Agricultural Economics and Development
Vol.31, No.124, Winter 2024

Research Paper

Estimating the Amount of Saving in Water Consumption under the Condition of Forming a Water Market and Examining Its Welfare Effects: A Case Study of Hashtgerd Plain in Alborz Province of Iran

Z. Shabani Rouchi [1], S. Yazdani [2], R. Moghaddasi [3]

Received: 23 January, 2022 Accepted: 13 August, 2023

Introduction: The drop in the level of underground water and the subsequent subsidence of more than 20 cm of land in the plains of Alborz province of Iran has now become one of the biggest environmental concerns of the province. On the other hand, excessive extraction of underground water sources in this province will lead to a big disaster in the near future, and in order to prevent this, volumetric meters have been installed in the province. Therefore, the approach of setting up a water market in this situation is one of the best measures that can be taken into consideration. In this study, Hashtgerd Plain in Alborz province, as the most important agricultural region of the province, which consumes 87.23 percent of surface water resources and 90 percent of underground water resources in the agricultural sector, was studied in order to investigate the effects of water market simulation.

Materials and Methods: In this study, the demand function was estimated using a Positive Mathematical Programming (PMP) model (aiming at estimating the equilibrium price) as it is more compatible with real conditions**.** The PMP and production functions of Statewide Agricultural Production (SWAP) are among the techniques used to simulate a water market and study the effects of its formation, the role of a water market in economic value changes, etc.

Step 1: Zonation of the study area and collection of required data

Step 2: Solving the linear programming model and determining dual values or shadow prices of constraints

1. PhD Student in Agricultural economy Department of Economics, Extension and Agricultural Education, Branch of Science and Research, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Corresponding Author and Professor, Department of Agricultural Economics, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran (syazdani@ut.ac.ir).
3. Associate Professor, Department of Economics, Extension and Agricultural Education, Branch of Science and Research, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

DOI: 10.30490/AEAD.2023.361299.1500

Step 3: Estimation of the secondary Constant Elasticity of Substitution (CES) production function
Step 4: Estimation of the original CES production function
Step 5: Estimation of the exponential cost function
Step 6: Estimation of demand functions of agricultural products based on endogenous prices
Step 7: Building the final planning model and explaining the calibrated PMP model

For this purpose, using the information collected in the form of a questionnaire and referring to relevant organizations for the years 2015-2016, the Positive Mathematical Programming (PMP) model was estimated with the approach of regional production functions of agricultural products and the demand function was extracted.

Results and Discussion: Accordingly, the equilibrium price of water in the Hashtgerd Plain was estimated 3394 IRI rials per cubic meter, which would save more than 28 percent in water consumption. With the implementation of this policy, the welfare of water buyers would decrease and the welfare of water sellers would increase. Therefore, if policies such as increasing the efficiency of irrigation systems are implemented at the same time as the water market is launched, there will be a smaller decrease in the level of welfare.

Conclusions: It can be concluded that the required water resources were 234.5 million m^3 before the formation of the proposed water market in the Hashtgerd Plain of Alborz province. After the water market formation and the application of market prices (3,394 IRI rials/m^3), the use of water input will reduce to 167.32 million m^3, i.e., a 28.6 percent saving in water resources. The minimum and maximum water prices are 3282 and 7282 IRI rials/m^3, respectively, in the simulated market. After the water market formation, the cropping pattern will undergo changes in the region, which are different for the groups of water input buyers and sellers. The sellers tend to reduce the area under cultivation of all crops, except for wheat, due to the low water requirement of this crop, compared to the other crops. This means that the revenue from the sale of water to applicants is more than that of cultivating the crops in these conditions. The buyers will also reduce crops with high water requirements and increase the cultivation of the other crops. Increasing the efficiency of irrigation systems is one of the policies that, if accomplished in parallel with the water market formation, will lead to an increase in the welfare of water buyers to compensate for their lost welfare after the water market formation. According to the results of the calculations, the following

recommendations are presented regarding water resource management using the formation of a water market:

To prevent the reduction of farmers' welfare, policymakers are recommended to simultaneously implement supportive policies, such as supporting the increase of the irrigation system efficiency (and other inputs). Considering that increasing the price to the equilibrium limit will cause a sudden shock to the sector, it is suggested to first determine the minimum obtained price (3,282 IRI rials/m^3) as the market price. This price is closer to the economic value and, with a saving of approximately 15 percent also covers step-wise policies of water use reduction (approved by the IRI Sixth Development Plan). Since it is possible to save water resources after a water market formation, IRI Department of Environment (DOE), as the responsible organization, is recommended to adopt a measure to prevent water extraction from the land by the water sellers and, in return, provide them with the benefits of selling water. In other words, a water market will be formed between farmers and the DOE by redeeming a portion of the shares of water rights owned by the farmers. Another recommendation of this study is efforts to change the cropping pattern in the region with the approach of cultivating crops that have higher yields and more income with less use of water. Further studies on medicinal plants are also recommended in this regard.

Keywords*: Water Market, Equilibrium Price, Sustainable Development, Positive Mathematical Programming (PMP), Regional Production Functions, Hashtgerd (Plain).*

JEL Classification: Q01, Q21, Q25, Q28

اقتصاد کشاورزی و توسعه

سال ۳۱، شماره ۱۲٤، زمستان ۱٤۰۲

مقاله پژوهشی

برآورد میزان صرفه‌جویی در مصرف آب در شرایط تشکیل بازار آب و بررسی آثار رفاهی آن: مطالعهٔ موردی دشت هشتگرد استان البرز

زهره شعبانی روچی[۱]، سعید یزدانی[۲]، رضا مقدسی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۲

چکیده

افت سطح آب‌های زیرزمینی و متعاقب آن، نشست بیش از بیست سانتی‌متری زمین در دشت‌های استان البرز، در حال حاضر، به یکی از بزرگ‌ترین دغدغه‌های زیست‌محیطی استان تبدیل شده و از سوی دیگر، برداشت بیش از حد از منابع آب‌های زیرزمینی در این استان، طی آینده‌ای نزدیک، منجر به بروز فاجعه‌ای بزرگ خواهد شد که به‌منظور پیشگیری از این اتفاق، اقدام به نصب کنتورهای حجمی در استان شده است. از این‌رو، رویکرد راه‌اندازی بازار آب در این شرایط یکی از بهترین اقداماتی است که می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. در پژوهش حاضر، دشت هشتگرد در استان البرز به‌عنوان مهم‌ترین منطقه کشاورزی استان که مصرف‌کنندهٔ ۸۷/۲۳ درصد از منابع آب سطحی و نود درصد از منابع آب‌های زیرزمینی در بخش کشاورزی است، به‌منظور بررسی آثار شبیه‌سازی بازار آب، مورد مطالعه قرار گرفت. بدین منظور، با استفاده از داده‌های گردآوری‌شده در قالب

۱- دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، گروه اقتصاد، ترویج و آموزش کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- نویسندهٔ مسئول و استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
(syazdani@ut.ac.ir)

۳- دانشیار گروه اقتصاد، ترویج و آموزش کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

پرسشنامه و همچنین، مراجعه به سازمان‌های مربوط برای سال‌های ۹۶-۱۳۹۵، به برآورد الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) با رویکرد توابع تولید منطقه‌ای محصولات کشاورزی و استخراج تابع تقاضا پرداخته شد. بر این اساس، قیمت تعادلی آب در دشت هشتگرد ۳۳۹۴ ریال به ازای هر متر مکعب به‌دست آمد که به‌موجب آن، بیش از ۲۸ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی می‌شود؛ و با اجرای این سیاست، رفاه خریداران آب کاهش و رفاه فروشندگان آب افزایش خواهد یافت. بنابراین، چنانچه همزمان با راه‌اندازی بازار آب، سیاست‌هایی مانند افزایش راندمان سامانه‌های آبیاری نیز اجرا شود، احتمال کاهش کمتر رفاه دور از انتظار نیست.

کلیدواژه‌ها: *بازار آب، برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)، توابع تولید منطقه‌ای، توسعهٔ پایدار، هشتگرد (دشت)، قیمت تعادلی.*

طبقه‌بندی JEL : Q01, Q21, Q25, Q28

مقدمه

بحران شدید آب که اکنون، خود را به‌صورت کاهش روزافزون امنیت آبی نشان می‌دهد، برای کشور ایران، بسیار جدی و خطرآفرین ارزیابی می‌شود؛ و این در حالی روی داده است که برنامه‌های توسعه کشور با ظرفیت تحمل و امکانات طبیعی منابع آبی تعارض جدی دارد. بالا بودن نسبت برداشت آب به منابع تجدیدپذیر (یا همان نسبت بحران) که بیش از نود درصد است (IWPRI, 2018) و قرار گرفتن ایران در بین کشورهای با سرانه برداشت بالای آب در سال (بیش از هزار متر مکعب) به‌روشنی گویای این وضعیت است و شواهد عینی مانند خشک شدن تالاب‌ها و دریاچه‌ها، پایین رفتن سطح آب‌های زیرزمینی در بیشتر مناطق قابل سکونت و فعالیت کشور، کاهش آب‌دهی یا خشک شدن و شور شدن آب چاه‌ها که منبع اصلی تأمین آب کشور است، کاهش رطوبت خاک و آمادگی برای ایجاد گرد و غبار، نشست گسترده زمین و ایجاد شکاف و فروچاله‌ها و خالی شدن روستاها به‌دلیل کمبود آب از جمله نشانه‌های بارز این بحران فزاینده است.

برای دستیابی به پایداری این منابع و برقراری امنیت آبی، سیاست‌هایی در شورای عالی آب به تصویب رسید که برای اجرای این سیاست‌ها، بر اساس پیشنهاد وزارت نیرو و تصویب شورای عالی آب، راهبرد کاهش بیست میلیارد متر مکعبی (بیست درصد) برای برداشت‌های کنونی از منابع آب تجدیدپذیر کشور تصویب و مقرر شد که این راهبرد به‌صورت مرحله‌ای اجرا شود. برای مرحله اول، در برنامه ششم توسعه، هدف منفی یازده میلیارد متر مکعب تعیین و توافق شد (Noori Esfandiari and Neirizi, 2016). البته، در این تصمیم‌گیری، لزوما هدف کاهش استخراج منابع آبی به‌عنوان یک راهبرد مبارزه با کم‌آبی مطرح شده و اما، اشاره‌ای به راه حل‌های مدیریت دائمی بحران نشده است.

طی دهه‌های اخیر و با بروز مشـکلات جدی کم‌آبی در ایران، مطالعات گوناگون در این زمینه (کم‌آبی) صـورت گرفته و توجه دولت‌مردان بیش از پیش بدین موضـوع جلب شـده اسـت، که تغییر رویکردهای مدیریتی از مدیریت عرضـــه منابع آبی به مدیریت تقاضـــای این منابع از نتایج آن بوده است. این رویکرد، خود شامل روش‌های گوناگون از جمله نرخ‌گذاری بر اساس ارزش اقتصادی، نصب کنتورهای حجمی به‌منظور کنترل دستوری میزان استخراج آب و نیز تشکیل بازارهای آب است. بازار آب از ابزارهای نسـبتاً جدید برای مقابله با کمیابی منابع آبی به‌شـمار می‌رود و مورد توجه جدی قرار گرفته اســت. به‌طور خلاصـــه، در تعریف بازار آب، می‌توان گفت که بازار آب عبارت اســت از مبادله غیراجباری حقابه‌ها بین خریداران و فروشندگان و از این‌رو، امیدوارکننده است که تشکیل آن بتواند به مصرف کارآمدتر و پایدارتر منابع آبی کمک کند (IWPRI, 2016).

به اسـتناد نتایج مطالعات مختلف، بازارهای آب به دو گروه عمده بازارهای رسـمی و غیررسـمی تقسیم‌بندی می‌شوند. بازارهای رسمی از دیرباز در کشورهای مختلف قاره آمریکا (نظیر ایالات متحده، مکزیک و شیلی) و کشور استرالیا به‌طور وسیع فعالیت داشته است؛ در مقابل، تجربه بازارهای غیررسمی (محلی) آب از گذشـته در کشـور ما وجود داشـته و در حال حاضـر، در برخی کشـورهای دیگر نظیر هندوستان، پاکستان و اسپانیا نیز در حد وسیع مشاهده می‌شود (Palomo-Hierro et al., 2015; Debaere et al., 2014; Hadjigeorgalis, 2008). طی سال‌های اخیر، تشکیل بازار رسمی آب بسیار مورد توجه سیاست‌گزاران بخش کشاورزی قرار گرفته و در پژوهش‌های گوناگون، به بررسی آثار مختلف تشکیل بازار پرداخته شده است.

مطالعات گوناگون در زمینه تشکیل بازار آب، شرایط و نتایج آن در ایران و سایر کشورهای دنیا صـورت گرفته اسـت که در پی، پاره‌ای از پیشـینهٔ پژوهش‌های مرتبط تشـریح می‌شـود. بر اسـاس نتایج مطالعهٔ ذوالفقاری‌پور و همکاران (Zolfagharipoor et al., 2020) در خصـــوص تشـــکیل بازار آب بین‌بخشی در شهرستان برخوار اصفهان، از یک سو، صرفه‌جویی در مصرف آب و کشت محصولات با درآمد بیشـتر به افزایش درآمد کشـاورزان می‌انجامد و از سـوی دیگر، فروش مجوزهای برداشـت آب از منابع آب‌های زیرزمینی به بخش صنعت، در بلندمدت، باعث بروز خسارت‌هایی بدین منابع می‌شود. نتایج مطالعهٔ ابوالحسـنی و همکاران (Abolhassani et al., 2019) نشـان می‌دهد که تشـکیل بازار آب در شهرستان‌های مشهد، چناران و طرقبه بین بیست تا چهل درصد صرفه‌جویی در مصرف منابع آبی به‌همراه خواهد داشـت. کیانی (Kiani, 2016) به بررسـی بازارهای آب تشـکیل‌شـده در مجن و اردبیل پرداخته و موانع بروز انحصـــار در بازار را افزایش‌دهندهٔ کارآیی بازار آب معرفی کرده و افزون بر این، برخلاف تصـــور

عموم، بر این باور اســت که در برخی موارد، دخالت دولت یا نهاد اجرایی بازار کاهندهٔ عوارض خارجی منفی و افزلندهٔ کارآیی بازار اســت؛ همچنین، بر اســاس نتایج این مطالعه، قیمت آب در دو بازار محلی مجن و اردبیل به ارزش اقتصادی آب نزدیک بوده و مبادلات آب منجر به افزایش درآمد بهره‌برداران شده است. در مطالعهٔ زیبایی و ملک ورنوســفادرانی (Zibaei and Malek Varnosfaderani, 2017) نیز با شبیه‌سازی تشکیل بازار آب در استان فارس، اجرای سیاست سهمیه‌بندی به‌طور موازی با تشکیل بازار آب به‌منظور کاهش برداشت آب از منابع آب‌های زیرزمینی پیشنهاد شده است، چراکه تشکیل بازار به‌تنهایی با هدف ملی کاهش در مصرف آب سازگار نخواهد بود؛ همچنین،، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که با اجرای این سناریو، مصرف آب سالانه بیست تا سی درصد و درآمد کشاورزان نیز هشت تا یازده درصد کاهش یافته و از این‌رو، نتیجه‌گیری شده است که در صورت استفاده از سیاست هم‌زمان بازار آب و سهمیه‌بندی آب، ضمن کاهش مصرف آب، افت چشمگیر در درآمدها حاصل نخواهد شد؛ این کاهش آب، به‌منظور اهداف حفاظتی و تأمین بخشی از حقابه محیط زیست تعریف می‌شود که با استفاده از نصب کنتورهای حجمی و اجرای شیوه حسابداری مناسب در سطح مزرعه و حوضه آبریز می‌تواند اجرا شود.

ریکِیل (Richael, 2021) راه‌اندازی بازارهای آب را منجر به خلق جریان درآمدی جدید از یک سو و کاهش و صرفه‌جویی در مصرف آب از دیگر سو می‌داند و به باور او، منفعت سهم افرادی خواهد شد که مصرف منابع آبی را بهتر از دیگران مدیریت می‌کنند؛ و بدین ترتیب، متقاضیان را به سمت استفاده کارآمدتر از منابع آبی و تخصیص منابع محدود آبی به بهترین فعالیت سوق خواهد داد.

پالومو- هی‌یرو (Palomo-Hierro et al., 2015)، در یک طرح تحقیقاتی گسترده در کشور اسپانیا، به بررسی بازار آب در این کشور پرداختند. در این پژوهش، بیشتر بر عملکرد بازار آب در شرایط خشکسالی تمرکز داشتند. براساس قانون اسپانیا، تمامی منابع آب کشور به قلمرو عمومی تعلق دارد و در نتیجه، هرگونه مصرف خصوصی آب مشروط به اجازه دولت یا اعطای حق قانونی بهره‌برداری است. منافع حاصل از آب در اسپانیا تاکنون با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی و نه شواهد عینی ارزیابی شده، که نشان‌دهندهٔ توانایی این ابزار اقتصادی در بهبود چشمگیر کارآیی مصرف آب و نیز رفاه اجتماعی است. تجربه اسپانیا در شرایط کمیابی نشان داده است که بازارهای آب ابزاری اثربخش برای بازتخصیص منابع آب به مصارف همراه با بالاترین ارزش اقتصادی به‌شمار می‌رود. اثربخشی بازارهای آب در کشورهای دیگری مانند استرالیا، ایالات متحده، شیلی و آفریقای جنوبی نیز گزارش شده است.

آزورا و همکاران (Azuara et al., 2010)، با کاربرد برنامه‌ریزی ریاضـــی مثبت[1]، اثر تجمع مکانی بر ارزش‌گذاری آب آبیاری در شـــمال مکزیک را در چهار ســـناریوی تغییر فناوری، تغییرات آب‌وهوایی گرم‌وخشـــک، تغییرات قیمت کالاهای کشـــاورزی و تغییر در آب و هزینه‌های کشـــاورزی بررسـی کردند. نتایج نشـان داد که ارزش اقتصـادی آب در سـطح مزرعه و مناطق تمرکزیافته مشـابه است.

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، در اغلب مطالعات داخلی، به شبیه‌سازی بازار آب و محاسبه میزان کاهش مصرف آب اکتفا شده و بحث عدم استخراج منابع آبی با هدف تقویت آب‌های زیرزمینی (توسعه پایدار) از مباحث دور مانده است. با این همه، برخلاف مطالعات داخلی، تعدادی از بازارهای آب در دنیا با هدف توسعه پایدار که از آن با عنوان «ترمیم محیط زیست» نام برده می‌شود، شکل گرفته‌اند (IWPRI, 2018). در برخی موارد، تعیین سقف برای مصرف آب (با تعیین حد برای حجم آب مجوزهای دائمی یا با مشروط کردن مجوزها به تخصیص‌های متغیر در هر سال) اصلی‌ترین سازوکار در نظر گرفته‌شده برای حفاظت از این منابع است. در موارد دیگر، تعیین سقف مصرف با شیوه‌هایی مانند بازخرید مجوزهای موجود از سوی سازمان حفاظت محیط زیست به‌عنوان یک راهکار در نظر گرفته می‌شود (IWPRI, 2018)، چراکه بحث «بازخرید» خوشایندتر از کاهش الزامی حقابه‌ها بدون جبران خسارت است. به دیگر سخن، سازمان حفاظت محیط زیست، به‌عنوان رکن سوم و در قالب خریدار، وارد بازارهای آب می‌شود.

در بازارهای آب استرالیا با یکی از پیشرفته‌ترین و فعال‌ترین بازارهای آب در جهان، تعیین سقف برای حجم کل مجوزهای آب و نیز تعدیل‌های سالانه در تخصیص آب برای حفاظت پایدار از محیط زیست به‌کار گرفته شده است. در برنامه نهایی کاهش برداشت از آب‌های زیرزمینی که در سال ۲۰۱۲، در قالب قانون جدید آب در این کشور تصویب و اجرا شد، کاهش برداشت به میزان ۲۱ درصد (۲/۸ میلیارد متر مکعب) تعیین شد. در این برنامه که با تعهد دولت اجرا می‌شود، هر سال بخشی از مجوزهای در اختیار بهره‌برداران را دولت بازخرید می‌کند (Grafton et al., 2011).

با توجه به مطالب پیش‌گفته و نیز لزوم اجرای سیاست کاهش برداشت از منابع آب‌های زیرزمینی تا پایان برنامه ششم در راستای دستیابی به اهداف توسعه پایدار، هدف مطالعهٔ حاضر بررسی آثار بازار آب شبیه‌سازی‌شده در نظر گرفته شده که به‌صورت نمونه، در دشت هشتگرد استان البرز صورت گرفته است.

1. Positive Mathematical Programming (PMP)

طی سال‌های اخیر، افت سریع سطح آب‌های زیرزمینی و در پی آن، نشست زمین در استان البرز به یکی از دغدغه‌های زیست‌محیطی این استان تبدیل شده است، به‌گونه‌ای که بر اساس آخرین گزارش سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (GSI, 2018)، سطح آب‌های زیرزمینی در استان البرز سالانه ۸۱ سانتی‌متر کاهش می‌یابد، که خود منجر به نشست سالانهٔ زمین به میزان ۲۱ تا ۲۲ سانتی‌متر در دشت‌های استان شده است. از سوی دیگر، استاندارد برداشت از منابع آب تجدیدپذیر در دنیا کمتر از چهل درصد است؛ اما در ایران، این رقم نزدیک به ۹۲ درصد و در البرز، صد درصد است (APWWC, 2018)، که این برداشت، در آیندهٔ نزدیک، فاجعه‌ای بزرگ را رقم خواهد زد. به‌منظور پیشگیری از این فاجعه شرکت آب منطقه‌ای استان، طی سال‌های اخیر، اقدام به تعویض کنتورهای معمولی با کنتورهای حجمی به‌منظور کنترل میزان برداشت از منابع آبی کرده است. رویکرد تشکیل بازار یکی از راه حل‌های مدیریت منابع آبی به‌شمار می‌رود، که صرفه‌جویی در مصرف آب از نتایج آن است. از این‌رو، در مطالعهٔ حاضر، میزان صرفه‌جویی در مصرف منابع آبی با فرض تشکیل بازار آب در دشت هشتگرد استان البرز به‌عنوان مهم‌ترین منطقه کشاورزی استان که مصرف‌کننده ۸۷/۲۳ درصد از منابع آب سطحی و نود درصد از منابع آب‌های زیرزمینی در بخش کشاورزی است (APWWC, 2018)، بررسی شده است.

از سوی دیگر، لزوم توجه به پیشگیری از کاهش رفاه و سطح معیشت ذی‌نفعان در اجرای هر سیاستی مهم‌ترین نکته‌ای است که باید مورد توجه قرار گیرد. رعایت این نکته در اجرای سیاست تشکیل بازار آب نیز درخور اهمیت است و باید مورد توجه قرار گیرد، نکته‌ای که در سایر مطالعات، کمتر بدان پرداخته شده است. افزایش قیمت‌های ناشی از تشکیل بازار آب (برای خریداران این نهاده)، از یک سو و سهمیه‌بندی آن، از سوی دیگر، منجر به کاهش رفاه کشاورزان می‌شود که به همین دلیل، مطالعهٔ حاضر، علاوه بر شبیه‌سازی بازار آب، به تعیین قیمت تعادلی و محاسبه میزان صرفه‌جویی در استخراج منابع آب‌های زیرزمینی و همچنین، بررسی آثار تشکیل این بازار بر دشت هشتگرد و نیز اجرای سیاست هم‌زمان افزایش راندمان سامانه‌های آبیاری در کنار تشکیل بازار آب پرداخته است. نکته قابل توجه دیگر مطالعهٔ حاضر تفکیک آثار تشکیل بازار آب برای گروه خریداران این نهاده و فروشندگان آن است.

مواد و روش‌ها

اغلب مطالعات صورت‌گرفته مانند مطالعات ابوالحسنی و همکاران (Abolhassani et al., 2019)، ذوالفقاری‌پور و همکاران (Zolfagharipoor et al., 2020) و کیانی (Kiani, 2016)، به‌منظور بررسی آثار تشکیل بازار آب، به تجزیه‌وتحلیل بازارهای فرضی و شبیه‌سازی‌شده پرداخته‌اند، چراکه در ایران،

بازار آب واقعی راه اندازی نشده و بازارهای موجود در قالب بازارهای محلی است. در مطالعهٔ حاضر نیز به‌منظور برآورد تابع تقاضا (با هدف تخمین قیمت تعادلی)، از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)، با توجه به سازگاری بیشتر آن با شرایط واقعی، استفاده شده است. ایده اصلی این مدل که نخستین بار، از سوی هاویت (Howitt, 1995a) معرفی شد (Parhizgari and Badi'a Barzin, 2017; Abolhassani et al., 2019)، استفاده از اطلاعات موجود در متغیرهای دوگان[1] واسنجی (کالیبراسیون) است که پاسخ مسئله برنامه‌ریزی خطی را محدود به سطح فعالیت‌های موجود می‌کند. در واقع، مقادیر دوگان برای تصریح تابع هدف غیرخطی مورد استفاده قرار می‌گیرند که سطح فعالیت‌های مشاهده‌شده را دوباره از طریق جواب بهینه مسئله برنامه‌ریزی جدیدی که فاقد محدودیت واسنجی است، بازسازی می‌کند (Howitt, 1995b, 2005). برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) و توابع تولید منطقه‌ای محصولات کشاورزی[2] از شیوه‌هایی هستند که به‌منظور شبیه‌سازی بازار آب و بررسی اثرات تشکیل آن، نقش بازار آب در تغییرات ارزش اقتصادی و ... مورد استفاده قرار می‌گیرند. البته، در مطالعهٔ حاضر، از روش توابع تولید منطقه‌ای محصولات کشاورزی (SWAP) استفاده شده است.

مدل SWAP به‌عنوان زیرساخت مدل‌های شبکه آبی برای ایجاد ارتباط بین متغیرهای اقتصادی و مدل‌های آبی، بهینه‌سازی میزان مصرف آب در بخش کشاورزی و تشکیل بازارهای آب محلی و منطقه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مدل راهکاری مناسب برای تعیین سطح تجمیع مکانی (فضایی)[3] و تعریف دامنهٔ کاری مدل‌های PMP است که در آن، با تعیین سطح تجمیع فضایی یا مکانی، به‌جای تحلیل سیاست‌ها در یک بعد وسیع، ترکیبی از ویژگی‌های محلی یا منطقه‌ای با مجموعه داده‌های کوچک‌تر لحاظ شده و سیاست‌های مورد نظر در سطح مناطق تعیین‌شده بررسی می‌شود (Azuara et al., 2011, 2010; Parhizgari and Badi'a Barzin, 2017; Howitt et al., 2012; Abolhassani et al., 2019).

در مطالعهٔ حاضر، مراحل برآورد مدل به‌شرح زیر است:

مرحله اول: تقسیم‌بندی منطقه مورد مطالعه و جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز

در این مرحله، اطلاعات اولیه مورد نیاز جمع‌آوری می‌شود. بر اساس بررسی اولیه، مهم‌ترین محصولات آبی کشت‌شده در دشت هشتگرد استان البرز شامل شهرستان‌های ساوجبلاغ، طالقان و

1. dual variable
2. State Wide Agricultural Production (SWAP)
3. spatial aggregation

نظرآباد عبارت‌اند از: گندم آبی، جو آبی، گوجه فرنگی آبی، ذرت دانه‌ای آبی، لوبیا چیتی آبی، سیب‌زمینی آبی و یونجه آبی.

مرحله دوم: حل مدل برنامه‌ریزی خطی و تعیین مقادیر دوگان یا قیمت‌های سایه‌ای محدودیت‌ها

این مرحله شامل حل یک مسئله برنامه‌ریزی خطی با توجه به محدودیت‌های منابع و محدودیت‌های واسنجی است. در این مرحله، پس از حل مدل برنامه‌ریزی خطی، مقادیر قیمت‌های سایه‌ای (ارزش دوگان) برای محدودیت‌های منابع و واسنجی به‌دست می‌آید (Howitt et al., 2012; Howitt, 2005).

مرحله سوم: برآورد تابع تولید کشش جانشینی ثابت فرعی

تابع تولید کشش جانشینی ثابت فرعی (CES فرعی)[1] که تابع کشش جانشینی ثابت لانه‌ای یا تو در تو[2] نیز نامیده می‌شود، به‌منظور جایگزینی نهاده سرمایه و آب در مدل SWAP به‌کار می‌رود. با به‌کارگیری این تابع، سرمایه‌گذاری در آبیاری به‌صورت جزئی می‌تواند جانشین آب مصرفی شود. (Azuara et al., 2011).

مرحله چهارم: برآورد تابع تولید که تابع کشش جانشینی ثابت اصلی

در این مرحله، پارامترهای بازده ثابت نسبت به مقیاس تابع تولید کشش جانشینی ثابت اصلی[3] برای هر منطقه و محصول برآورد می‌شوند. تابع تولید که تابع کشش جانشینی ثابت اصلی (CES اصلی) این امکان را ایجاد می‌کند که یک نرخ جانشینی ثابت بین نهاده‌های تولید و ضرایب لئونتیف با نسبتی ثابت و ضرایب تابع کاب- داگلاس با جایگزینی واحد به‌وجود آید (Azuara et al., 2011; Parhizgari et al., 2013).

مرحله پنجم: تخمین تابع هزینه نمایی

قسمت بعد شامل تخمین تابع هزینه غیرخطی و محاسبه پارامترهای آن است. برای این کار، از تابع هزینه کل زمین استفاده می‌شود (Howitt et al., 2012).

مرحله ششم: برآورد تابع تقاضای محصولات کشاورزی بر اساس قیمت‌های درون‌زا

1. secondary Constant Elasticity of Substitution (CES)
2. nested Constant Elasticity of Substitution (CES)
3. original Constant Elasticity of Substitution (CES)

برآورد تابع تقاضای محصول کشاورزی بر اساس قیمت آن (که یک متغیر درون‌زاست) روشی مناسب برای محاسبه مازاد مصرف‌کننده است. در واقع، تابع تقاضای برآوردشده برای هر محصول نشان‌دهندهٔ میزان تمایل به پرداخت مصرف‌کننده در سطح معینی از قیمت و تولید آن محصول است (Howitt et al., 2012).

مرحله هفتم: ساختن مدل برنامه‌ریزی نهایی و تبیین مدل PMP واسنجی‌شده

در این مرحله، با استفاده از تابع هزینه نمایی واسنجی‌شده، تابع مجموع مازاد تولیدکننده و مصرف‌کننده منطقه‌ای برآوردشده و با توجه به محدودیت‌های منابع، یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی به‌صورت روابط زیر ساخته می‌شود:

$$CS= \sum_i \left(\Psi\alpha_i^1\left(\sum_g y_{gi}\right)+\frac{1}{2}\alpha_i^2\left(\sum_g y_{gi}\right)^2\right)+MAX \quad PS+ \qquad (۱)$$
$$\sum_g\sum_i\left(rm_{gi}(y_{gi})\right)-\sum_g\sum_i\left(\delta_{gi}exp(\gamma_{gi}x_{gi,land})\right)-$$
$$\sum_g\sum_i\left(w_{gi,supply}x_{gi,supply}+w_{gi,labor}x_{gi,labor}\right)-\sum_g\sum_w\left(w_{gw}wat_{gw}\right)$$

Subject to: (۲)

$$\sum_{i=1}^{n}x_{igj}\le A_{igj} \qquad for \qquad \forall g,j\neq water$$

wat_{gw} _ wat_{consgw}

که در این روابط، CS+PS تابع هدف مدل (رفاه کشاورزان) است. محصولات مورد مطالعه عبارت‌اند از گندم آبی، جو آبی، گوجه فرنگی، ذرت دانه‌ای، لوبیا چیتی، سیب‌زمینی و یونجه و نهاده‌ها شامل زمین، آب آبیاری، نیروی کار و سرمایه. همچنین، در رابطه (۱)، a_{i1} و α_{i2} ، به‌ترتیب، عرض از مبدأ و شیب تابع تقاضای محصول i ، Ψ تغییرات تقاضا با توجه به عوامل برون‌زا و δ_{gi} عرض از مبدأ و γ_{gi} کشش عرضه محصول i در منطقه g است که بر اساس مطالعات پیشین، در مدل وارد می‌شود؛ W_{gi} و Wat_{gi} ، به‌ترتیب، آب مورد نیاز و آب مصرفی محصول iام در منطقه gام، y_{gi} میزان تولید هر محصول در سال مورد محاسبه، p_{gi} قیمت محصول i در منطقه g، γ_{gi} کشش عرضه محصول i در منطقه g و x_{gi} سطح زیر کشت i (i=۱،۲،۳، ...)در منطقه g (g=۱،۲،۳، ...) است.

رابطه (۱) تابع هدف غیرخطی مدل PMP است که در آن، معادلهٔ اول در تابع هدف نشان‌دهنده مجموع درآمد خالص و مازاد مصرف‌کننده برای همه محصولات در همه مناطق است و معادلهٔ دوم نیز درآمد ویژه خالص هر منطقه را بر اساس انحراف قیمت‌های هر منطقه از قیمت‌های اولیه نشان می‌دهد. در حقیقت، این اختلاف نشان‌دهندهٔ هزینه‌های بازاریابی در هر منطقه است؛ معادلهٔ سوم تابع هزینه زمین را نشان می‌دهد و معادلات چهارم و پنجم نیز هزینه‌های سایر نهاده‌ها از جمله نیروی کار، سرمایه

و در نهایت، آب را نشان می‌دهند. همچنین، رابطه (۲) محدودیت مربوط به نهاده‌ها (به‌جز آب) است که در آن، A_{igj} منابع در دسترس هر منطقه را نشان می‌دهد.

برای برآورد توابع تقاضای آب نیز از نتایج مدل برنامه‌ریزی ریاضی استفاده می‌شود. از آنجا که ماهیت نهاده آب به‌گونه‌ای است که با تغییر هزینه تأمین نهاده آب به‌درستی نمی‌توان میزان تقاضای آب را استخراج کرد، در این روش، با تغییر میزان آب قابل دسترس، قیمت سایه‌ای نهاده آب از طریق الگوی کشت حاصل از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (مثبت) برآورد می‌شود و سپس، با داشتن ارزش‌های سایه‌ای در هر سطح آب قابل دسترس، توابع تقاضای نهاده آب به اشکال تابعی مختلف برآورد و بهترین برازش انتخاب می‌شود.

در پژوهش حاضر، کشاورزان دشت هشتگرد شامل شهرستان‌های ساوجبلاغ، نظرآباد و طالقان مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. اطلاعات آماری هزینه‌های تولید مربوط به سال زراعی۹۶-۱۳۹۵ بوده که از طریق جمع‌آوری پرسشنامه (تعداد سی‌صد پرسشنامه در بخش برآورد تمایل به دریافت و پرداخت) و نیز اطلاعات بهره‌برداران (پرسشنامه‌هایی که توسط وزارت جهاد کشاورزی جمع‌آوری می‌شود) به‌دست آمده است. افزون بر این، نمونه‌گیری به روش احتمالی (تصادفی) بوده و تعداد پرسشنامه‌ها (حجم نمونه) به روش کوکران به‌دست آمده است.

پرسشنامه‌ها، برای دو گروه افرادی که تمایل به شرکت در بازار آب به‌عنوان خریدار و تمایل به شرکت در بازار آب به‌عنوان فروشنده نهاده آب داشتند، به‌صورت مجزا تهیه و محاسبات این دو گروه نیز جداگانه صورت گرفته است. تفکیک این دو گروه به لحاظ بررسی دقیق آثار بازار و میزان تغییرات رفاه اهمیت دارد؛ از سوی دیگر، با توجه به فرض کاهش احتمالی رفاه خریداران منابع آبی، آثار افزایش راندمان سامانه‌های آبیاری هم‌زمان با تشکیل بازار آب نیز در قالب سه سناریوی افزایش پنجاه، شصت و هفتاد درصدی راندمان مورد بررسی قرار گرفته است (در حال حاضر، راندمان در منطقه چهل درصد بوده و هدف بلندمدت، از سوی شرکت آب منطقه‌ای استان البرز، هفتاد درصد گزارش شده است (APWWC, 2018). در مطالعهٔ حاضر، از نرم‌افزارهای GAMS و Eviews برای محاسبات استفاده شده است.

بحث و نتایج

بررسی اطلاعات آماری گردآوری‌شده نشان می‌دهد که ۹۷ درصد بهره‌برداران دشت هشتگرد به زراعت آبی اشتغال دارند و این زراعت ۹۷ درصد کل مساحت زمین‌های زراعی را نیز به خود اختصاص داده است.

محصولات مهم استان البرز شامل گندم آبی، جو آبی، گوجه فرنگی آبی، ذرت دانه‌ای آبی، لوبیا چیتی آبی، سیب‌زمینی آبی و یونجه آبی است که به‌دلیل تولید بالا در شهرستان‌های واقع در دشت هشتگرد، مورد توجه کشاورزان قرار گرفته و از این‌رو، در مطالعه حاضر، از اطلاعات مربوط به همین محصولات در محاسبات استفاده شده است.

از آنجا که در بازار آب فرضی، میزان عرضه آب در سطوح مختلف قیمتی در دسترس نیست و از سوی دیگر، در تمام مطالعات شبیه‌سازی بازار آب، میزان عرضه آب به‌عنوان سهم آب قابل دسترس در نظر گرفته می‌شود (Garrido, 2000; Arriaza et al., 2002; Pujol et al., 2006; Calatrava and Garrido, 2005; Zekri and Easter, 2005; Gomez-Limon and Martine, 2006)، در مطالعهٔ حاضر نیز سهم آب قابل دسترس از منابع مختلف آبی به‌عنوان عرضه آب در نظر گرفته شده است. بر همین اساس، بیلان آب کشاورزی استان البرز در جدول ۱ گزارش شده است. بر اساس نتایج بررسی‌های شرکت آب منطقه‌ای استان البرز، به‌طور متوسط، تقریباً ۶۳ درصد از آب کشاورزی در بخش زراعت به مصرف می‌رسد که این مقدار در دشت هشتگرد تقریباً ۶۷ درصد است (APWWC, 2018). بر همین اساس و به استناد نتایج بررسی‌های صورت‌گرفته، نتایج عرضه آب در دشت هشتگرد نیز در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- بیلان آب کشاورزی در استان البرز (میلیون مترمکعب)

بندها و پمپاژ	انهار سنتی	قنات	چشمه	چاه دارای پروانه بهره‌برداری	چاه فاقد پروانه بهره‌برداری
۱۵/۹۷	۳۰۸/۵۷	۱/۵۶	۴۵/۶۵	۲۴۴/۴	۲۷۷/۱۶

شرح	منابع آب سطحی	منابع آب زیر زمینی
استان البرز (میلیون مترمکعب)	۳۲۴/۵	۵۶۸/۷
	جمع کل کشاورزی: ۸۹۳/۳	
	جمع کل زراعی: ۵۶۰/۱	
دشت هشتگرد (میلیون مترمکعب)	۵۸/۱	۲۹۲/۵
	جمع کل: ۳۵۰/۶	
	جمع کل زراعی: ۲۳۴/۵	

مأخذ: شرکت آب منطقه‌ای استان البرز (APWWC, 2018)

نتایج برآورد الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت در جدول ۲ گزارش شده است. اختلاف ناچیز مقادیر برآوردشده با الگوی فعلی نشان‌دهنده خوبی برازش مدل است.

مجموع سطح زیر کشت در مدل نهایی برآوردشده در دشت هشتگرد ۲۱۲۱۰ هکتار و رفاه حاصل از اجرای این الگوی کشت ۲۲۷۲/۱ میلیون ریال است. بیشترین سهم سطح زیر کشت را جو آبی با ۴۷/۲ درصد از کل سطوح و بعد از آن، گندم و یونجه آبی، به‌ترتیب، با ۳۲/۹ و ۱۳/۲ درصد از کل سطح زیر کشت به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۲- برآورد الگوی کشت PMP و محاسبه رفاه کشاورزان دشت هشتگرد - قبل از تشکیل بازار (هکتار)

محصول	الگوی فعلی	الگوی کشت در مدلPMP	سهم از کل
گندم آبی	۶۹۸۱	۶۹۸۵/۰۱	۳۲/۹
جو آبی	۹۹۸۳	۱۰۰۱۶/۹۸	۴۷/۲
گوجه فرنگی آبی	۸۸۹/۲۹	۸۹۰/۲۴	۴/۲
ذرت دانه‌ای آبی	۲۲۴	۲۲۲/۹۹	۱/۱
لوبیا چیتی آبی	۱۷۹/۵	۱۷۹/۶۷	۰/۸
سیب زمینی آبی	۱۱۳/۷	۱۲۳/۰۰	۰/۶
یونجه آبی	۲۸۵۳	۲۷۹۲/۰۶	۱۳/۲
جمع کل سطح زیرکشت	۲۱۲۳۳/۴۹	۲۱۲۰۹/۹۵	۱۰۰
رفاه حاصل (میلیون ریال)		۲۲۷۲/۱	

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج مربوط به محاسبه ارزش اقتصادی منابع آبی بر اساس ارزش تولید نهایی این نهاده در الگوی کشت بهینه پیشنهادی مدل PMP در جدول ۳ آمده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، ارزش اقتصادی آب (قیمت سایه‌ای نهاده آب) در دشت هشتگرد برابر با ۳۱۹۹ ریال به ازای هر متر مکعب به‌دست آمده است. این رقم نشان می‌دهد که به ازای مصرف هر یک واحد بیشتر از نهاده آب، رفاه کشاورزان ۳۱۹۹ ریال افزایش می‌یابد. لازم به توضیح است که میزان آب مصرفی در هر هکتار برای تولید محصولات مختلف، میزان محصول تولیدی در هر هکتار و قیمت محصول تولیدشده از عوامل مؤثر بر ارزش اقتصادی است.

جدول ۳- مقایسه ارزش اقتصادی آب با هزینه تأمین آن در شرایط فعلی آب (متر مکعب، ریال)

شهرستان	ارزش اقتصادی (VMP)	هزینه تأمین فعلی (P_W)	نتیجه مقایسه
دشت هشتگرد	۳۱۹۹	۴۴۰	$VMP>P_W$

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که در شرایط فعلی (در سال مطالعه)، برای کشاورزان دشت هشتگرد، تأمین نهاده آب ۴۴۰ ریال به ازای هر متر مکعب هزینه دربردارد (APWWC, 2018). این در حالی است که بر اساس نتایج محاسبات، ارزش اقتصادی هر متر مکعب آب ۳۱۹۹ ریال برآورد شده است؛ یعنی، تقریباً هفت برابر هزینه‌ای که در حال حاضر پرداخت می‌شود. این مطلب گویای آن است که در دشت هشتگرد، توان‌های لازم برای تشکیل بازار آب وجود دارد. از این‌رو، با در نظر گرفتن این فرض، بازار آب شبیه‌سازی و آثار آن بررسی شده است. به‌منظور برآورد قیمت تعادلی نهاده آب در بازار شبیه‌سازی‌شده، با فرض آنکه یک بازار رقابتی تشکیل شود، باید علاوه بر عرضه نهاده که در بخش قبل توضیح داده شد، تقاضای نهاده آب نیز موجود باشد. نتایج مربوط به برآورد تابع تقاضای نهاده آب در دشت هشتگرد با استفاده از اطلاعات به‌دست‌آمده از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی در این منطقه به‌صورت رابطهٔ $P = 1E\text{-}13Q^2 - 4E\text{-}05Q + 7281.9$ است. پس از برآورد روابط مختلف، بهترین نتیجه در قالب تابع درجه ۲ به‌دست آمد که در آن، p قیمت نهاده آب و Q مقدار مصرف آن است.

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نمودار ۱- تابع تقاضای نهاده آب، دشت هشتگرد

با حل رابطه مندرج در نمودار ۱ (تابع تقاضای آب که عبارت است از $P = 1E\text{-}13Q^2 - 4E\text{-}05Q + 7281.9$)، حداقل قیمت هر متر مکعب آب برابر با ۳۲۸۲ ریال و مصرف آب ناشی از این

قیمت‌گذاری دویست میلیون متر مکعب خواهد بود، که بیشترین میزان مصرف آب با کمترین قیمت است و از این نقطه به بعد، نمی‌توان با وجود افزایش قیمت، توجیهی برای افزایش مصرف آب داشت. از این‌رو، در بحث قیمت‌گذاری، باید دقت شود که از ابتدا، قیمت هر متر مکعب آب از این مقدار بیشتر تعیین شود. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، این قیمت نزدیک به ارزش اقتصادی نهاده آب (۳۱۹۹ ریال/ متر مکعب) است.

از سوی دیگر، بر اساس قانون بازار، بهترین قیمت تعادلی در بازار قیمتی است که در آن، عرضه و تقاضای نهاده با هم برابر می‌شود. با احتساب ۲۳۴/۵ میلیون متر مکعب عرضه آب در دشت هشتگرد، قیمت تعادلی هر متر مکعب آب در بازار برابر با ۳۳۹۴ ریال خواهد بود. نتایج مربوط به میزان صرفه‌جویی در مصرف آب در حالت‌های مختلف قیمت‌گذاری (حداقل قیمت و قیمت تعادلی) در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴- میزان کاهش مصرف آب در شرایط تشکیل بازار با قیمت تعادلی در دشت هشتگرد (ریال/ متر مکعب)

شرح		حداقل قیمت (قیمت بهینه) ۳۲۸۲ (ریال/ متر مکعب)	قیمت بازاری ۳۳۹۴ (ریال/ متر مکعب)
تقاضا (متر مکعب)		۲۰۰.۰۰۰.۰۰۰	۱۶۷.۳۲۰.۰۰۰
کاهش مصرف	در مقایسه با حالت بهینه	–	۳۲.۶۸۰.۰۰۰
درصد صرفه جویی مصرف	(حداقل قیمت)	–	۱۶/۳
کاهش مصرف	در مقایسه با حالت فعلی	۳۴.۵۰۰.۰۰۰	۶۷.۱۸۰.۰۰۰
درصد صرفه جویی مصرف	(عرضه ۲۳۴/۵ میلیون متر مکعب)	۱۴/۷	۲۸/۶

مأخذ: یافته‌های پژوهش

چنانچه قیمت نهاده آب برابر با حداقل قیمت (۳۲۸۲ ریال به ازای هر متر مکعب) تعیین شود، در مقایسه با شرایط فعلی عرضه آب (۲۳۴/۵ میلیون متر مکعب)، ۳۴/۵ میلیون متر مکعب آب کمتر مصرف خواهد شد؛ به دیگر سخن، معادل ۱۴/۷ درصد در مصرف نهاده آب صرفه‌جویی می‌شود.

به همین ترتیب، چنانچه بر اساس نتایج محاسبات مربوط به شبیه‌سازی بازار آب، قیمت این نهاده برابر با ۳۳۹۴ ریال به ازای هر متر مکعب (قیمت تعادلی) تعیین شود، کاهش مصرف نسبت به شرایط فعلی عرضه آب (۲۳۴/۵ میلیون متر مکعب)، معادل ۶۷/۱۸ میلیون متر مکعب (برابر با ۲۸/۶ درصد صرفه‌جویی) خواهد بود.

یکی از سیاست‌هایی که طی سال‌های اخیر، توسط سازمان حفاظت محیط زیست، به‌طور جدی، مورد توجه و پیگیری قرار گرفته (پیرو مصوبات برنامه ششم توسعه) کاهش بیست درصدی در استخراج منابع آب‌های زیرزمینی با هدف حفاظت از این منابع ارزشمند بوده است. با تشکیل بازار آب در دشت هشتگرد، همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، میزان صرفه‌جویی بیشتر از مقدار برنامه خواهد بود.

در هر صورت، مقادیر به‌دست‌آمده برای قیمت نهاده آب در دشت هشتگرد، برآورد میانگین وضعیت موجود بوده و به‌طور کلی، لازم است که قیمت پیشنهادی در بازار آب محصولات کشاورزی دشت هشتگرد این ویژگی را داشته باشد:

$$۳۲۸۲ \quad \leq P_{Water} \leq \quad ۷۲۸۲$$

بر اساس نتایج مربوط به تابع تقاضای نهاده آب، چنانچه قیمت آب در بخش کشاورزی این شهرستان به ۷۲۸۲ ریال به ازای هر متر مکعب برسد، با توجه به وضعیت فعلی کشاورزان، کشاورزی تعطیل خواهد شد، مگر آنکه بازار این محصول در دشت بهبود یابد، به‌گونه‌ای که سهم تولیدکننده از بازار افزایش یابد.

بعد از شبیه‌سازی بازار آب و برآورد قیمت تعادلی، لازم است که اثرات آن بر الگوی کشت منطقه و رفاه کشاورزان مورد بررسی قرار گیرد. بدیهی است که تغییرات قیمت نهاده آب، در مجموع، هزینه‌های تولید را افزایش خواهد داد؛ با این همه، در این بین، آن دسته از کشاورزان که تمایل به خرید آب مازاد بر سهمیه حقآبه خود دارند، هزینه خرید آب به هزینه‌های آنها افزوده می‌شود و البته، آن دسته از کشاورزانی که تمایل به فروش مازاد سهمیه خود دارند، افزایش درآمدی معادل فروش آن خواهند داشت. از این‌رو، به‌منظور بررسی بهتر نتایج، آثار تشکیل بازار آب برای این دو گروه به‌صورت مجزا بررسی شده است.

همان‌گونه که در جدول ۵ گزارش شده است، پس از تشکیل بازار، رفاه فروشندگان نهاده آب معادل ۱۳/۷ درصد نسبت به شرایطی که بازار آب وجود ندارد، افزایش و رفاه خریداران نهاده آب ۱۲/۱ درصد نسبت به شرایط قبل از تشکیل بازار کاهش خواهد یافت.

نتایج محاسبات نشان می‌دهد که کل سطح زیر کشت برای هر دو گروه کاهش خواهد یافت؛ اما این کاهش برای فروشندگان بسیار بیشتر از خریداران آب است، به‌گونه‌ای که فروشندگان تمایل به کاهش تقریباً ده درصدی از کل سطوح زیر کشت نسبت به شرایط قبل از تشکیل بازار آب و فروش سهمیه آبی را که در اختیار دارند، داشته و در مقابل، سطوح زیر کشت محصولات برای خریداران نهاده

آب کاهش بسیار ناچیز (۰/۰۴ درصد) داشته و آنها تمایل به خرید نهاده آب و حفظ سطوح قبلی خود را داشته باشند.

جدول ۵- تغییرات سطح زیر کشت و رفاه کشاورزان پس از ایجاد بازار آب، دشت هشتگرد

محصول	فروشندگان نهاده آب (درصد)	خریداران نهاده آب (درصد)
گندم آبی	۰/۷۷	۰/۲۷
جو آبی	-۳/۱۵	-۰/۳۴
گوجه فرنگی آبی	-۰/۳۳	-۰/۳۸
ذرت دانه‌ای آبی	-۹/۲۷	-۱/۱۰
لوبیا چیتی آبی	-۲/۰۴	۰/۴۵
سیب‌زمینی آبی	-۴/۸۷	۰/۷۴
یونجه آبی	-۵۷/۶۲	۰/۴۳
کل سطح زیر کشت	-۹/۱۴	-۰/۰۴
رفاه	۱۳/۷۰	-۱۲/۱۴

مأخذ: یافته‌های پژوهش

بر اساس نتایج مندرج در جدول ۵، تغییرات الگوی کشت نیز برای این دو گروه متفاوت است. به استثنای محصول گندم، سطح زیر کشت سایر محصولات برای فروشندگان کاهش یافته، به‌گونه‌ای که یونجه آبی با ۵۷/۶ درصد بیشترین میزان کاهش سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده است. یونجه، گیاهی چندساله با نیاز آب بالاست. به همین دلیل، در صورت تشکیل بازار آب، کشاورزانی که تمایل به مشارکت در بازار آب را دارند، ترجیح می‌دهند که این محصول را از مجموعه فعالیت‌های خود حذف کنند و در مقابل، سهمیه آب در اختیار خود را به فروش برسانند.

در خصوص خریداران نهاده آب نیز هرچند، کاهش سطح زیر کشت بسیار نامحسوس بوده، اما بیشترین کاهش مربوط به ذرت دانه‌ای است. ذرت یکی از محصولاتی است که علاوه بر نیاز آبی بالا، به تکانه‌های کم آبی بسیار حساس است و در اثر بروز کوچک‌ترین اختلال در میزان آبیاری، افت شدید در کیفیت محصول تولیدی حاصل خواهد شد. بنابراین، کشاورزانی که با کمبود منابع آبی مواجه بوده و مجبور به پرداخت هزینه اضافی برای خرید نهاده آب هستند، ترجیح خواهند داد که محصولاتی را زیر کشت ببرند که از مخاطرهٔ تولید کمتری برخوردارند.

نتایج بررسی‌های کارشناسان نشان می‌دهد که در حال حاضر، راندمان آبیاری در دشت هشتگرد، به‌طور متوسط، چهل درصد است (APWWC, 2018). این در حالی است که در سایر نقاط کشور، این

مقدار بیشتر بوده و متوسط راندمان آبیاری در بخش کشاورزی در دنیا نیز هفتاد درصد گزارش شده است (همان منبع). از این‌رو، یکی از مهم‌ترین اهدافی که توسط وزارت جهاد کشاورزی، وزارت نیرو و سازمان حفاظت محیط زیست دنبال و پیگیری می‌شود، افزایش راندمان آبیاری در بخش کشاورزی با هدف دستیابی به میزان هفتاد درصد است که سیاست‌های حمایتی دولت در این زمینه مؤید این مطلب است. در سند توسعه آب استان البرز نیز دستیابی به هدف راندمان شصت درصد به‌عنوان هدف بلندمدت در نظر گرفته شده است. از آنجا که ایجاد بازار آب در بخش کشاورزی منجر به افزایش قیمت این نهاده خواهد شد، و این در حالی اتفاق خواهد افتاد که تاکنون به‌علت نبود زیرساخت و سازوکارهای مناسب و حمایت دولت از قشر آسیب‌پذیر کشاورز، هزینه (ارزش) واقعی نهاده آب مانند سایر نهاده‌ها از آنها دریافت نمی‌شده است، نمی‌توان از نظر دور داشت که افزایش چندین برابری قیمت آب در بازار احتمالی رفاه کشاورزان را دستخوش آسیب جدی کند و بسیاری از افرادی را که برای خودمصرفی و معیشت روزانه بدین کار اشتغال دارند، به‌شدت تحت تاثیر قرار خواهد داد.

از این‌رو، لازم است که سیاست‌های حمایتی موازی از سوی دولت انجام گیرد و حمایت از افزایش راندمان مصرف نهاده‌ها به‌ویژه نهاده آب یکی از همین سیاست‌هاست.

آنچه در مطالعهٔ حاضر بررسی شده، عبارت است از آنکه چنانچه به‌صورت موازی هم‌زمان با تشکیل بازار آب، راندمان سامانه‌های آبیاری از چهل درصد کنونی تا هفتاد درصد جهانی (اهداف بلندمدت برنامه‌های توسعه) افزایش یابد، چه تأثیری بر الگوی کشت و رفاه کشاورزان خواهد داشت.

همان‌گونه که در جدول ۶ گزارش شده است، با افزایش ده درصدی راندمان (افزایش از چهل درصد کنونی به پنجاه درصد) بعد از تشکیل بازار آب، کل سطح زیر کشت در دشت هشتگرد چندان تغییر نخواهد داشت؛ و البته، سطح زیر کشت جو، لوبیا و سیب‌زمینی کاهش و در مقابل، سطح زیر کشت گندم، گوجه فرنگی، ذرت دانه‌ای و یونجه افزایش خواهد یافت.

در سطح راندمان شصت درصدی، برخلاف سناریوی قبلی، سطح زیر کشت گندم کاهش خواهد یافت؛ علاوه بر آن، جو، لوبیا و سیب‌زمینی هم از جمله محصولاتی هستند که با کاهش سطح زیر کشت مواجه خواهند بود و گوجه فرنگی، ذرت دانه‌ای و یونجه نیز همانند سناریوی قبل، با افزایش کشت مواجه می‌شوند که به‌دلیل آب‌بر بودن این محصولات، دور از انتظار نیست.

هرچند، افزایش راندمان آبیاری کل مزارع تا سطح هفتاد درصد کمی دور از انتظار است، اما با توجه به آنکه در برنامه‌های وزارت نیرو قرار گرفته، لازم است که مورد بررسی قرار گیرد. البته لازم به توضیح است که به گزارش شرکت آب منطقه‌ای استان البرز، در مزارعی که از سامانه‌های آبیاری تحت

فشار استفاده می‌کنند، راندمان تا هفتاد درصد نیز افزایش یافته است. در این سناریو، گندم، جو، لوبیا و سیب‌زمینی محصولاتی هستند که روند کاهشی سطح زیر کشت خود را حفظ می‌کنند و در مقابل، گوجه فرنگی، ذرت دانه‌ای و یونجه با افزایش سطح زیر کشت مواجه خواهند بود. مقایسه اجرای سناریوهای مختلف افزایش راندمان نشان می‌دهد که هرچه بهره‌وری سامانه‌های آبیاری افزایش یابد، تمایل خریداران نهاده آب به سمت افزایش سطح زیر کشت محصولات با نیاز آبی بالا (که درآمد بیشتری را نصیب آنها می‌کند) نیز افزایش می‌یابد.

جدول ۶- تغییرات الگوی کشت، مصرف نهاده آب و رفاه در سناریوهای افزایش راندمان آب کشاورزی (درصد)**، خریداران دشت هشتگرد**

شرح	افزایش راندمان آب کشاورزی (از ۴۰ درصد به بالا)			
	سناریوی اول	سناریوی دوم	سناریوی سوم	سناریوی چهارم
محصول / سناریو	٪۴۰	٪۵۰	٪۶۰	٪۷۰
گندم آبی		۰/۰۲	-۰/۰۷	-۰/۱۳
جو آبی		-۰/۰۴	-۰/۰۴	-۰/۰۳
گوجه فرنگی آبی		۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۰
ذرت دانه‌ای آبی		۰/۷۱	۰/۹۰	۱/۰۳
لوبیا چیتی آبی		-۰/۱۰	-۰/۱۹	-۰/۲۷
سیب‌زمینی آبی		-۱/۴۳	-۱/۸۶	-۲/۱۷
یونجه آبی		۰/۳۴	۰/۵۷	۰/۷۳
کل سطح زیر کشت		۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴
مصرف نهاده آب		۰/۱	۰/۰۴	۰/۰۳
رفاه		۲/۵۶	۴/۶۶	۶/۱۷

وضعیت موجود

مأخذ: یافته‌های پژوهش

از آنجا که سطح زیر کشت محصولات با نیاز آبی بالا افزایش یافته، در مجموع، با افزایش راندمان، مصرف نهاده آب نیز افزایشی هرچند ناچیز داشته است. این موضوع نشان می‌دهد که علی‌رغم افزایش قیمت نهاده آب پس از تشکیل بازار آب، به‌دلیل تغییر الگوی کشت به سمت محصولات با نیاز آبی بالا، کشاورزان ترجیح می‌دهند که مقدار آب بیشتری را با قیمت بالاتر خریداری کنند. البته، این نکته نیز نباید از نظر دور بماند که کشت محصولاتی مانند گوجه فرنگی و ذرت دانه‌ای در مقایسه با محصولاتی مانند گندم و جو درآمد بیشتری را نصیب کشاورزان خواهد کرد.

افزایش تقریباً سه، پنج و شش درصدی میزان رفاه کشاورزان با اجرای سیاست افزایش راندمان سامانه‌های آبیاری نیز تأییدکنندهٔ مطالب بالاست. چنانچه کشاورز (با حمایت دولت یا بدون آن) موفق شود که راندمان سامانه‌های آبیاری مزارع خود را از چهل درصد فعلی تا سطح هفتاد درصد افزایش دهد (که بعید هم نیست و در استان البرز نیز مشاهده می‌شود)، با وجود افزایش قیمت آب در بازار، هم می‌تواند الگوی کشت خود را به سمت محصولات با درآمد بالاتر تغییر دهد و هم توان خرید آب مازاد مورد نیاز خود از سایر کشاورزان را خواهد داشت؛ این در حالی است که با وجود افزایش هزینه‌ها، رفاه او افزایش یافته است.

جدول ۷- تغییرات الگوی کشت، مصرف نهاده آب و رفاه در سناریوهای افزایش راندمان آب کشاورزی (درصد)، **فروشندگان دشت هشتگرد**

شرح		افزایش راندمان آب کشاورزی (از ۴۰ درصد به بالا)			
		سناریوی اول	سناریوی دوم	سناریوی سوم	سناریوی چهارم
محصول / سناریو		٪۴۰	٪۵۰	٪۶۰	٪۷۰
گندم آبی	وضعیت موجود		۰/۰۲	۰/۱۰	-۱/۲۰
جو آبی			۱/۰۹	۳/۸۳	۳/۶۶
گوجه فرنگی آبی			۰/۱۵	۰/۶۸	۰/۶۷
ذرت دانه‌ای آبی			۳/۰۶	۸/۳۴	۱۱/۱۷
لوبیا چیتی آبی			۰/۴۰	۰/۰۳	۰/۶۶
سیب‌زمینی آبی			۱/۸۵	۷/۴۸	۵/۵۴
یونجه آبی			۰/۴۰	۰/۰۳	۰/۶۶
کل سطح زیر کشت			۱/۳۳	۶/۰۱	۱۰/۰۶
مصرف نهاده آب			۲/۲۴	۸/۶۶	۹/۴۶
رفاه			۰/۳۸	۱/۴۹	۱/۸۶

مأخذ: یافته‌های پژوهش

بررسی نتایج آثار افزایش راندمان سامانه‌های آبیاری بر گروه فروشندگان نهاده آب نشان می‌دهد که میزان افزایش سطح زیر کشت در خصوص فروشندگان این نهاده در دشت هشتگرد، نسبت به خریداران، بیشتر خواهد بود. این گروه از کشاورزان، در شرایط قبل از تشکیل بازار آب نیز چندان مشکلی در زمینه تأمین منابع خود نداشتند (چراکه به هر دلیلی دارای آب مازاد بوده‌اند و تمایل داشتند که آن را به فروش برسانند). از این‌رو، پس از تشکیل بازار و با افزایش بهره‌وری سامانه‌های آبیاری، مازاد آب بیشتری در اختیار خواهند داشت، که این موضوع منجر به افزایش سطح زیر کشت محصولات خواهد

شد، به‌گونه‌ای که با افزایش راندمان تا سطح پنجاه درصد، سطح زیر کشت تمام محصولات افزایش می‌یابد؛ و بیشترین افزایش مربوط به گیاه ذرت دانه‌ای خواهد بود. با اجرای سناریوی دوم یعنی، افزایش راندمان تا شصت درصد نیز دقیقاً رفتاری مشابه رفتار سناریوی اول تکرار خواهد شد، با این تفاوت که در این شرایط، بیشترین افزایش سطح زیر کشت مربوط به سیب‌زمینی خواهد بود. با فرض افزایش راندمان تا سطح هفتاد درصد، سطح زیر کشت گندم کاهش و سایر محصولات همچنان روند افزایشی خواهد داشت. با توجه به مشکلات موجود در خصوص خرید تضمینی گندم، در شرایطی که امکان تأمین نهاده آب فراهم باشد، به‌نظر می‌رسد که تمایل برای کشت محصولات دیگر بیشتر باشد؛ مصرف نهاده آب برای این گروه نیز افزایش خواهد یافت، به‌گونه‌ای که مطابق جدول ۷، درصد افزایش در مصرف این نهاده، در مقایسه با گروه خریداران، بیشتر خواهد بود. یکی از دلایل این موضوع آن است که فروشندگان نهاده آب، قبل از اجرای سیاست افزایش راندمان سامانه‌های آبیاری نیز دارای آب مازاد بودند که تمایل به فروش آن داشتند. رفاه این گروه نیز با اجرای سیاست افزایش راندمان، افزایش خواهد یافت. با این همه، نتایج محاسبات نشان می‌دهد که میزان افزایش در خصوص این گروه کمتر از میزان افزایش گروه خریداران نهاده آب است، چراکه افزایش رفاه گروه خریداران، عمدتاً به‌دلیل تغییرات الگوی کشت به سمت محصولات با ارزش بالاتر بوده (درآمد این گروه بیشتر از هزینه‌ها افزایش خواهد یافت)، در حالی که در گروه فروشندگان، تغییرات الگوی کشت با افزایش سطح زیر کشت و نیز مصرف بیشتر نهاده آب همراه بوده است. به دیگر سخن، هزینه‌های این گروه در کنار درآمدهای حاصل از افزایش تولید و فروش نهاده آب، نیز افزایش داشته و این موضوع منجر به افزایش کمتر رفاه در مقایسه با گروه خریداران شده است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

به‌طور خلاصه، می‌توان گفت که پیش از تشکیل بازار آب فرضی در دشت هشتگرد استان البرز، منابع آب مورد نیاز ۲۳۴/۵ میلیون متر مکعب بوده که پس از تشکیل این بازار و اعمال قیمت‌های بازاری (۳۳۹۴ ریال به ازای هر متر مکعب)، مصرف نهاده آب به ۱۶۷/۳۲ میلیون متر مکعب کاهش خواهد یافت؛ یعنی، ۲۸/۶ درصد در مصرف منابع آبی صرفه‌جویی خواهد شد. حداقل قیمت آب ۳۲۸۲ و حداکثر قیمت پیشنهادی در بازار شبیه‌سازی‌شده ۷۲۸۲ ریال به ازای هر متر مکعب است. پس از تشکیل بازار آب، الگوی کشت منطقه دستخوش تغییراتی خواهد شد که این تغییرات در مورد گروه خریداران نهاده آب و فروشندگان این نهاده متفاوت است. فروشندگان تمایل به کاهش سطح زیر کشت تمام محصولات به‌جز گندم داشته، که علت آن نیاز آبی کم این محصول نسبت به سایر محصولات

است؛ یعنی، درآمد حاصل از فروش آب به متقاضیان بیشتر از درآمد حاصل از کشت محصولات در این شرایط است. خریداران نیز محصولات با نیاز آبی بالا را کاهش و کشت سایر محصولات را افزایش خواهند داد. افزایش راندمان سامانه‌های آبیاری یکی از سیاست‌هایی است که چنانچه به‌طور موازی با تشکیل بازار آب صورت گیرد، منجر به افزایش رفاه خریداران در راستای جبران رفاه از دست‌رفتهٔ آنها بعد از تشکیل بازار آب خواهد شد. از این‌رو، با توجه به نتایج محاسبات صورت‌گرفته، در راستای مدیریت منابع آب با استفاده از تشکیل بازار آب، پیشنهادهایی به‌شرح زیر ارائه می‌شود:

- به‌منظور پیشگیری از کاهش رفاه کشاورزان،لازم است که به‌صورت هم‌زمان، اجرای سیاست‌های حمایتی از جمله سیاست‌هایی با هدف حمایت از افزایش راندمان منابع آبی در دستور کار سیاست‌گذاران قرار گیرد. در این راستا، شایسته است که کشاورزان از سامانه‌های آبیاری نوین استفاده کنند. بدین منظور، بسته‌های تسهیلاتی مختلف در قالب طرح‌های حمایتی خاص از سوی دولت به‌کار برده می‌شود، که البته نتایج مصاحبه حضوری با کشاورزان نشان از عدم رضایت آنها از فرآیند پرداخت تسهیلات دارد و لازم است که بازنگری‌هایی در این خصوص صورت گیرد. از سوی دیگر، نقش ترویج در ایجاد انگیزه برای استفاده از این سامانه‌های آبیاری نوین غیرقابل انکار است، که مدیریت آن بر عهده معاونت ترویج وزارت جهاد کشاورزی است. این معاونت می‌تواند با راهنمایی مناسب، کشاورزان را در انتخاب سامانهٔ مناسب آبیاری، انتخاب الگوی کشت بهینه و همچنین، استفاده از محصولات کم‌آب‌بر در آرایش زراعی یاری کند.
- علاوه بر سامانه‌های نوین آبیاری، روش‌هایی از جمله قطعه‌بندی و بهبود شیب زمین با استفاده از ماشین‌آلات و وسایل تسطیح، جلوگیری از کشت شمالی در مناطق شیب‌دار و دامنهٔ کوه‌ها، پوشش کانال‌های آب‌رسانی در مناطقی که افت در مسیر آب مشخص است، کاهش نفوذپذیری خاک توسط افزایش رس و یا پوشش بتنی (در صورت درشت و سبک بودن خاک)، کاهش پیچ و خم‌های کانال‌های سنتی و لایروبی کردن علف‌های هرز و خار و خاشاک، اصلاح آب‌بندها و افزایش حجم ذخیره آبی، احداث بندها و دریچه‌های تقسیم نیز مورد تأیید و تأکید کارشناسان است.
- از آنجا که با افزایش قیمت تا حد قیمت تعادلی، تکانه (شوک) ناگهانی به بخش وارد خواهد شد، شایسته است که در مرحله نخست، حداقل قیمت به‌دست‌آمده (۳۲۸۲ ریال/ متر مکعب) به‌عنوان قیمت بازار تعیین شود. این قیمت نزدیک‌تر به ارزش اقتصادی است و با صرفه‌جویی تقریباً پانزده درصدی، سیاست‌های کاهش مرحله‌ای مصرف آب (مصوب برنامه ششم توسعه) را نیز پوشش می‌دهد.

- با توجه به امکان صرفه‌جویی در مصرف منابع آبی پس از تشکیل بازار آب، لازم است که سازمان حفاظت محیط زیست به‌عنوان نهاد متولی ترتیبی اتخاذ کند که فروشندگان، آب را از زمین استخراج نکنند؛ در مقابل، منافع حاصل از فروش آب را برای آنها تأمین کند؛ و به دیگر سخن، با بازخرید بخشی از سهام حقآبه‌های در اختیار کشاورزان، بین کشاورزان و سازمان حفاظت محیط زیست، بازار آب شکل گیرد.
- تلاش به‌منظور تغییر در الگوی کشت منطقه با رویکرد کشت محصولاتی که با مصرف آب کمتر، عملکرد بالاتر و درآمدزایی بیشتری داشته باشند، از دیگر الزامات پیشنهادی مطالعهٔ حاضر است. همچنین، توصیه می‌شود که بهره‌گیری از گیاهان دارویی در این خصوص مورد مطالعه و توجه بیشتری قرار گیرد.

منابع

- Abolhassani, L., Shahnoushi, N., Rahnama, A., Azam Rahmati, E., & Heiran, F. (2019). The role of water market formation in using the water resources in agricultural sector: a case study of Mashhad Plain in Iran. *Agricultural Economics and Development, 27*(2), 1-29. DOI: 10.30490/aead.2019.95367. [In Persian]
- APWWC (2018). The standard of extraction from renewable water resources. Alborz Province, Water and Waste Water Company (APWWC[ABFA]). Available at https://www.abfa-alborz.ir. [In Persian]
- Arriaza, M., Gomez-Limon, J. A., & Upton, M., (2002). Local water markets for irrigation in southern Spain: a multicriteria approach. *The Australian Journal of Agricultural Resource Economics, 46*(1): 21-43.
- Azuara, J. M., Harou, J. J., & Howitt, R. E. (2010). Estimating economic value of agricultural water under changing conditions and the effects of spatial aggregation. *Environmental Modeling and Software, 408*(3), 5639-5648.
- Azuara, J. M., Harou, J. J., & Howitt, R. E. (2011). Predicting farmer responses to water pricing, rationing and subsidies assuming profit maximizing investment in irrigation technology. *Science of the Agricultural Water Management, 108*(1), 73-82.

- Calatrava, J., & Garrido, A. (2005). Modeling water markets under uncertain water supply. *European Review of Agricultural Economics, 32*(2), 119-142.
- Debaere, P., Richter, B. D., Davis, K. F., Duvall, M. S., Gephart, J. A., O'Bannon, C. E., Pelnik, C., Powell, E. M. & Smith, T. W. (2014). Water markets as a response to scarcity. *Water Policy, 16*, 625-649.
- Garrido, A. (2000). A mathematical programming model applied to the study of water markets within the Spanish agricultural sector. *Annals of Operations Research, 94*, 105-123.
- Grafton, R. Q., Landry, C., Libecap, G. D., McGlennon, S., & O'Brien, R. (2011). An integrated assessment of water markets: a cross-country comparison. *Review of Environmental Economics and Policy, 5*(2), 219-239.
- Gomez-Limon, J. A., & Martinez, Y. (2006). Multi-criteria modeling of irrigation water market at basin level: a Spanish case study. *European Journal of Operational Research, 173*, 313-336.
- GSI (2018). Groundwater level in Alborz province. Geological Survey & Mineral Exploration of Iran (GSI). Available at https://gsi.ir/fa. [In Persian]
- Hadjigeorgalis, E. (2008). A place for water markets: performance and challenges. *Review of Agricultural Economics, 31*(1), 50-67.
- Howitt, R. E. (1995a). Positive mathematical programming. *American Journal of Agricultural Economics, 77*(2): 329-342.
- Howitt, R. E (1995b). A calibration method for agricultural economic production models. *Journal of Agricultural Economics*, 46(2): 147-159.
- Howitt, R. E (2005). Agricultural and environmental policy models: calibration, estimation and optimization. Unpublished, 2005. Available at www.agecon.ucdavis.edu/people/faculty/facultydocs/Howitt/master.pdf.
- Howitt, R. E., Medellin-Azuara, J., MacEwan, D., & Lund, R. (2012). Calibrating disaggregate economic models of agriculture production and water management. *Science of Enviromental Modeling and Software, 35*: 244-258
- IWPRI (2018). Water markets as a response to scarcity. Iran Water Policy Research Institute (IWPRI)

- IWPRI (2016). Low water consumption development: reflection on the reconstruction of development path in Iran. Iran Water Policy Research Institute (IWPRI)
- Kiani, G. (2016). The role of market in optimal water resources allocation and efficacious factors influencing the efficiency of water markets. *Journal of Water and Sustainable Development*, *3*(1), 93-102. DOI: 10.22067/jwsd.v3i1.59447. [In Persian]
- Noori Esfandiari, A., & Neirizi, S. (2016). Editorial and short notes. *Journal of Water and Sustainable Development*, *2*(2). DOI: 10.22067/jwsd.v2i2.55666. [In Persian]
- Palomo-Hierro, S., Gómez-Limón, J. A., & Riesgo, L. (2015). Water markets in Spain: a tool for drought mitigation. In: J. Andreu, A. Solera, J. Paredes-Arquiola, D. Haro-Monteagudo, & H. van Lanen (Eds) Drought: research and science-policy interfacing, London, CRC Press. DOI: 10.1201/b18077.
- Parhizgari, A., & Badi'a Barzin, H., (2017). Determining the economic value of water and simulating the behavior of farmers on agricultural water resources reduction in Takestan region. *Journal of Water Research in Agriculture*, *31*(1), 105-118. DOI: 10.22092/jwra.2017. [In Persian]
- Parhizkari, A., Sabuhi, M., & Ziaee, S. (2013). Simulation water market and analysis of the effects irrigation water sharing policy on cropping patterns under conditions of water shortage. *Journal of Agricultural Economics and Development*, *27*(3), 242-252. Doi: 10.22067/jead2.v0i0.29544. [In Persian]
- Pujol, J., Raggi, M., & Viaggi, D. (2006). The potential impact of markets for irrigation water in Italy and Spain: a comparison of two study areas. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, *50*, 361-380.
- Richael, Y. (2021). Trading water, saving water: Water markets help the West cope with supply-side shocks and evolving demands. Property and Environment Research Center (PERC) Report 40, pp. 3.

- Zekri, S., & Easter, E. (2005). Estimating the potential gains from water markets: a case study from Tunisia. *Agricultural Water Management, 72,* 161-175.
- Zibaei, M., & Malek Varnosfaderani, 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 [Ab va Fazelab], 28*(1), 126-138. DOI: 10.22093/wwj.2017.39481. [In Persian]
- Zolfagharipoor, M. A., Ahmadi, A., & Nikouei A. R. (2020). Development of inter-sectional water market framework for improving economic efficiency of groundwater consumption. *Journal of Iran Water Resources Research (IR-WRR), 16*(1), 332-346. [In Persian]