه‌های سیاستی مناسب در راستای مدیریت تقاضای آب در سطح مزارع ضروری و دارای اهمیت است. به همین منظور، در این مطالعه تلاش شد تا با استفاده از یک سیستم مدل‌سازی اقتصادی- هیدرولوژیکی مشتمل بر مدل ترکیبی روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت(PMP) و روش پویایی سیستم (SD) اثرات سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری بر مدیریت تقاضای آب و بهبود تراز آب زیرزمینی حوضه آبریز نیشابور ارزیابی و تحلیل شود. بر اساس این مدل در ابتدا با استفاده از روش پویایی سیستم مقدار عرضه آب کشاورزی با اعمال تمامی ویژگی‌های هیدرولوژیکی از قبیل بارش، تبخیر، نفوذ، مقادیر آب برگشتی به آبخوان و غیره تعیین به عنوان داده ورودی به مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت وارد شد و در سمت راست محدودیت آب تعریف شد. با حل مدل برنامه‌ریزی و اعمال سیاست افزایش قیمت آب آبیاری و تأثیر آن بر سود ناخالص کشاورزان و الگوی کشت مقدار آب مصرفی نیز تعیین شد. در نهایت، این مقدار آب مصرفی با استفاده از روش پویایی سیستم مورد بررسی قرار گرفت و مقدار تغییرات و بهبود در تراز آب زیرزمینی بدست آمد. نتایج ناشی از مطالعه نشان دادند که قیمت کنونی آب (آب بهاء پرداختی کشاورزان) در مناطق حوضه آبریز نیشابور بسیار پایین بوده و از ارزش اقتصادی آب کم‌تر می‌باشد (تقریباً در حد رایگان عرضه می‌شود). نتایج بدست آمده از اعمال سناریوهای ۲۰ و ۴۰ درصد افزایش قیمت آب آبیاری نسبت به شرایط سال پایه نشان داد که با افزایش قیمت آب، الگوی کشت کشاورزان به نفع محصولاتی که مقدار درآمد بیش‌تری را به ازای هر واحد آب مصرفی تولید می‌کنند، تغییر می‌کند. هم‌چنین، با افزایش قیمت آب، مقدار مصرف آب نسبت به سال پایه به گونه‌ای شایان توجه کاهش می‌یابد به گونه‌ای‌که در زیرحوضه ۴ با افزایش ۴۰ درصدی قیمت

آب آبیاری بیش‌ترین کاهش مصرف آب (۳۶درصد کاهش) مشاهده شد. هم‌چنین، سود ناخالص کشاورزان تمامی مناطق حوضه آبریز نیشابور نیز با افزایش قیمت آب کاهش نشان داد که بیش‌ترین کاهش سود مربوط به زیرحوضه ۲ در افزایش ۴۰ درصدی قیمت آب آبیاری بود که کاهش حدود ۱۱ درصدی را نشان داد. هم‌چنین، اثر افزایش قیمت آب آبیاری بر تراز آب زیرزمینی از راه تغییر در مقدار مصرف آب آبیاری (مقدار پمپاژ و مصرف آب) نشان داد که افزایش قیمت آب نیز تأثیر بسزایی را بر روی سطح آب زیرزمینی و بهبود آن خواهد داشت و افزایش تا ۲۰ درصد قیمت آب در طول یک سال ۰/۳۳ متر سطح آب زیرزمینی را بهبود خواهد بخشید. از این رو، اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری و اولویت دادن به آن در تصمیم گیری‌ها و برنامه‌های سیاستی به وسیله مسئولان ذیربط در بخش مدیریت منابع آب استان خراسان رضوی به عنوان راهبردی مناسب و کاربردی جهت کاهش تقاضای آب آبیاری و حفظ و پایداری منابع آب دشت نیشابور توصیه می‌شود. بکارگیری راهبرد تغییر الگوی کشت متناسب با اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری و حذف یا کمینه کردن سطح زیرکشت محصولات با نیاز آبی بالا مانند چغندر در شرایط اعمال سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری در الگوی زراعی مناطق حوضه آبریز نیشابور نیز توصیه سیاستی دیگری در راستای پایداری و تداوم تولید محصولات زراعی به مسئولان اجرایی بخش کشاورزی استان خراسان رضوی می‌باشد.

منابع

- اکبری، م.، جرگه، م. و مدنی سادات، ح. (۱۳۸۸). بررسی افت سطح آب‌های زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مطالعه موردی: آبخوان دشت مشهد. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۱۶(۴): ۶۳-۷۸.

- باقری، ا.، نیکویی، ع.، خداداد کاشی، ف. و شوکت فدایی، م. (۱۳۹۶). ارزیابی سیاست قیمت‌گذاری آب بر پایداری و حفظ آبخوان: مطالعه آبخوان مهیار شمالی در حوضه زاینده رود. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۳۱(۲): ۱۰۵-۱۲۰.

- بخشی، ع.، دانشور کاخکی، م. و مقدسی، ر. (۱۳۹۰). بررسی کاربرد مدل برنامه ریزی ریاضی مثبت به منظور تحلیل اثرات سیاست های جایگزین قیمت گذاری آب در دشت مشهد. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی(علوم و صنایع کشاورزی). ۲۵(۳): ۲۸۴-۲۹۴.

- بلالی،ح. (۱۳۸۹). بررسیتأثیرسیاست‌هایقیمتیوکشاورزیبرحفظمنابعآب‌هایزیرزمینیمطالعهموردی: دشت بهار. پایان‌نامهدکتریرشتهاقتصادکشاورزیدانشگاهتربیتمدرس. راهنما صادق خلیلیان.

- پرهیزکاری، ۱.، صبوحی، م.، احمدپور، م. و بدیع برزین، ح. (۱۳۹۳). شبیه سازی واکنش کشاورزان به سیاست های قیمت گذاری و سهمیه بندی آب آبیاری(مطالعه موردی: شهرستان زابل). نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۸(۲): ۱۶۷-۱۷۶.

- جلیل پیران، ح. (۱۳۹۱). نقش قیمت گذاری آب در بخش کشاورزی بر تعادل منابع آب. مجله اقتصادی-بررسی مسائل و سیاست های اقتصادی، ۲: ۱۱۹-۱۲۸.

- سازمان آب منطه ای خراسان رضوی. ۱۳۹۳. مطالعات پایه منابع آب.

- شفیعی جود، م.، ابریشم چی، ا. و صلوی تبار، ع.ب. (۱۳۹۲). ارزیابی طرح‌های توسعه منابع آب در سیستم چند مخزنه زیرحوضه دره رود با استفاده از شاخص‌های عملکردی. فصلنامه آب و فاضلاب، ۲۴ (۸۷): ۲۲-۳۲.

- صبوحی،م . وپرهیزکاری، ا. (۱۳۹۲) . تحلیل اثرات اقتصادی و رفاهی تشکیل بازار آب آبیاری در استان قزوین. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۲۷(۴): ۳۳۸-۳۵۰.

- فرج زاده، م.، ولایتی، س.و حسینی ، آ. (۱۳۸۴). تحلیل بحران آب در دشت نیشابور با رویکرد برنامه ریزی محیطی. شرکت سهامی آب منطقه ای خراسان رضوی.

- مظفری، م. (۱۳۹۵). مدیریت تقاضای آب آبیاری در دشت اردلان با تاکید بر سیاست قیمت‌گذاری. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۵(۴): ۴۷-۶۸.

- مظفری، م.م. (۱۳۹۴) . تعیین برنامه سیاستی مناسب برای حفاظت منابع آب در دشت قزوین. حفاظت منابع آب و خاک، ۵(۲): ۲۹-۴۶.

- موسوی، س.ن. و قرقانی، ف. (۱۳۹۰). ارزیابی سیاست های آب کشاورزی از منابع آب زیرزمینی مدل برنامه ریزی مثبت(PMP) مطالعه موردی شهرستان اقلید. فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی، ۱۱(۴): ۶۵-۸۲.

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

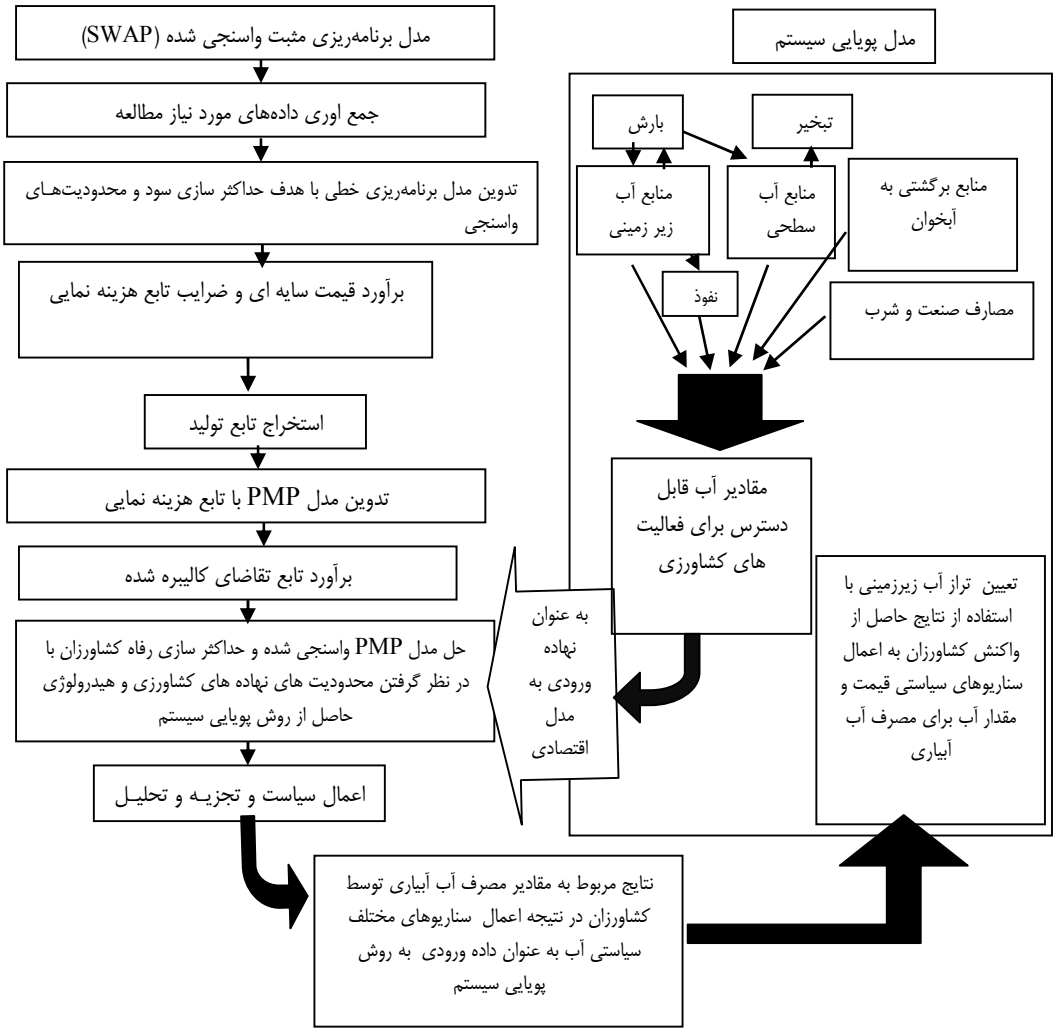
Refrences

- Aidam, P.W. (2015). The impact of water-pricing policy on the demand for water resources by farmers in Ghana. Agricultural Water Management, 158: 10-16.

-Arfini, F., Donati, M. & Paris, Q. (2003). A national PMP model for policy evaluation in agriculture using micro data and administrative information, Paper Pressed at the International Confrance Agricultural Policies, pp: 17-35.

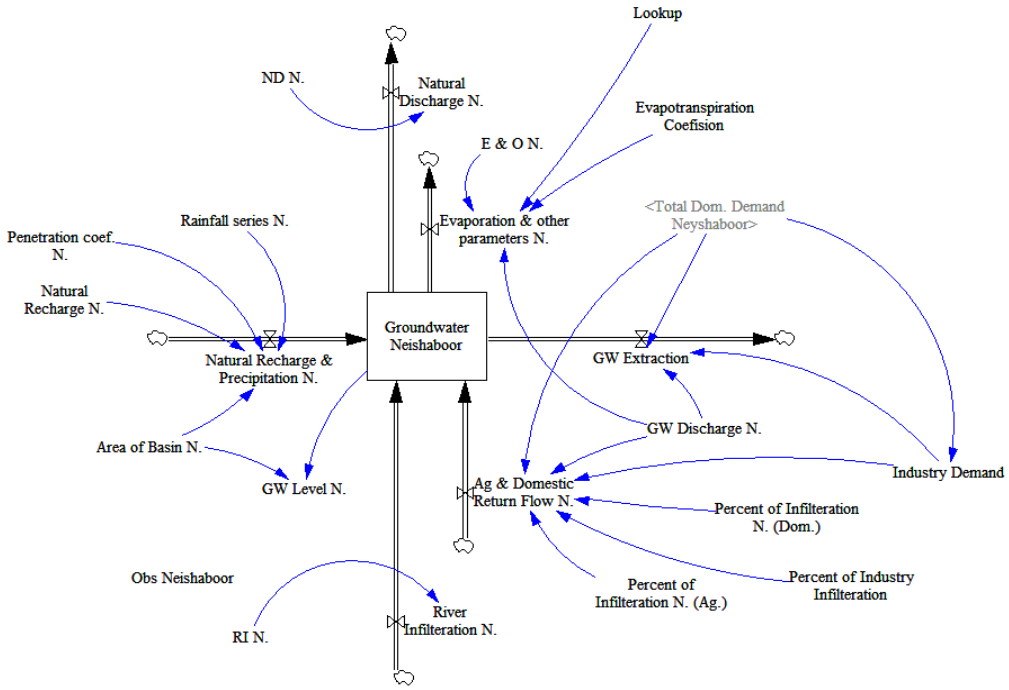
- Balali, H., Khalilian, S., Viaggi, D., Bartolini, F. & Ahmadian, M. (2011). Groundwater balance and conservation under different water pricing and agricultural policy scenario: A case study of the Hamadan-Bahar plain. Ecological Economics, 70: 863-872.
- Cortignani, R. & Severini, S. (2009). Modeling farm-level adoption deficit irrigation using positive athematicalsoftware. 38: 244-258.
- Finger, R. (2012). Modeling the sensitivity of agricultural water use to price variability and climate change- an application to Swiss maize production. Agricultural Water Management, 109: 135-143.
- Frija, A., Wossink, A., Buysse, J., Speelman, S. & Van Huylenbroeck, G. (2011). Irrigation pricing policies and its impact on agricultural inputs demand in Tunisia: ADE A-Dased methodology. Journal of Environmental Management, 92: 2109-2118.
- Gallego-Ayala, J. (2012). Selecting irrigation water pricing alternatives usaing a multimethodological approach. Mathematical and Computer modelling, article in press.
- Howitt R.E., Medellin-Azuara J., MacEwan D. & Lund R. (2012). Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management. Environmental Modeling and Software, 38: 244-258
- Howitt, R.E., Medellin-Azuara, J. & MacEwan, D. (2009). Estimating the economic impacts of agricultural yieldrelated changes for California. Final Paper, A Paper From California Climate Change Center, 26: 95-115.
- Pulido-Velazquez, M., Joaquin, A., Sahuquillo, A. & Pulido-Velazquez, D. (2008). Hydro- economic river basin modeling: the application of a holistic surface- groundwater model to assess opportunity costs of water use in Spain. Ecological Economics, 66: 51-65.
- Sterman, J. D. (2001). System dynamics modeling. California management review, 43(4): 8-25.
- Zhou, Q., Wu, F. & Zhang, Q. (2015). Is irrigation water price an effective leverage for water management? An empirical study in the middle reaches of the Heihe River basin. Physics and Chemistery of the Earth, Parts A/B/C. 89-90: 25-32.

پیوست‌ها



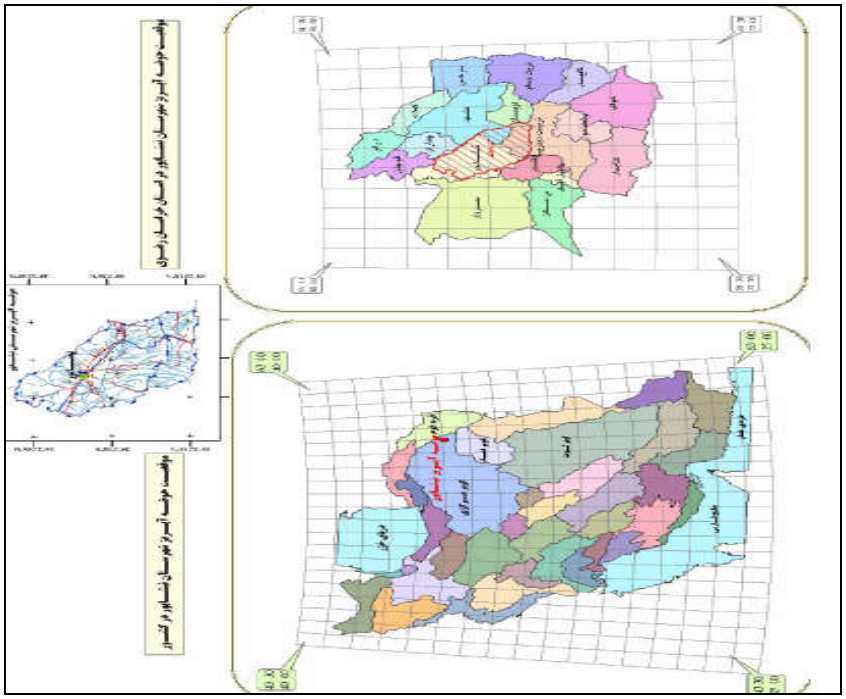
شکل ۱- چارچوب مفهومی فرآیند مدل اقتصادی- هیدرولوژیکی در حوضه آبریز نیشابور.

منبع: یافته‌های پژوهش



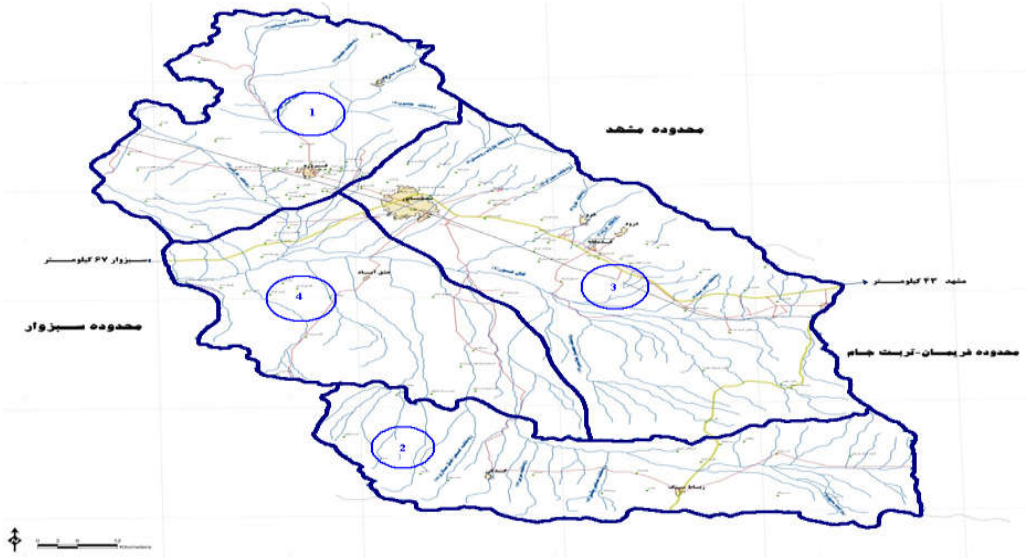
شکل۲- مدل‌سازی آب زیرزمینی در حوضه آبریز نیشابور.

منبع: یافته‌های پژوهش



شکل۳- موقعیت حوضه آبریز نیشابور در کشور و دیگر حوضه‌های استان خراسان رضوی.

منبع: سازمان آب منطقه‌ای خراسان رضوی



شکل۴- چهار زیرحوضه درنظر گرفته شده در منطقه مورد مطالعه.

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۱- سهم مصارف گوناگون آب در وضع موجود کل حوضه آبریز نیشابور(هزار مترمکعب).

نوع مصرف	مقدار مصرف	درصد
شرب	۴۴۶۷۳	۳/۱
کشاورزی	۱۳۸۲۱۵۱	۹۶/۷
صنعت	۲۵۷۹	۰/۲
جمع	۱۴۲۹۴۰۳	۱۰۰

منبع: سازمان آب منطقه‌ای خراسان رضوی ، ۱۳۹۳.

جدول۲- مقدار تخصیص سالانه آب کشاورزی از تمامی منابع زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات) و سطحی در مقایسه با مقدار نیاز آبی سالانه.

مقایسه برداشت با نیاز آبی		سالانه (میلیون مترمکعب)
برداشت از منابع آب سطحی		۹۸
برداشت از منابع آب زیرزمینی	چاه	۱۱۶۸/۷
	قنات	۱۴۶/۵
	چشمه	۶۷/۹
	جمع	۱۳۸۳/۳
حجم کل آب استحصالی از منابع سطحی و زیرزمینی		۱۴۴۷/۶
نیاز ناخالص آبی		۹۰۴/۹
سطح تامین آب آبیاری(درصد)		۱۷۵/۹

منبع: سازمان آب منطقه‌ای خراسان رضوی ، ۱۳۹۳.

جدول۳- داده‌های آماری مربوط به محصولات منتخب زراعی در حوضه آبریز نیشابور در سال پایه ۱۳۹۳.

مناطق	محصولات	سطح زیرکشت(هکتار)	عملکرد(تن در هکتار)	نیاز خالص آبی(مترمکعب در هکتار)	سرمایه (کیلوگرم در هکتار)*	نیروی کار(نفر- روز در هکتار)
زیرحوضه۱	گندم آبی	۱۵۹۵۰	۷/۶	۴۸۶۰	۴۱۰	۲۴
زیرحوضه۲	گندم آبی	۱۱۶۴۰	۸/۲	۴۵۲۰	۳۹۰	۲۵
زیرحوضه۳	گندم آبی	۱۱۵۰۰	۷	۴۸۶۰	۴۱۰	۲۴
زیرحوضه۴	گندم آبی	۸۲۰۰	۷	۴۸۶۰	۴۰۵	۲۴
زیرحوضه۱	جو آبی	۱۲۰۰۰	۶/۵	۳۶۷۰	۴۰۰	۲۲
زیرحوضه۲	جو آبی	۵۲۷۰	۶/۱	۳۳۱۰	۳۹۰	۲۲
زیرحوضه۳	جو آبی	۱۱۹۰۰	۷/۲	۳۶۷۰	۴۰۵	۲۲
زیرحوضه۴	جو آبی	۴۱۰۰	۵	۳۶۷۰	۴۰۵	۲۲
زیرحوضه۱	ذرت علوفه‌ای	۲۲۷۰	۳۲	۶۶۸۰	۲۰۰	۲۵
زیرحوضه۲	ذرت علوفه‌ای	۲۰۰	۳۵	۶۶۸۰	۲۱۰	۲۵
زیرحوضه۳	ذرت	۱۴۵۰	۳۰	۶۶۸۰	۱۹۵	۲۷

زیرحوضه۴	علوفه‌ای ذرت	۵۰۰	۳۸	۶۶۸۰	۱۹۵	۲۷
زیرحوضه۱	علوفه‌ای هندوانه	۳۲۰۰	۲۱/۵	۶۹۸۰	۵۸۰	۳۲
زیرحوضه۲	هندوانه	۱۲۴۵	۲۶	۶۹۴۰	۶۰۰	۳۲
زیرحوضه۳	هندوانه	۶۰۰	۲۳/۵	۶۹۸۰	۶۰۵	۳۲
زیرحوضه۴	هندوانه	۴۳۰۰	۲۴/۵	۶۹۸۰	۵۹۰	۳۲
زیرحوضه۱	چغندرقند	۳۰۰	۲۹	۹۰۹۰	۵۵۰	۳۰
زیرحوضه۲	چغندرقند	۴۶۵۰	۲۳	۸۹۷۰	۵۳۰	۳۰
زیرحوضه۳	چغندرقند	۵۰۰	۲۸	۹۰۹۰	۵۴۵	۳۰
زیرحوضه۴	چغندرقند	۲۰۰۰	۲۱	۹۰۹۰	۵۴۵	۳۰

* مجموع نهاده های کود، سم و بذر مصرفی درواحد سطح به عنوان سرمایه درنظرگرفته شده است.

منبع: سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی، ۱۳۹۳

جدول ۴- ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب آبیاری در سال پایه(۱۳۹۳) در مقایسه با آب‌بهای پرداختی کشاورزان(برحسب ریال در مترمکعب).

حوضه آبریز نیشابور	زیرحوضه ۱	زیرحوضه ۲	زیرحوضه ۳	زیرحوضه۴
ارزش اقتصادی آب (قیمت سایه‌ای)	۷۰۰	۹۵۰	۸۰۰	۷۰۰
آب بهای پرداختی کشاورزان	۴۶۰	۴۶۰	۴۶۰	۴۶۰

منبع: یافته های پژوهش

جدول۵- سطح زیر کشت محصولات در سیاست افزایش قیمت آب آبیاری (هکتار).

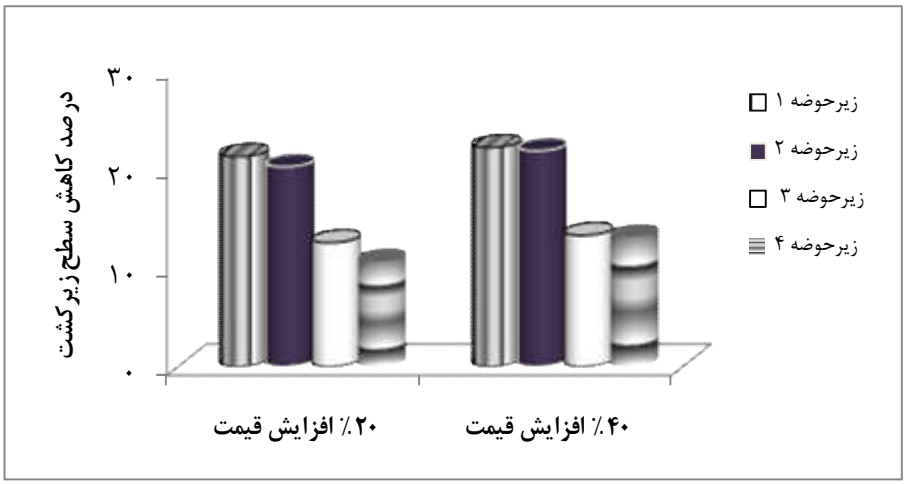
افزایش قیمت آب آبیاری			٪۲۰	٪۴۰	٪۲۰	٪۴۰	٪۲۰	٪۴۰
مناطق/ محصول		سال پایه (۱۳۹۳)(هکتار)	سطح زیر کشت (هکتار)		درصد تغییرسطح زیر کشت (هکتار)		مقدار آب مورد استفاده(هزار مترمکعب)	
زیرحوضه۱	گندم	۱۵۹۵۰	۱۲۰۶۲/۳۰	۱۱۸۹۵/۲	-۲۴/۳۱	-۲۵/۴۲	۵۸۶۲۳/۱۱	۵۷۸۱۱/۱۱
زیرحوضه۲	گندم	۱۱۶۴۰	۱۰۰۵۴/۵۰	۹۹۳۴/۶	-۱۳/۶۰	-۱۴/۶۳	۶۰۱۳۰/۳۱	۵۹۴۱۳/۲۱
زیرحوضه۳	گندم	۱۱۵۰۰	۹۵۱۲/۸۰	۹۳۹۵	-۱۷/۲۰	-۱۸/۳۱	۴۶۲۳۲/۳	۴۵۶۵۹/۴۱
زیرحوضه۴	گندم	۸۲۰۰	۸۰۴۶/۶۰	۷۹۵۷/۲	-۱/۸۰	-۲/۹۱	۳۸۸۴۱/۶	۳۸۴۱۰/۲۱
زیرحوضه۱	جو	۱۲۰۰۰	۱۰۰۸۴/۶۰	۱۰۰۰۲/۲	-۱۵/۹۱	-۱۶/۶۲	۳۷۰۱۰/۵	۳۶۷۰۸/۳۱
زیرحوضه۲	جو	۵۲۷۰	۴۶۴۵/۸۰	۴۵۹۸/۵	-۱۱/۸۱	-۱۲/۷۱	۱۵۳۷۷/۱	۱۵۲۲۰/۴
زیرحوضه۳	جو	۱۱۹۰۰	۱۱۱۴۰/۸۰	۱۱۰۹۵/۸	-۶/۳۰	-۶/۷۱	۳۹۹۵۰/۷	۳۹۷۸۹/۱
زیرحوضه۴	جو	۴۱۰۰	۵۰۴۱	۴۶۹۸/۷۰	۲۲/۹۰	۱۴/۶۳	۱۸۵۰۰/۵	۱۷۲۴۴/۴۰
زیرحوضه۱	ذرت علوفه‌ای	۲۲۷۰	۱۹۲۱	۱۹۰۶	۱۵/۳۰	۱۶	۱۲۸۳۲/۱۰	۱۲۷۳۲/۱
زیرحوضه۲	ذرت علوفه‌ای	۲۰۰	۱۹۱/۴	۱۹۱	-۴/۲۰	-۴/۵۱	۱۳۴۰/۱۰	۱۳۳۵/۶
زیرحوضه۳	ذرت علوفه‌ای	۱۴۵۰	۱۳۴۸/۸	۱۳۴۲/۸	-۶/۹۰	۷/۳۰	۹۰۱۰/۱۰	۸۹۷۰/۲
زیرحوضه۴	ذرت علوفه‌ای	۵۰۰	۵۰۱/۶	۵۰۱/۲	۰/۳۱	۰/۲۰	۱۷۰۵/۵	۱۷۰۴/۱
زیرحوضه۱	هندوانه	۳۲۰۰	۲۴۱۴/۳۰	۲۳۸۰/۵	-۲۴/۵۰	-۲۵/۶	۲۵۱۵۱/۱۰	۲۴۷۹۹/۲
زیرحوضه۲	هندوانه	۱۲۴۵	۱۰۹۳/۸	۱۰۸۲	-۱۲/۱۰	-۱۳	۱۴۶۲۰/۱۰	۱۴۴۶۱/۶
زیرحوضه۳	هندوانه	۶۰۰	۵۱۹/۶	۵۱۴/۸	-۱۳/۳۰	-۱۴/۱	۸۰۲۹/۸۰	۷۹۵۶/۳
زیرحوضه۴	هندوانه	۴۳۰۰	۳۹۸۳	۳۹۵۳/۱	-۷/۳۰	-۸	۵۴۹۶۶/۲۰	۵۴۵۵۳/۷
زیرحوضه۱	چغندر	۳۰۰	۲۱۱	۲۰۷/۱	-۲۹/۶۰	-۳۰/۹	۴۷۳۰/۵۰	۱۰۴۶۴۵
زیرحوضه۲	چغندر	۴۶۵۰	۲۶۴۹/۷۰	۲۴۷۹	-۴۳	-۴۶/۶	۴۱۸۰۲/۸۰	۳۹۱۰۹/۲
زیرحوضه۳	چغندر	۵۰۰	۴۳۱/۱۰	۴۲۷	-۱۳/۷	-۱۴/۵	۸۲۳۰/۲	۸۱۵۲/۸
زیرحوضه۴	چغندر	۲۰۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۶- مقدار و درصد تغییرات سود ناخالص حاصل از کشت محصولات زراعی و صرفه جویی در مصرف آب آبیاری.

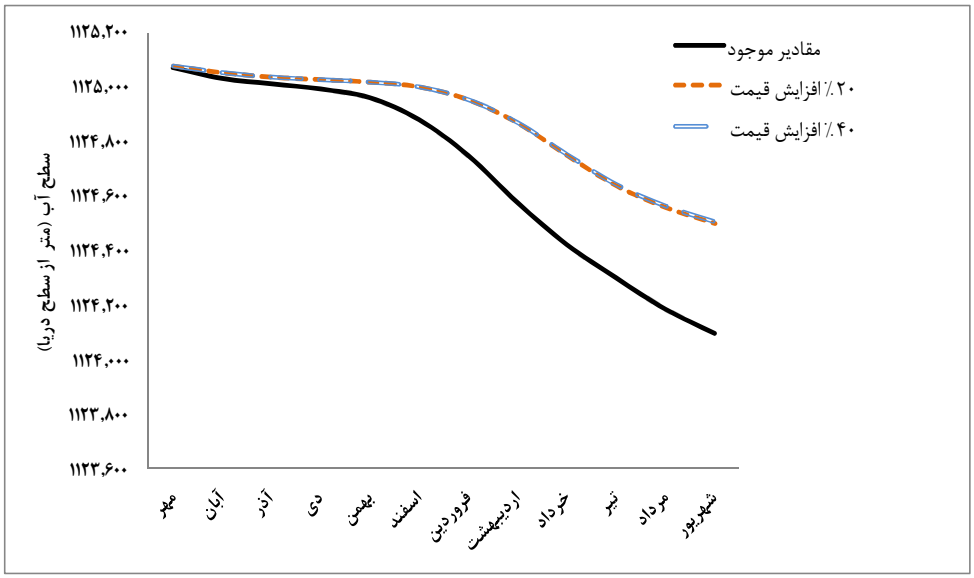
	سود ناخالص سال پایه (میلیارد ریال)	سود ناخالص(میلیارد ریال)		درصد تغییرات در سود ناخالص		درصد تغییرات مقدار آب مورد استفاده	
افزایش قیمت آبیاری		٪۲۰	٪۴۰	٪۲۰	٪۴۰	٪۲۰	٪۴۰
زیرحوضه ۱	۹۳۹/۷	۸۹۸	۸۹۱/۱	-۴/۴	-۵/۱	-۲۲	-۲۳
زیرحوضه ۲	۹۳۶/۵	۸۴۴	۸۳۱/۸	-۹/۸	-۱۱/۱	-۲۶	۲۸
زیرحوضه ۳	۸۸۱/۷	۸۷۷/۲	۸۷۳/۵	-۰/۵	-۰/۹	-۱۵	-۱۵
زیرحوضه ۴	۶۷۱/۶	۶۴۷/۴	۶۴۱/۹	-۳/۶	-۴/۴	-۳۴	-۳۶

منبع: یافته‌های پژوهش



نمودار۱- درصد کاهش سطح زیرکشت کل در سیاست افزایش ۲۰ و ۴۰ درصدی قیمت آب آبیاری.

منبع: یافته‌های پژوهش



نمودار۲- تغییرات تراز آب زیرزمینی در سیاست افزایش قیمت آب آبیاری.

منبع: یافته های پژوهش