

The Effects of Water Market Development on Farmers' Selective Cultivation Pattern in Sabalan Irrigation Network, Ardabil

A. Kanooni^{1*}, Y. Hasani², K. Gharaei³,
and A. Dindar⁴

Abstract

Improving the efficiency of water use in the presence of a water market is an issue that, under the current constraints of water resources in the country, can guide the water management sector. This paper deals with the economic impacts of water market development. For this purpose, the effects of water market development by applying different pricing scenarios were investigated using a mathematical model (PMP). First, the economic value of different agricultural crops in the study area was estimated, then considering the average water tariff in agricultural lands and the economic value of water, by adopting different prices (water tariff, final cost and economic value), probable cropping pattern changes were calculated at Sabalan irrigation network. The results showed that there is a significant difference between the economic value of water and its tariff. As water prices rise, crop cultivated areas, yields and net gross profit decline. Alfalfa with the 58% decrease in cultivation area, had the highest decrease among agricultural crops, and showing that in different price scenarios, the pattern of crops is chosen by the farmers that more benefits per unit of water consumed.

Keywords: Economic Value, Pattern of Cultivation, Positive Mathematical Programming Model, Sabalan Irrigation Network.

Received: December 18, 2019

Accepted: July 12, 2020

بررسی اثرات توسعه بازار آب بر الگوی کشت انتخابی کشاورزان در شبکه آبیاری سبلان، اردبیل

امین کانونی^{۱*}، یوسف حسینی^۲، کریم قرانی^۳ و اسدالله دیندار^۴

چکیده

بهبود کارایی استفاده از آب در صورت وجود بازار آب موضوعی است که در شرایط محدودیت کنونی منابع آب در کشور می‌تواند راهگشای بخش مدیریت منابع آب باشد. در این مقاله به بررسی اثرات توسعه بازار آب از دیدگاه اقتصادی پرداخته شده است. برای این منظور با استفاده از یک مدل ریاضی (PMP) اثرات توسعه بازار آب با اعمال سناریوهای مختلف قیمتی بررسی گردید. ابتدا ارزش اقتصادی محصولات کشاورزی مختلف در منطقه مورد مطالعه تخمین زده شد، سپس با توجه به متوسط تعرفه آب در اراضی کشاورزی و ارزش اقتصادی آب به دست آمده، با اتخاذ قیمت‌های مختلفی در محدوده آن دو (تعرفه آب، هزینه تمام شده آب و ارزش اقتصادی آب)، تغییرات الگوی کشت احتمالی در سطح شبکه آبیاری سبلان محاسبه گردید. نتایج نشان داد تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین ارزش اقتصادی آب و تعرفه آن وجود دارد. با افزایش قیمت آب، ضمن کاهش سطح زیر کشت، عملکرد محصولات کشاورزی کم شده و به تبع آن سود ناخالص شبکه نیز کاهش می‌یابد. یونجه با ۵۸ درصد کاهش سطح زیر کشت، بیشترین کاهش سطح زیر کشت را در بین محصولات کشاورزی داشته است و نشان می‌دهد در سناریوهای مختلف قیمتی، ترکیب الگوی کشتی توسط کشاورزان انتخاب می‌شود که به ازای هر واحد آب مصرفی، منافع بیش‌تری عاید آن‌ها گردد.

کلمات کلیدی: ارزش اقتصادی، الگوی کشت، مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، شبکه آبیاری سبلان.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۸/۹/۲۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۴/۲۲

1- Assistant Professor, Department of Water Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, Email: amin.kanooni@uma.ac.ir.

2- Researcher, Water Consumption Management and Productivity Enhancement Department, Ministry of Energy, Tehran, Iran.

3- Deputy Planning, Regional Water Company of Ardabil, Ardabil, Iran.

4- Surface Water Expert, Regional Water Company of Ardabil, Ardabil, Iran.

*- Corresponding Author

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲- کارشناس ارشد دفتر مدیریت مصرف و ارتقاء بهره‌وری آب و آبفا، وزارت نیرو، تهران، ایران.

۳- معاون برنامه‌ریزی شرکت آب منطقه‌ای اردبیل، اردبیل، ایران.

۴- کارشناس آب‌های سطحی شرکت آب منطقه‌ای اردبیل، اردبیل، ایران.

*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان پائیز ۱۳۹۹ امکانپذیر است.

توجهی (از جنبه‌های نظری و عملی) توسط بانک جهانی و افراد حقیقی با هدف شناسایی بازارهای رسمی و غیررسمی انجام شده است. تجارب دهه‌های اخیر برخی از کشورها نشان می‌دهد تشکیل بازار آب مبتنی بر اصول اقتصادی، یکی از کارآترین و انعطاف‌پذیرترین روش‌ها برای غلبه بر این چالش‌ها است (Garrick, 2013). Mohanty and Gupta (2002) طی مطالعاتی رفع موانع اصلاحات در انقلاب آبی یک کشور، یک حوضه آبریز و یا رژیم یک رودخانه را تشکیل بازار آب آن می‌دانند و در ادامه به تشریح تجربه کشورهای آمریکا، استرالیا و هندوستان می‌پردازند. (Dosi and Easter (2002) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که در وضعیت کم‌آبی، لازم است سه اقدام مهم به صورت همزمان اجرا و پیگیری شوند که عبارتند از: تغییرات نهادی آب، بازار آب و خصوصی‌سازی. ایشان خصوصی‌سازی در صنعت آب را در صورت تشکیل نهاد بازار آب امکان‌پذیر دانسته و آنرا برای مشارکت بخش خصوصی در تأمین آب و حتی نظارت و حفاظت منابع هر حوضه آبریز ضروری دانستند و از شفاف‌شدن قوانین و حقوق آب و همچنین تعیین قیمت‌های مبادله‌ای آب در هر منطقه که با تقویت عوامل بازار آب به وجود می‌آیند، به عنوان عامل اصلی و کلیدی تشویق مشارکت مردمی و بخش خصوصی در اداره امور آب نام بردند. Pujol et al. (2005) به بررسی بازارهای آب کشاورزی در اسپانیا و ایتالیا پرداخته و دو حالت وجود و عدم بازار آب را با یکدیگر مقایسه نمودند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که سود ناخالص محدوده‌های مطالعاتی مورد نظر در اثر سیاست پیاده‌سازی بازار آب به میزان ۳۰ درصد افزایش می‌یابد. همچنین Zekri and Easter (2007) به شبیه‌سازی بازار آب و ارزیابی منافع اقتصادی آن در کشور تونس پرداختند و به این نتیجه رسیدند که کارآیی بازار آب در شرایط مورد پژوهش افزایش می‌یابد. مطالعه‌ای توسط Medellin-Azuara et al. (2010) برای تعیین ارزش اقتصادی آب در حوضه ریوگران-ریوبراوو در شمال مکزیک با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP²) و تحت چهار سناریو مختلف (تغییر در فناوری‌های آبیاری، تغییر اقلیم گرم و خشک، تغییر قیمت کالای کشاورزی و هزینه‌های آب کشاورزی) در دو سطح مزرعه و منطقه‌ای انجام شد. نتایج نشان داد که ارزش اقتصادی آب در دو سطح مزرعه و منطقه‌ای یکسان است و مدل‌های در سطح مزرعه بهتر از مدل‌های منطقه‌ای می‌توانند اثر سناریوهای مختلف را تبیین کنند. همچنین در پژوهش دیگری واکنش کشاورزان به قیمت‌گذاری، سهمیه‌بندی و پرداخت یارانه به تکنولوژی‌های آبیاری را با استفاده از یک مدل حداکثرسازی سود بر پایه مدل تولید محصولات کشاورزی منطقه‌ای (SWAP³) مورد بررسی قرار دادند. پس از واسنجی با استفاده از روش PMP، مدل تهیه شده برای حوضه تولار در دره مرکزی جنوب کالیفرنیا اجرا شد. طبق

یکی از راهکارهای اساسی مدیریت بهینه عرضه و تقاضای آب و تخصیص کارای آن به مصارف مختلف، تشکیل بازار آب یا تقویت و ساماندهی بازارهای محلی آب است. بازار، زمینه مبادله آب را بین بهره‌برداران برای تطبیق کارآمدتر نیازها با امکانات آبی موجود فراهم می‌سازد. از این‌رو، به طور بالقوه می‌تواند موجبات رشد اقتصادی، کاهش تنش‌های ناشی از رقابت در شرایط کم‌آبی و تخفیف آثار زیست‌محیطی آن را فراهم آورد. به بیان دیگر زمانی که تفاوت فاحشی بین عرضه زمانی و مکانی و تقاضای آب بین مصارف مختلف وجود دارد، تخصیص مجدد منابع محدود آب بین مصرف‌کنندگان رقیب با سازوکارهای اقتصادی می‌تواند راهکاری در جهت استفاده بهینه از منابع و بهره‌وری مصرف آب باشد. در دهه‌های گذشته، این مسائل از طریق ساخت مخازن سدهای بزرگ و پروژه‌های توزیع آب قابل بررسی بود، اما در سال‌های اخیر به دلیل مسائل زیست‌محیطی و تغییرات ایجاد شده در نگرش‌های سیاسی، توجه و تأکید زیادی بر نهادها و مکانیزم‌هایی شده است که برای تخصیص مجدد منابع محدود آب موجود بین مصرف‌کنندگان رقیب، در تلاش هستند (Borzovic et al., 2002). بازارهای دارای طراحی مناسب و حمایت شده توسط نهادهای با ثبات و قدرتمند، مکانیزم مؤثری برای تخصیص مجدد آب محدود بین بخش‌های مختلف هستند و لذا امکان برآورده ساختن تقاضای در حال رشد آب صنعتی و شهری را بدون ایجاد خدشه در رشد و تولید محصول در بخش کشاورزی دارند. مبادله آب از طریق بازار، بازگشت سرمایه در پروژه‌های انتقال و توزیع آب (شبکه‌های آبیاری) را تا حد زیادی امکان‌پذیر می‌سازند. مبادله، از اختلاف ارزش استفاده از آب بین دو مبادله‌کننده ناشی می‌شود. این ارزش استفاده به وسیله ارزش محصول نهایی یعنی ارزش محصول اضافه شده در نتیجه به کار بردن یک واحد اضافه آب، کمی می‌شود. پس اختلاف در ارزش محصول نهایی آب (VMP¹) پیش شرط مبادله است. در مطالعه رفتار مبادلاتی در بازار آب، درک اختلاف بین قیمت آب و ارزش استفاده از آن بسیار مهم و حیاتی است و از این اختلاف است که می‌توان فهمید چرا در طی مواقع خاصی از سال یا در بعضی مناطق، آب ارزان به فروش نمی‌رود (Young, 2011).

در برخی کشورهای جهان، موضوع تشکیل بازار آب و تخصیص آب مبتنی بر بازار و تقویت و تسهیل مبادلات آن با جدیت مورد توجه قرار گرفته است. از آن جمله می‌توان به مناطق مختلف آمریکای غربی و اروپای جنوبی (به لحاظ کم‌آبی نسبت به دیگر مناطق)، ایالات کالیفرنیا، کلرادو و فلوریدا آمریکا و نیز کشورهای دیگری مانند استرالیا و مکزیک اشاره نمود. می‌توان گفت در سطح بین‌المللی مطالعات قابل

نتایج، دادن یارانه به فناوری‌های آبیاری ممکن است تأثیر کمی در افزایش کارایی استفاده از زمین و آب داشته و بدون اعطای مشوق‌ها یا مقررات دیگر نتواند در بهبود مصرف آب مؤثر واقع شود. همچنین در بین سناریوهای شبیه‌سازی شده، بیشترین افزایش بهره‌وری آب (۴۳ درصد) مربوط به سناریوی افزایش ۲۰ درصدی قیمت آب بوده است (Medellin-Azuara et al., 2012).

بررسی مطالعات داخلی نشان می‌دهد عمده‌ترین مطالعات اولیه در مورد بازار آب سطحی تنظیم نشده مربوط به رودخانه مجن در شاهرود است که (2006) Bohlolvan و (2007) Bohlolvan and Sadr در مطالعات جداگانه‌ای به بررسی آن پرداخته‌اند و در سال‌های بعد توجه زیادی به این موضوع گردید. طی مطالعه‌ای که توسط Aryan (2008) برای بررسی بازار غیررسمی آب در شبکه آبیاری و زهکشی قزوین انجام شد، اختلاف قابل توجه بین قیمت آب و درآمد حاصل از آن، عدم تطابق نیاز کشاورزان با برنامه تخصیص آب، عدم پایبندی به الگوی کشت اعلام شده توسط سازمان جهاد کشاورزی شهرستان قزوین و ناکافی بودن میزان آب، از مهم‌ترین زمینه‌های تشکیل بازار در محدوده مورد بررسی ذکر شده است. Jofreh and Alizadeh (2009) با برآورد تابع تقاضای آب در بازار آب مجن، تخصیص بهینه منابع آب را در شرایط شکل‌گیری بازار آب بررسی کردند و در نهایت تشکیل و تقویت بازارهای آب را به منظور افزایش کارایی مصرف آب، افزایش درآمد زارعین، کاهش ریسک درآمد زارعین، افزایش سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در صنعت آب، افزایش مشارکت مردم در مدیریت منابع آب و کاهش هزینه‌های دولت در مدیریت و توزیع منابع آب توصیه کردند. الگوی کشت بهینه و معادله تقاضای آب مناطق مختلف پایین‌دست سد شیرین‌دره بجنورد با استفاده از روش PMP توسط (2011) Keramatzadeh et al. تعیین و سپس مقدار آب‌بهای مورد انتظار پرداختی کشاورزان در شرایط مختلف آب و هوایی برآورد گردید. بر اساس نتایج تحقیق، ارزش اقتصادی آب در سناریوهای نرمال و خشکسالی به ترتیب برابر ۴۱۶ و ۵۷۱ ریال به ازای هر متر مکعب به دست آمد. (2014) Yousefi et al. آثار رفاهی تخصیص آب در شرایط بازار را بر اقتصاد ایران بررسی کردند. برای انجام مطالعه از مدل تعادل عمومی برای ارزیابی سیاست‌های مختلف استفاده کردند و آب را به عنوان عامل اولیه تولید در ماتریس حسابداری اجتماعی برای لحاظ نمودن ارزش واقعی آب در نظر گرفتند. نتایج نشان داد ایجاد بازار آب در شرایط کم آبی، باعث افزایش رفاه خانوارهای روستایی و کاهش رفاه خانوارهای شهری می‌شود. (2014) Parhizkari et al. با استفاده از مدل SWAP و PMP عکس‌العمل کشاورزان شهرستان زابل نسبت به سیاست‌های

قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری را شبیه‌سازی کردند. نتایج حاکی از کاهش سطح زیر کشت محصولات زراعی و میزان آب مصرفی بوده است. همچنین سیاست سهمیه‌بندی آب آبیاری به عنوان راهکاری مناسب برای پایداری منابع آب در منطقه مورد نظر معرفی شده است. (2015) Bohlolvand et al. با برآورد تابع تقاضای آب به بررسی نقش بازار آب در قیمت‌گذاری و تخصیص منابع آب در بخش کشاورزی در بازار رقابتی مجن پرداختند. نتایج نشان داد که بین مقدار تقاضای آب و قیمت آن یک رابطه منفی معنی‌داری وجود دارد و همچنین اولویت کشت سیب‌زمینی در مقابل گندم به دلیل تفاوت در کشت‌های قیمتی که یکی از کارکردهای مهم بازار است مورد تأیید قرار گرفت. در ادامه با بررسی حساسیت زارعین به تغییرات قیمت آب، به این نتیجه رسیدند که حساسیت زارعین به تغییرات قیمت آب در الگوی کشت سیب‌زمینی و گندم کمتر از حالتی است که الگوی کشت انتخابی فقط سیب‌زمینی باشد. (2016) Hasanvand et al. مطالعه‌ای واکنش کشاورزان به سناریوهای مختلف قیمت آب و منابع آب در دسترس را با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی مثبت در شهرستان خرم‌آباد بررسی کردند. نتایج نشان داد با افزایش ۵۰۰ درصدی قیمت آب، سطح زیر کشت محصولات آبی کاهش و سطح زیر کشت محصولات دیم افزایش می‌یابد. با اعمال سیاست کاهش منابع آب در دسترس، محصولات با بازده بالا و مصرف آب کمتر، وارد الگوی کشت شده و به این طریق حدود ۳۵ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی به عمل می‌آید. (2016) Ahmadi et al. به ارزیابی اقتصادی پیاده‌سازی بسترهای فنی تشکیل بازار آب در پنج مزرعه هم‌جوار شبکه آبیاری مهیار واقع در حوضه آبریز زاینده‌رود پرداختند. با تدوین یک مدل بهینه‌سازی، حجم تبادل ماهانه آب و الگوی کشت بهینه تعیین شد و سپس برای شرایط خشکسالی مدل تهیه شده اجرا گردید. نتایج نشان داد که بازده برنامه‌ای کشاورزان پس از ایجاد بازار آب افزایش می‌یابد. همچنین حجم آب مبادله شده در بازار به مقدار ۴۷ درصد حجم آب مصرفی بوده است که این امر سهم بالای مشارکت زارعین در بازار آب را نشان می‌دهد. (2016) Safari et al. با استفاده از دو روش تخصیص عمومی و تخصیص مبتنی بر بازار، به تخصیص منابع آب در حوضه آبریز بالخلی‌چای اردبیل پرداختند. ابتدا با استفاده از یک مدل بهینه‌سازی غیر خطی، سطح زیر کشت بهینه محصولات و مقدار آب بهینه تخصیصی را با هدف حداکثرسازی سود به دست آوردند، سپس مدل تخصیص بر مبنای بازار را با هدف حداکثرسازی ارزش اقتصادی آب و با وجود امکان مبادله حقابه‌ها بکار گرفتند. نتایج تحقیق نشان داد که با تشکیل بازار آب با انتقال آب به مناطق با ارزش اقتصادی بالاتر، بهره‌وری مصرف آب افزایش می‌یابد. بدین ترتیب امکان مبادله ۱۸ درصد حقابه‌های تخصیص یافته فراهم می‌گردد که این حجم مبادلات ۹ درصد سود را افزایش می‌دهد. Zibaei and

(Malek-Varnosfaderani 2017) اثرات بالقوه ایجاد بازار آب در افزایش بهره‌وری مصرف و کاهش منازعات در بخش آب کشاورزی را در استان فارس بررسی کردند. بر اساس نتایج به دست آمده حجم آب مبادله شده در منطقه ۹/۵ درصد کل آب مصرفی بوده و متوسط بهبود درآمد زارعین بین ۱۵ تا ۴۲ درصد متغیر بوده است. به دلیل وجود انگیزه کافی برای کشاورزان برای ورود به بازار آب با توجه به بهبود درآمد زارعین، سیاست سهمیه‌بندی برداشت آب همزمان با سیاست ایجاد بازار آب شبیه‌سازی گردید. نتایج حاکی از آن بود که با اجرای سیاست سهمیه‌بندی برداشت آب و ایجاد بازار آب، بدون این که افت چشمگیری در میزان درآمد کشاورزان حاصل شود مصرف آب کاهش می‌یابد. (Badi Barzin et al. 2018) ضمن بررسی اثرات تشکیل بازارهای آب منطقه‌ای، پتانسیل انتقال آب در شرایط کم‌آبی در منطقه سیستان را با سیستم مدل‌سازی هیدرواقتصادی ارزیابی کردند. نتایج نشان داد با برقراری بازارهای آب در منطقه علاوه بر متعادل شدن عرضه و تقاضای آب، سطح زیر کشت گندم و جو آبی افزایش و سطح زیر کشت یونجه، پیاز، هندوانه و خربزه کاهش می‌یابد. لذا ضمن توسعه سطح اراضی فاریاب به میزان ۴/۲۳ درصد نسبت به سال پایه سود ناخالص کشاورزان بهبود می‌یابد. (Zolfagharipoor et al. 2020) یک چارچوب کارآمد برای تخصیص بهینه منابع آب زیرزمینی در محدوده بازار آب موجود در دشت اصفهان - برخوردار ارائه دادند. برای این منظور با کاهش مجوز برداشت آب از منابع زیرزمینی در مزارع فروشنده آب، وضعیت هیدرولوژیکی آبخوان را بهبود نموده و سپس با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی عدد صحیح، فروش مجوزهای برداشت آب زیرزمینی از مزارع کشاورزی به صنایع تولید را مدل‌سازی کردند. نتایج نشان داد اگرچه با کاشت محصولات سودآور و فروش آب مازاد به صنایع، افزایش تولید در بخش صنعت به وجود می‌آید، ولی به دلیل کاهش مجوز بهره‌برداری مزارع نسبت به شرایط اولیه، بخش کشاورزی دچار خسارت می‌شود. به طور کلی با توجه به تجربیات ناچیز بازار آب در ایران (Vahedi Zade et al. 2019) به بررسی ساختار بازار آب کشورهای استرالیا، آمریکا، شیلی، اسپانیا و چین پرداخته و ضمن مقایسه عملکرد آن‌ها از جنبه‌های مختلف، عوامل مؤثر بر بازدهی بازارهای آب را تحلیل و ذکر کردند.

بررسی‌های میدانی که در قالب طرح تحقیقاتی توسط محققین انجام شده است وجود بازارهای غیررسمی آب در محدوده تحت پوشش شبکه آبیاری سیلان (به عنوان یکی از محدوده‌های مطالعاتی منتخب) در شهرستان مشکین‌شهر را نشان می‌دهد، لذا بررسی واکنش احتمالی کشاورزان به سیاست‌های مختلف مدیریت منابع آب می‌تواند در تصمیم‌گیری نهادهای مدیریتی تأثیر مستقیمی داشته باشد. در این راستا و با توجه به اینکه قیمت‌گذاری نقش تعیین‌کننده‌ای در برقراری

تعادل بین عرضه و تقاضای آب دارد، در پژوهش حاضر سعی شده است اثرات توسعه بازار آب با اتخاذ سیاست‌های مختلف قیمت آب بر عکس‌العمل احتمالی کشاورزان بررسی گردد تا از این طریق بتوان راه‌کارهای قابل قبولی برای اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی در برنامه‌ریزی منابع آب ارائه نمود. همچنین در این مقاله از هزینه تمام شده تأمین آب و متوسط وزنی ارزش اقتصادی آب برای محصولات واقع در الگوی کشت موجود در شبکه آبیاری مورد نظر استفاده شده است (در مطالعات دیگر کمتر به این نکته پرداخته شده است) تا به واسطه آن بتوان محدوده مناسبی برای ارزش‌گذاری قیمتی آب تعیین کرد و از شکست‌های احتمالی بازار آب جلوگیری نمود.

۲- مواد و روش تحقیق

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش شبکه آبیاری سیلان است که در منطقه مشکین‌شهر در استان اردبیل و در شمال غربی ایران بین طول‌های جغرافیایی ۴۳'، ۵۳° تا ۵۷'، ۵۳° و عرض‌های جغرافیایی ۳۰'، ۳۸° تا ۴۱'، ۳۸° واقع شده است. سد مخزنی سیلان که منبع تأمین آب این شبکه به شمار می‌رود در فاصله ۳۵ کیلومتری شمال شرق شهرستان مشکین‌شهر و بر روی رودخانه قره‌سو احداث شده است. حجم مفید مخزن سد ۹۴ میلیون متر مکعب بوده که یکی از بزرگترین سدهای مخزنی استان اردبیل به شمار می‌رود. در طرح اولیه حدود ۸۶ میلیون متر مکعب آب سد به شبکه آبیاری پایاب آن اختصاص یافته بود، به طوری که سطح خالص اولیه اراضی تحت پوشش آن برابر ۱۴۹۱۶ هکتار می‌شده است. اخیراً به دنبال تغییر اقلیم و کاهش منابع آب ورودی به مخزن، سطح اراضی کشاورزی تحت پوشش واقع در شبکه آبیاری به ۶۵۰۰ هکتار کاهش یافته است. شکل ۱ موقعیت سد سیلان و اراضی تحت پوشش آن را نشان می‌دهد.

اطلاعات مربوط به منابع آب در دسترس، مصارف آب، سطح زیر کشت و الگوی کشت اراضی، شبکه آبیاری موجود و غیره از طریق تکمیل پرسشنامه محلی از مصرف‌کنندگان در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ (سال پایه) و مراجعه به سازمان‌های مربوطه (شرکت آب منطقه‌ای و سازمان جهاد کشاورزی) جمع‌آوری شد.

۲-۲- روش تحقیق

برای بررسی عکس‌العمل احتمالی کشاورزان در شرایط بازار آب، ابتدا پیش‌نیازها، سازوکارها و زمینه‌های تشکیل و اجرای بازار آب در محدوده‌های منتخب منطقه مشکین‌شهر از جمله شبکه آبیاری سیلان بررسی و با توجه به وجود بازار غیررسمی آب در اراضی تحت پوشش

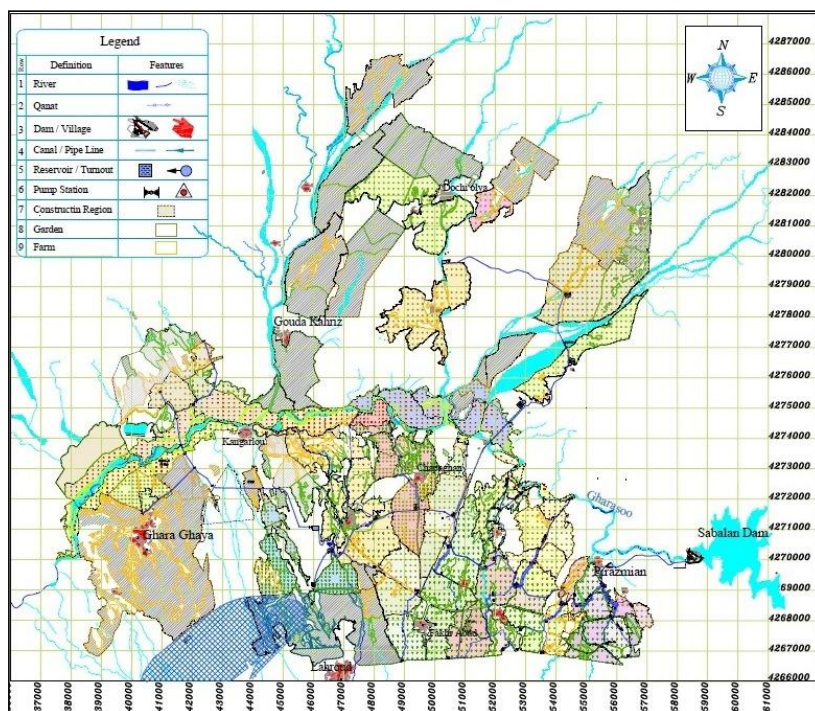


Fig. 1- Sabalan dam and Related Irrigation Network

شکل ۱- سد سبلان و شبکه آبیاری مربوطه

مرحله تشریح می‌شوند.

مرحله اول: اجرای مدل برنامه‌ریزی خطی و تعیین قیمت‌های سایه‌ای

در این مرحله یک مدل برنامه‌ریزی خطی تصریح می‌شود که علاوه بر مجموعه قیود مربوط به منابع محدودکننده تولید، یک مجموعه قیود واسنجی نیز داشته باشد تا سطوح جواب‌های بهینه مدل را دقیقاً به سطوح مشاهده شده در سال پایه محدود کند. مقادیر دوگان مربوط به محدودیت‌های واسنجی که بیانگر قیمت سایه‌ای محصولات تولید شده می‌باشند، در این مرحله محاسبه می‌شوند. فرم ریاضی این مدل به صورت رابطه ۱ بیان می‌شود (Howitt et al., 2012):

$$\text{Max: } \sum_i p_i \hat{y}_i X_{iland} - \sum_i p_h a_{ih} X_{iland} \quad (1)$$

s.t:

$$\left[\begin{array}{l} \text{Land: } \sum_i X_{iland} \leq B_{iland} \\ \text{Family Labor: } \sum_i a_{ifl} X_{iland} \leq B_{fl} \end{array} \right. \quad (2)$$

$$\text{Water: } \sum_i X_{isw} \leq B_{sw} \quad (3)$$

$$X_{iland} \leq \hat{X}_{iland} + \varepsilon \quad (4)$$

$$X_{iland} \geq 0 \quad (5)$$

شبکه آبیاری سبلان و به منظور شبیه‌سازی شرایط بازار در معاملات آب، اقدام به تهیه مدل ریاضی مبتنی بر مفهوم اقتصادی گردید. برای رسیدن به اهداف تحقیق از ساختار توسعه یافته مدل PMP استفاده گردید. به همین منظور از حل یک مدل برنامه‌ریزی خطی (با تابع هدف حداکثرسازی سود کشاورزان) با استفاده از اطلاعات سال زراعی ۹۳-۹۴ به همراه محدودیت‌های موجود (محدودیت‌های کالیبراسیون، زمین و نیروی کار، حجم آب و غیره)، ارزش اقتصادی نهاده‌های تولید به همراه قیمت سایه‌ای تولید به دست آمد. با استفاده از ارزش اقتصادی به دست آمده (قیمت‌های سایه‌ای و یا ارزش اقتصادی نهاده‌های تولید و محدودیت کالیبراسیون)، پارامترهای تابع تولید غیر خطی محصولات زراعی تخمین زده شد. در ادامه به منظور شبیه‌سازی مدل اقتصادی در محدوده مورد مطالعه، توابع غیرخطی تولید کل به دست آمده برای محصولات مختلف در مرحله قبل، جایگزین تابع تولید خطی شد. آنگاه الگوی مورد نظر با تصریح غیرخطی از توابع تولید کل (بدون محدودیت‌های واسنجی) به طور مجدد اجرا گردید. مقایسه نتایج حاصل از اجرای الگو در این مرحله برای سطوح و ترکیب فعالیت‌های زراعی با سطوح مشاهده شده این فعالیت‌ها در سال پایه، معیاری از کالیبراسیون و شبیه‌سازی این الگو را ارائه نمود و بر پایه آن، ارزش اقتصادی آب، درآمد کشاورزان و الگوی کشت بهینه محدوده مطالعاتی مورد نظر و سایر اهداف به دست آمد. در ادامه، مراحل اجرای مدل و روابط مربوط به تابع هدف و محدودیت‌های مدل اقتصادی در هر

محدودیت‌های مدل به استثناء محدودیت‌های واسنجی، تحلیل می‌گردد:

$$\text{Max: } \sum_i p_i q_i X_{iland} - \sum_i p_h X_{ih} - \sum_i (\alpha_i X_{iland} + 0.5 \psi_i X_{iland}^2) \quad (7)$$

$$\text{s.t: } \left[\begin{array}{l} \sum_i X_{iland} \leq B_{land} \\ \sum_i a_{ih} X_{iland} \leq B_{fl} \end{array} \right. \quad (8)$$

$$\left[\begin{array}{l} \sum_i X_{isw} \leq B_{sw} \\ X_{iland} \geq 0 \end{array} \right. \quad (9)$$

در این روابط α_i و ψ_i به ترتیب پارامتر رهگیری و شیب تابع هزینه غیر خطی برای محصول i است که با توجه به هزینه نهاده زمین و ارزش دوگان واسنجی شده برای نهاده زمین محاسبه می‌شوند و بقیه پارامترها هم قبلاً تعریف شده‌اند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- شرایط اقتصاد کشاورزی منطقه مورد مطالعه

اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت، میزان تولید، درآمد کل، هزینه کل، سود ناخالص، هزینه آب و سهم هزینه آب از هزینه‌های تولید مربوط به هر یک از محصولات کشاورزی واقع در الگوی کشت موجود شبکه آبیاری سیلان در سال زراعی ۹۳-۹۴ در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به شروع بهره‌برداری شبکه آبیاری در سال آبی مورد مطالعه و تکمیل نبودن کانال و سازه‌های توزیع و تحویل آب، درصد پائینی از سطح اراضی تحت پوشش شبکه مورد بهره‌برداری قرار گرفته است و لذا به دلیل ضرورت واسنجی مدل، همین مقادیر مبنای مدل‌سازی قرار گرفت. از طرف دیگر آب تحویل یافته به هر یک از محصولات زراعی و باغی با توجه به نیاز آبی محصولات (محاسبه شده بر مبنای روش پنمن-مانتیت-فائو و اعمال ضریب گیاهی و راندمان آبیاری) محاسبه و ملاک عمل قرار گرفت.

با توجه به جدول ۱ می‌توان گفت شرایط کشاورزی منطقه مورد مطالعه برای تولید محصولات باغی در مقایسه با محصولات زراعی از پتانسیل بالایی برخوردار است که این مهم در شکل ۲ و در مقایسه سود ناخالص تولید شده توسط محصولات باغی و زراعی به وضوح قابل مشاهده می‌باشد. در بین محصولات زراعی نیز، گوجه‌فرنگی از جمله محصولاتی است که در مقایسه با سایر محصولات واقع در الگوی کشت موجود شبکه سودآوری بالایی در واحد هکتار دارد. از نقطه نظر هزینه کل محصولات باغی و زراعی نیز، درصد هزینه کل محصول

که در آن عملکرد محصول i در هر هکتار، p_i قیمت محصول i ، X_{iland} زمین تخصیص یافته به محصول i هزینه هر واحد نهاده h در تولید محصول i و a_{ih} بیانگر ضرایب لئونتیف است که نسبت استفاده هر عامل تولید به زمین را نشان می‌دهد و از رابطه $a_{ih} = X_{ih}/X_{iland}$ به دست می‌آید. B_{fl} و B_{land} به ترتیب بازتاب کل زمین در دسترس و نیروی کار خانوادگی در رابطه ۲ می‌باشند و رابطه ۳ تضمین می‌کند که مقدار کل آب‌های سطحی مورد استفاده (X_{isw})، کمتر یا مساوی میزان کل آب سطحی در دسترس (B_{sw}) برای آبیاری محصولات زراعی می‌باشد. در رابطه ۴، X_{iland} عبارت است از مساحت کل زمین تخصیص داده شده به محصول زراعی i که توسط محقق مشاهده گردیده و ε انحراف مثبت کوچکی برای تفکیک منابع و محدودیت واسنجی است. این محدودیت باعث حفظ الگوهای کشت مشاهده شده در منطقه و استفاده از اطلاعات آن جهت تخمین قیمت‌های سایه‌ای منابع غیر بازاری و محدود می‌گردد. رابطه ۵ نیز بیانگر غیر منفی بودن فعالیت‌ها است.

- مرحله دوم: برآورد پارامترهای تابع تولید

در این مرحله با استفاده از قیمت‌های سایه‌ای منابع محدود، نامحدود و محدودیت کالیبراسیون به دست آمده از مرحله قبل، پارامترهای تابع تولید تعیین می‌شود (Mittelhammer et al., 2000; Paris and Howitt, 1998). تابع تولید، تخمینی از محصولات تولید شده را به وسیله مجموعه‌ای از نهاده‌های موجود و سطح بارش برای هر محصول زراعی i فراهم می‌نماید. فرم تابع مورد استفاده از نوع کشش جانشینی ثابت (CES^4) بوده و به صورت رابطه ۶ بیان می‌شود:

$$Q_i = A_i (\sum_h b_{ih-1} X_{ih-1}^{\gamma} + b_w (X_{isw} + P_i^a)^{\gamma})^{\varepsilon_i/\gamma} \quad (6)$$

که در آن، A_i نشان‌دهنده سهم پارامترهای منطقه‌ای، b_{ih-1} پارامترهای تابع تولید برای همه نهاده‌های تولید بجز آب سطحی (خروجی مرحله اول)، b_w سهم آب سطحی (X_{isw}) یا بارش (P_i^a) از کل آب مصرفی، ε_i پارامتر بازده به مقیاس و γ از رابطه $\gamma = (\sigma - 1) / \sigma$ به دست می‌آید که در آن σ کشش جانشینی میان نهاده‌ها است.

- مرحله سوم: شبیه‌سازی مدل اقتصادی

به منظور شبیه‌سازی شرایط موجود کشاورزی محدوده مطالعاتی و دستیابی به مجموعه بهینه از نهاده‌های حداکثر کننده درآمد خالص، تابع تولید غیر خطی CES که با استفاده از قیمت‌های سایه‌ای منابع محدود، نامحدود و محدودیت واسنجی و تخمین پارامترهای آن که در مرحله قبل به دست آمد، در تابع هدف خطی اولیه (رابطه ۱) قرار گرفته و تابع هدف غیرخطی در یک مسأله برنامه‌ریزی غیرخطی همراه با

و ترکیب فعالیت‌ها زراعی و باغی با سطوح مشاهده شده این فعالیت‌ها در سال پایه نشان داد که تفاوت قابل ملاحظه‌ای بین مقادیر مشاهده شده در سال پایه و مقادیر حاصل از کالیبراسیون سطح زیرکشت محصولات مختلف وجود ندارد (شکل ۳). بنابراین کالیبراسیون مدل با دقت بالایی انجام شده و پارامترهای تابع تولید غیرخطی به نحوی برآورد شدند که بازتولید درست وضعیت پایه را به همراه داشته است.

۳-۲- ارزش اقتصادی آب در تولید محصولات کشاورزی

در شرایط عدم بازار آب، ارزش اقتصادی آب از جمله متغیرهای مهم اقتصادی است که آگاهی از آن می‌تواند در استفاده بهینه از منابع آب در بخش کشاورزی و در تولید اقتصادی محصولات زراعی و باغی نقش مؤثری داشته باشد.

انگور از درآمد کل آن (۳۵ درصد)، کمترین مقدار را نسبت به محصولات گوجه فرنگی (۳۶ درصد)، یونجه (۴۴) و جو (۶۵) دارا می‌باشد. همچنین سهم هزینه آب از هزینه‌های تولید بسیار اندک بوده و بیشترین آن مربوط به محصول یونجه است که نسبت به سایر محصولات واقع در الگوی کشت، درصد بالاتری از کل هزینه‌های تولید را (۷/۱ درصد) به خود اختصاص داده است.

بعد از تهیه داده‌های اولیه و مدل برنامه‌ریزی ریاضی مبتنی بر ساختار تحقیق، در ادامه به منظور کالیبراسیون مدل اقتصادی، توابع غیرخطی تولید بدست آمده برای محصولات مختلف، جایگزین تابع تولید خطی مربوط به آن در تابع هدف گردید. بدین ترتیب، الگو با تصریح غیرخطی از توابع تولید کل، ولی بدون محدودیت‌های واسنجی به طور مجدد اجرا شد. مقایسه نتایج حاصل از اجرای الگو در این مرحله برای سطوح

Table 1- Agricultural economics parameters in Sabalan irrigation network

جدول ۱- پارامترهای اقتصاد کشاورزی در شبکه آبیاری سبلان

Parameter	Crops			
	Barley	Tomato	Alfalfa	Grapes
Total water consumed (m ³ /ha)	3567	8726	12812	10034
Yield (ton/ha)	2.6	30	8	12
Price (Rial/kg)	9200	7000	5000	35000
Income (1000Rial/ha)	23920	210000	40000	350000
Cost (1000Rial)	15630	75700	17760	121640
Gross Profit (1000Rial)	8290	134300	22240	228360
Water Cost (1000Rial/ha)	360	870	1280	6540
Percentage of water Cost to production Costs	2.30	1.15	7.21	5.38

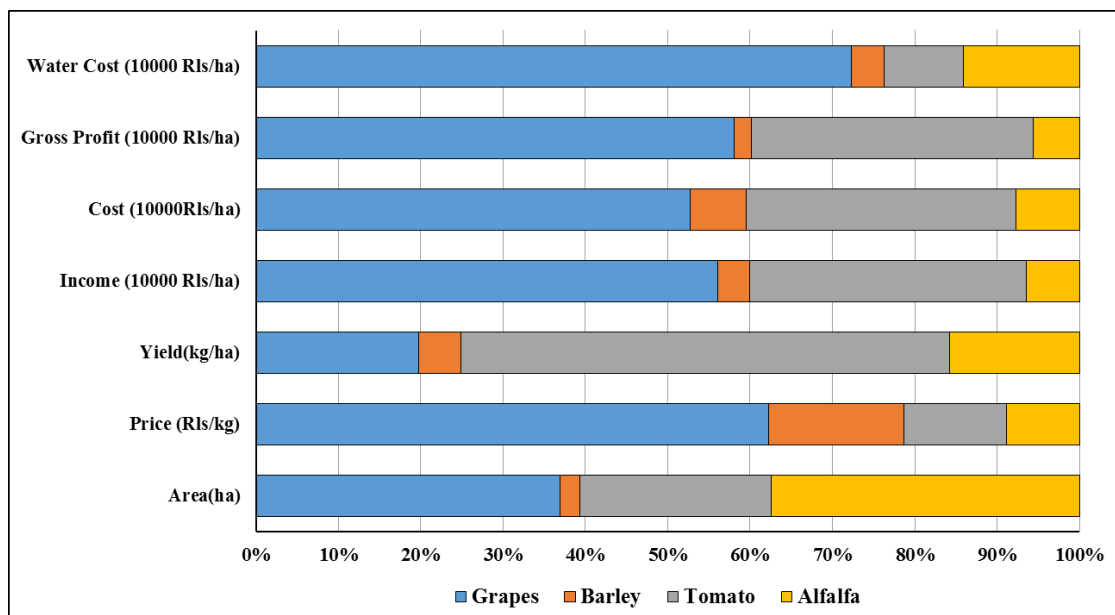


Fig. 2- Agricultural economics parameters in Sabalan irrigation network

شکل ۲- شرایط اقتصاد کشاورزی شبکه آبیاری سبلان

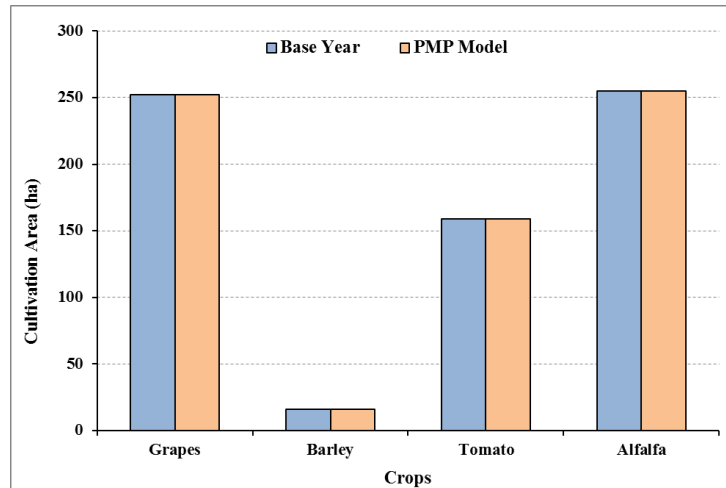


Fig. 3- Cultivation area based on economic model and its comparison with the existing conditions

شکل ۳- سطح زیر کشت منتج از مدل اقتصادی و مقایسه آن با شرایط موجود

انتخاب سناریوهای قیمتی باید به نحوی صورت گیرد که آزمون آن‌ها، به سمت قیمت بهینه آب (در شرایط بازار رقابتی) سوق یابد. با توجه به این مهم و به منظور انتخاب سناریوهای قیمتی مورد نظر در این مطالعه از اطلاعات زیر استفاده گردید:

الف) هزینه تمام شده تأمین آب کشاورزی: هزینه مذکور، حداقل قیمتی است که عرضه‌کننده تمایل دارد آن را به ازای هر متر مکعب به فروش برساند. این قیمت به عنوان یکی از نقاط تشکیل‌دهنده منحنی عرضه آب می‌باشد که از این طریق حداقل سناریوی قیمتی آب مشخص می‌گردد. ب) متوسط وزنی ارزش اقتصادی آب محصولات واقع در الگوی کشت موجود: این مقدار نمایانگر حداکثر قیمتی است که بهره‌برداران حاضرند به ازای هر مترمکعب آن پرداخت کنند. این قیمت تشکیل‌دهنده یکی از نقاط روی منحنی تابع تقاضای آب به شمار می‌رود. آگاهی از هزینه تمام‌شده و ارزش اقتصادی آب، به عنوان حداقل و حداکثر بازه قیمتی، شرایط لازم به منظور دستیابی به قیمت کارآی آب و بررسی هر چه دقیق‌تر اثرات بین بخشی آن، برای متولیان و مدیران بهره‌برداری از شبکه آبیاری مورد نظر را فراهم می‌آورد. در این مطالعه میانگین وزنی ارزش اقتصادی محصولات واقع در الگوی کشت منطقه مورد مطالعه به عنوان قیمت بهینه آب (حداکثر قیمتی که در شرایط وجود بازار آب در دشت مذکور می‌توان برای نهاده آب در نظر گرفت) در نظر گرفته شد.

با توجه به این مهم و در راستای دستیابی به قیمت بهینه آب، ارزش اقتصادی آب توسط مدل اقتصادی و به تفکیک محصولات زراعی و باغی واقع در الگوی کشت موجود منطقه محاسبه گردید (جدول ۲).

با مقایسه ارزش اقتصادی آب بین محصولات زراعی و باغی واقع در الگوی کشت موجود می‌توان عنوان نمود که ارزش اقتصادی آب در محصولات باغی از محصولات زراعی بیشتر است. همچنین با مقایسه ارزش اقتصادی آب محصولات زراعی واقع در الگوی کشت موجود، گوجه‌فرنگی و یونجه به ترتیب دارای بیشترین و کمترین ارزش اقتصادی آب می‌باشند. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود میانگین وزنی تعرفه آب در شبکه ۱۷۵ ریال در هر متر مکعب است که در مقایسه با میانگین ارزش اقتصادی محصولات (۳۹۲۲ ریال در متر مکعب) عدد کوچکی می‌باشد.

۳-۳- بررسی سناریوهای قیمتی بر عکس‌العمل احتمالی کشاورزان در انتخاب الگوی کشت

قیمت بهینه آب در شرایط بازار از تقاطع منحنی‌های عرضه و تقاضای آن بدست می‌آید. از آنجا که آب در منطقه مورد مطالعه در شرایط بازار رقابتی عرضه نمی‌گردد، بنابراین به منظور شبیه‌سازی بازار آب و بررسی اثرات توسعه بازار اقدام به بررسی سناریوهای قیمتی آب گردید.

Table 2- Economic value of water for crops in existing pattern (Rial/m³)
جدول ۲- ارزش اقتصادی آب محصولات واقع در الگوی کشت (ریال بر متر مکعب)

Economic value of water				Average economic value of water	Average Water Tariff
Alfalfa	barley	Tomato	Grapes		
3360	3650	4250	4300	3922	175

کشت محصولات زراعی جو و گوجه‌فرنگی به ترتیب از ۰/۶۳- و صفر درصد به ۱۴/۱۶- و ۸/۱۸- درصد خواهد رسید و در این شرایط سطح زیر کشت یونجه و انگور تغییر چندانی نخواهند کرد.

۳-۴- مقایسه ارزش اقتصادی آب با هزینه تمام شده و تعرفه آن

به منظور تحلیل اقتصاد منابع آب منطقه مورد نظر، تعرفه هر متر مکعب آب تحویلی به بخش کشاورزی به تفکیک محصولات کشاورزی واقع در الگوی کشت شبکه آبیاری سبلان، مطابق جداول ۴ ارائه گردید تا با استفاده از آن به همراه ارزش اقتصادی و هزینه تمام شده آن، بتوان نظام قیمت‌گذاری موجود را از طریق تجزیه و تحلیل نسبت‌های تعرفه به هزینه و تعرفه به ارزش آب در شرایط موجود آسیب‌شناسی نمود. همان‌طور که مطابق در جدول ۴ مشاهده می‌شود، تعرفه آب محصولات کشاورزی در مقایسه با ارزش اقتصادی آب محصولات مذکور و هزینه تمام شده تامین و انتقال آب بسیار ناچیز می‌باشد. مقدار شاخص‌های تعرفه به هزینه و تعرفه به ارزش اقتصادی آب به تفکیک محصولات کشاورزی مذکور نیز این واقعیت را تأیید می‌کند، به طوری که خود این امر یکی از دلایل مهم استفاده بی‌رویه و ناکارایی آب در محدوده مطالعاتی مورد نظر به شمار می‌رود.

لذا در ابتدا متوسط وزنی تعرفه آب کشاورزی در شبکه به عنوان اولین سناریو، قیمتی در نظر گرفته شد. بقیه سناریوهای قیمت آب نیز بر اساس هزینه تمام شده تامین آب کشاورزی و متوسط وزنی ارزش اقتصادی آب تحویلی به شبکه آبیاری با فاصله عددی مشخص از یکدیگر که فاصله بین این دو را پوشش دهد تعیین گردید. بعد از تعیین سناریوهای قیمتی در محدوده‌های مطالعاتی، عکس‌العمل احتمالی کشاورزان (در قالب تغییرات الگوی کشت) در برابر سناریوهای مذکور و به منظور دستیابی به قیمت بهینه آب مطابق جدول ۳ به دست آمد.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود اعمال سناریوهای قیمتی آب، موجب تغییر الگوی کشت موجود شبکه آبیاری مورد نظر می‌گردد. این در حالی است که با افزایش قیمت آب در قالب سناریوهای مذکور، شدت تغییر در الگوی کشت محصولات شدیدتر می‌شود. به عنوان مثال و با در نظر گرفتن هزینه تمام شده آب (۳۷۶۵ ریال بر متر مکعب) به عنوان قیمت آن، سطوح زیر کشت یونجه، انگور، جو و گوجه‌فرنگی به ترتیب به میزان ۵۸/۱۳، ۱۱/۵۶، ۰/۶۳ و صفر درصد نسبت به شرایط موجود کاهش خواهد یافت. این تغییرات نیز به نوبه خود، کاهش سود ناخالص کشاورزان را در پی خواهد داشت. با در نظر گرفتن ارزش اقتصادی آب به عنوان قیمت آب، تغییرات در سود ناخالص و سطح زیر کشت محصولات واقع در الگوی کشت شبکه آبیاری مورد نظر با درصدهای متفاوتی رخ می‌دهد. به طوری که درصد تغییر در الگوی

Table 3- The effects of different water price scenarios on selective cropping pattern and farmers' income

Price Scenarios (Rial/m ³)	Gross Profit (10 ⁹ Rial)	Percentage of variations in crop pattern			
		Alfalfa	Barley	Tomato	Grapes
175*	84.69	-6.17	0.0	0.0	0.0
3765**	73.03	-58.13	-0.63	0.0	-11.56
3800	73.00	-58.13	-0.63	0.0	-11.7
3922***	72.71	-58.23	-14.16	-8.18	-12.0

*: Average water Tariff, **: Final Cost, ***: Average Economic Value of water

Table 4- Economic Value, Final Cost and Water Tariff of Different Crops

Parameter	Crop			
	Barley	Tomato	Alfalfa	Grapes
Economic Value of Water (Rial/m ³)	3650	4250	3360	4300
Tariff (Rial/m ³)	100	100	100	304
Final Cost (Rial/m ³)	3765	3765	3765	3765
Tariff/Cost	2.7	2.7	2.7	8.1
Tariff/Value	2.7	2.4	3.0	7.1

۴- نتیجه گیری

قیمت بهینه آب در بازار با توجه به عرضه و تقاضا تعیین می‌شود. با توجه به این که در منطقه مورد مطالعه، بازار آب به شکل رسمی آن موجود نیست؛ لذا به منظور بررسی اثرات توسعه بازار آب بر اقتصاد کشاورزی منطقه، از سناریوهای مختلف قیمتی استفاده به عمل آمد. در این راستا حداقل سناریو قیمتی برابر میانگین وزنی تعرفه آب و حداکثر آن نیز برابر میانگین وزنی ارزش اقتصادی آب محصولات مدنظر قرار گرفت. نتایج اجرای مدل اقتصادی حاکی از آن است که اعمال سناریوهای مختلف قیمتی الگوی کشت شبکه آبیاری را تغییر می‌دهد و این تغییر الگوی کشت، باعث کاهش سود ناخالص بهره‌برداران می‌شود. به بیان دیگر با افزایش قیمت آب و با فرض ثابت بودن اثر سایر عوامل، تقاضا برای مصرف آب کم می‌شود و بنابراین عملکرد محصولات کشاورزی کاهش خواهد یافت. با انتخاب هزینه تمام شده آب به عنوان قیمت آن، سطوح زیر کشت یونجه و انگور به ترتیب به میزان ۵۸/۱۳ و ۱۱/۵۶ درصد بیشترین کاهش را نسبت به شرایط موجود داشته است. همچنین با در نظر گرفتن ارزش اقتصادی آب به عنوان قیمت آن، بیشترین کاهش سطح کشت مربوط به محصولات زراعی جو و گوجه‌فرنگی به ترتیب با ۱۴/۱۶ و ۸/۱۸ درصد بوده است و در این شرایط سطح زیر کشت یونجه و انگور تغییر چندانی پیدا نکرد. همان‌طور که بیان شد با اعمال سناریوهای قیمتی الگوی کشت موجود در محدوده‌های مطالعاتی تغییر یافته و سطح زیر کشت محصولات کشاورزی با درصدهای متفاوتی کاهش می‌یابد. علت این کاهش را می‌توان در هدف کشاورزان (حداکثر کردن سود حاصل از فعالیت‌های کشاورزی) جستجو نمود. بر این اساس و با افزایش قیمت آب، هزینه نهایی استفاده از این نهاد برای فعالیت‌های کشاورزی افزایش یافته و این مسئله سبب می‌شود که کشاورزان ترکیبی از الگوی کشت را انتخاب کنند که به ازای هر واحد آب مصرفی، منافع بیش‌تری عاید آن‌ها گردد. از این‌رو، افزایش هزینه نهاد آب با فرض ثابت بودن اثر سایر عوامل، می‌تواند منجر به کاهش مصرف و تقاضای آب گردد. کاهش مصرف و تقاضای آب، سبب می‌گردد که عملکرد محصولات و به تبع آن، بازده اقتصادی فعالیت‌ها کاهش یابد. بنابراین زارعین به منظور واکنش به این تغییرات، الگوی کشتی را انتخاب می‌کنند که منافع اقتصادی بالایی در مقابل سایر محصولات داشته باشند.

۵- تشکر و قدردانی

این مقاله از مقالات منتخب دومین کنفرانس ملی دوسالانه اقتصاد آب (۱۳۹۷) است که پس از تکمیل، ویرایش و داوری مجدد با حمایت مالی دبیرخانه دائمی کنفرانس، مستقر در مرکز ملی مطالعات راهبردی کشاورزی و آب اتاق ایران، منتشر شده است.

پی‌نوشت‌ها

- 1- Value of Marginal Product
- 2- Positive Mathematical Programming
- 3- Statewide Water Agricultural Production Model
- 4- Constant Elasticity of Substitution

۶- مراجع

- Ahmadi A, Zolfagharipoor MA, Nikouei AR, Dorreali MY (2016) Economic assessment of technical infrastructure implementation of an agricultural water market, A case study: Part of the Mahyar irrigation network. *Iran-Water Resources Research* 12(3):35-49 (In Persian)
- Aryan T (2008) The study on informal agricultural water market as a pilot. *Iran Water Research Institute* (In Persian)
- Badi Barzin H, Parhizkari A, Khamri E, Ghaffari Moghadam Z (2018) The effects of regional water markets on balancing the supply and demand of irrigation water in Sistan region. *Iran-Water Resources Research* 4(3):291-303 (In Persian)
- Bohloolvand A (2006) Estimation of agricultural water demand function and investigation of market mechanism in agricultural water pricing (study area: Mojen Plain). M.Sc. Thesis, School of Economic and Political Science, Shahid Beheshti University (In Persian)
- Bohloolvand A, Sadr K (2007) Measuring the state of competition in the Mojen water market. *Journal of Economics and Agriculture* 1(2):63-80 (In Persian)
- Bohloolvand A, Sadr K, Hashemi A (2015) Investigating the role of agricultural water markets in pricing and allocation of water resources (Case study: Mojan water market). *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research* 45(4):761-773 (In Persian)
- Brozovic N, Carey JM, Sunding DL (2002) Trading activity in an informal agricultural water market: an example from California. *University of California*
- Garrick D, Whitten S, Coggan A (2013) Understanding the evolution and performance of water markets and allocation policy: A transaction costs analysis framework. *Ecological Economics* 88:195-205
- Dosi C, Easter Wk (2000) Water scarcity: institutional change, water markets and privatization. *Nota Di Lavoro* 102.2000
- Howitt RE, Medellin-Azuara J, MacEwan D, Lund JR (2012) Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management. *Environmental Modeling and Software* 38:244-258

- Paris Q, Howitt RE (1998) An analysis of ill-posed production problems using maximum entropy. *American Journal of Agricultural Economics* 80(1):124-138
- Pujol J, Raggi M, Viaggi D (2005) Agricultural water markets: exploring and opportunities in Italy and Spain. Working paper no. DEIAgraWP-05-001
- Safari N, Zarghami M, Behboudi D, Alami MT (2016) Market-based welfare effects modeling in regional allocation of water compared to the administrative allocation by developing cooperative game; case study. *Iran-Water Resources Research* 12(3):22-34 (In Persian)
- Young M (2011) The role of the unbundling water rights in Australia's Southern connected Murray Darling Basin. *Evaluating Economic Policy Instruments for Sustainable Water Management in Europe, WP6 IBE EX-POST case studies*
- Yousefi A, Hassan-Zade M, Keramat-Zade A (2014) The welfare effect of water market allocation in Iranian economy. *Iran-Water Resources Research* 10(1):15-25 (In Persian)
- Vahedi Zade S, Forouhar L, Kerachian R (2019) Comparative study of international water markets. *Iran-Water Resources Research* 14(4):194-205 (In Persian)
- Zekri S, Easter KW (2007) Water reforms in developing countries: management transfers, private operators and water markets. *Water Policy* 9(6):573-589
- Zibaei M, Malek-Varnosfaderni M (2017) Potential effects of a water market on enhancing water productivity and reducing water-related conflicts in Fars Province, Iran. *Journal of Water and Wastewater* 28(1):126-138 (In Persian)
- Zolfagharipoor MA, Ahmadi A, Nikouei AR (2020) Development of inter-sectional water market framework for improving economic efficiency of groundwater consumption. *Iran-Water Resources Research* 16(1):332-346 (In Persian)
- Keramatzadeh A, Chizari A, Sharzehi G (2011) The role of water market in determining the economic value of irrigation water through positive mathematical programming (PMP). *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research* 42(1):29-44 (In Persian)
- Hasanvand M, Tahmasebi J, Keramatzadeh A (2016) Survey of farmer's reaction to agricultural water policies in sub sector of farm in Khorramabad county using positive mathematical programming approach (PMP). *Eqtesad-e keshavarzi va Towse'e* 24(93):167-192 (In Persian)
- Jofreh M, Alizadeh S (2010) The study of market's role in water resource optimal allocation. *Journal of Financial Economics* 3(8):74-89 (In Persian)
- Medellan-Azuara J, Harou JJ, Howitt RE (2010) Estimating economic value of agricultural water under changing conditions and the effects of spatial aggregation. *Science of the Total Environment* 408:5639-5648
- Medellan-Azuara J, Harou JJ, Howitt RE (2012) Predicting farmer responses to water pricing, rationing and subsidies assuming profit maximizing investment in irrigation technology. *Agricultural Water Management* 108:73-82
- Mittelhammer RC, Judge GG, Miller DJ (2000) *Econometric foundations pack with CD-ROM (Vol. 1)*. Cambridge University Press
- Mohanty N, Gupta S (2002) Water reforms through water markets: International experience and issues for India. In: Morris, Sebastian and Rajiv Shekhar (eds.) *India Infrastructure Report*. New Delhi: Oxford University Press, pp.217-225
- Parhizkari A, Sabuhi M, Ahmadpour M, Badi Barzin H (2014) Simulation of farmers' response to irrigation water pricing and rationing policies (Case study: Zabol City). *Journal of Agricultural Economics and development* 28(2):164-176 (In Persian)