تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال بیست و یکم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۴
Volume 21, No.1, Spring 2025 (IR-WRR)
۱۲۶-۱۱۲

برآورد تابع عرضه آب در بازارهای ثانویه و بهره‌وری مطالعه موردی: بازار سهم آب قزوین

سیده مرضیه حسینی[۱]، حامد مازندرانی زاده[۲*]، حمید عزیزمحمدلو[۳] و محمد محجوب[۴]

چکیده

افزایش جمعیت، وقوع خشکسالی‌ها و برداشت‌های بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی باعث محدودیت منابع آب شده است. یکی از مباحث نوین در مدیریت منابع آب، شکل‌گیری بازار آب است که از آن به عنوان ابزاری برای تخصیص مجدد منابع آب استفاده می‌شود. در راستای افزایش بهره‌وری و مدیریت منابع آب، بازار سهم آب در استان قزوین به صورت پایلوت از اسفند ماه سال ۱۴۰۱ به اجرا در آمده است. هدف از این مطالعه بررسی سازوکار عرضه آب در بازار سهم آب و برآورد تابع عرضه در بازارهای ثانویه و بهره‌وری است. بازار ثانویه بازاری است که در آن عرضه‌کنندگان و متقاضیان هر دو از بخش کشاورزی هستند و بازار بهره‌وری بازاری است که در آن عرضه‌کنندگان از بخش کشاورزی و متقاضیان از بخش صنعت هستند. برای برآورد تابع عرضه از اصول اقتصاد خرد و روش رگرسیون حداقل مربعات بهره گرفته شد. تابع عرضه با استفاده از اطلاعات حجم آب معامله شده و قیمت فروش آب، هزینه‌های تولید، عمق چاه، ساعت کارکرد، تکنولوژی‌های مورد استفاده شامل نوع پمپ و نوع سیستم آبیاری، میزان سهم آب سالیانه و سطح زیر کشت از تیر سال ۱۴۰۲ تا آذر ۱۴۰۳ برآورد شد. ضریب قیمت در بازار بهره‌وری ۰/۲۷۷ و در بازار ثانویه ۲/۰۴۶- برآورد شد. منفی بودن ضریب قیمت در بازار ثانویه بیانگر وجود ریسک برای کشاورزان برای ورود به بازار ثانویه است و این ریسک می‌تواند موجب عدم تمایل کشاورزان برای ورود به بازار ثانویه شد.

کلمات کلیدی: مدیریت منابع آب، سازوکار بازار، آب زیرزمینی، کشاورزی.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۱/۱
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۲/۱۳

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.
۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.
۳- دانشیار گروه حسابداری، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.
۴- دکتری شیمی، مدیر اجرایی پروژه بازار آب در استان قزوین، قزوین، ایران.

*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان تابستان ۱۴۰۴ امکان‌پذیر است.

Estimating the Water Supply Function in Secondary and Productivity Markets Case Study: Qazvin Water Share Market

S. M. Hosseini[1], H. Mazandarani Zadeh[2], H. Azizmohammadlou[3], and M. Mahjoub[4]*

Abstract

The increase in population, the occurrence of droughts and the uncontrolled extraction of groundwater resources have limited water resources. One of the new topics in water resource management is the formation of water markets, which is used as a tool for water resources reallocating. In order to increase productivity and manage water resources, the water rights market in Qazvin province has been piloted since March, 2023. The aim of this study is to examine the water supply mechanism in the water right market and estimate the supply function in secondary and productivity markets. The secondary market is a market in which suppliers and applicants are both from the agricultural sector and the productivity market is a market where suppliers are from the agricultural sector and applicants from the industrial sector. To estimate the supply function, the principles of microeconomics and the Ordinary least squares regression method have been used. The supply function was estimated using data from July 2023 to December 2024 on the volume and selling price of water traded in the market, production costs, well depth, operating hours, technologies used including pump type and irrigation system type, annual water right amount and cultivation area. The price coefficient in the productivity market was estimated at 0.277 and 2.046 in the secondary market. The negative price elasticity of supply in the secondary market indicates that risks exist for farmers to enter the secondary market, and this risk can cause unwillingness of farmers to enter.

Keywords: Water Resources Management, Market Mechanism, Groundwater, Agriculture.

Received: January 20, 2025
Accepted: May 3, 2025

1- Ph.D. Student, Water Science and Engineering Department, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
2- Associate Professor, Water Science and Engineering Department, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran. Email: mazandaranizadeh@eng.ikiu.ac.ir
3- Associate Professor, Accounting Department, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.
4- Ph.D. in Chemistry, Executive Director of Qazvin Province Water Rights Market Project, Qazvin, Iran.
*- Corresponding Author
Doi: 10.22034/iwrr.2025.500992.2823

۱- مقدمه

بر اساس گزارش مجمع جهانی اقتصاد، کمیابی منابع آب طی سال‌های پیش‌رو از جمله مهم‌ترین ریسک‌های جهانی محسوب می‌شود (Hanouz et al., 2017)، لذا اگر روند مدیریت منابع آب به همین شکل ادامه پیدا کند، در سال ۲۰۳۰ دنیا با کمبود ۴۰ درصدی منابع آب مواجه شده، چراکه انتظار می‌رود برای پاسخگویی به تقاضای ناشی از رشد جمعیت، تقاضا برای تولیدات کشاورزی در حدود ۶۰ درصد اضافه شود. در نتیجه پیش‌بینی می‌شود در سال ۲۰۳۰، شکاف بین عرضه و تقاضای آب نسبت به وضع موجود بسیار مخاطره‌ساز گردد (Zarei Ghorkhodi and Shahnazari, 2024). بحران شدید آب که اکنون، خود را به صورت کاهش روز افزون امنیت آبی نشان می‌دهد، برای کشور ایران، بسیار جدی و خطر آفرین ارزیابی می‌شود (Shabani Rouchi et al., 2024). تخلیه گسترده منابع آب زیرزمینی در سراسر کشور ایران و تبعات مستقیم و غیرمستقیم آن نظیر فرونشست زمین، جابه‌جایی‌های جمعیتی، خشکی تالاب‌ها و بحران ریزگردها همگی کشور را در موقعیتی بحرانی قرار داده‌اند که در آن احیاء منابع آب زیرزمینی و یا لااقل جلوگیری از بدتر شدن وضعیت آن‌ها یک الزام به حساب می‌آید (Naderi and Moridi, 2024).

در حال حاضر آب‌های زیرزمینی ۵۵ درصد از تقاضای کل آب در ایران را تأمین می‌کند و بخش کشاورزی بیش از ۹۰ درصد از مصرف آب-های زیرزمینی، در مقایسه با ۸ درصد استفاده خانگی و ۲ درصد استفاده صنعتی، را به خود اختصاص می‌دهد (Mazandarani Zadeh and Hoseini, 2023). بنابراین با توجه به تنگناهای موجود در راستای بهره‌برداری، تخصیص، استفاده بهینه و جلوگیری از اتلاف این منبع ارزشمند و مبارزه با مشکل کم آبی به ویژه در بخش کشاورزی، اتخاذ سیاست و راهبردهای درازمدت که از لوازم مدیریت کارا منابع آب است، ضروری است (Mohseni et al., 2023). وجود بازدارنده‌ها و محدودیت‌های جدی در افزایش عرضه آب، کشورهای جهان را به این نتیجه رسانده است که راهکار حل این مسئله دشوار را در مدیریت تقاضا آب جستجو کنند. از این رو اقتصاددانان، سیاست‌های مدیریت تقاضای آب را روشی پرهیزناپذیر برای چیره شدن بر حل مسئله بحران آب می‌دانند که از جمله روش مدیریت تقاضای آب می‌توان به تخصیص دوباره، معرفی بازار آب و قیمت‌گذاری اشاره کرد (Shirzadi Laskookalayeh et al., 2022).

استقرار بازارهای آب محلی در بخش کشاورزی یک راه حل امیدبخش جهت افزایش کارایی اقتصادی آب است که کشاورزان با فرصت‌های ایجاد شده در آن از طریق بهبود شیوه‌های مدیریت تأمین آب، برای اجاره و فروش آب اقدام نمایند (Parhizkari et al., 2022) و قیمت‌گذاری صحیح در این زمینه، هم در بخش عرضه و هم در بخش تقاضا می‌تواند انگیزه لازم جهت مدیریت بهتر مصرف ایجاد کند. در زمینه بازار آب مطالعات متعددی انجام شده است که در ادامه به تعدادی از آن‌ها اشاره شده است.

بررسی اثر تشکیل بازار آب بر مدیریت منابع آب دشت هشتگرد با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت[1] (PMP) و رهیافت توابع تولید منطقه‌ای محصولات کشاورزی[2] (SWAP) برای برآورد الگوی بهینه کشت و محاسبه ارزش اقتصادی و قیمت تعادلی نهاده آب، نشان داد که در صورت وجود زیرساخت‌های لازم و همچنین وضع قوانین مربوطه، امکان خرید و فروش آب بین کشاورزان با قیمت تعادلی ۳۳۹۴ ریال به ازای هر متر مکعب وجود دارد. در این شرایط هم خریداران و هم فروشندگان از تشکیل بازار آب منتفع خواهند شد (Shabani Rouch et al., 2022).

Nourani et al. (2022) در پژوهشی به بررسی اثرات تشکیل بازار آب بر الگوی کشت و بازده خالص کشاورزان با PMP و با لحاظ قیمت تعادلی در شبکه آبیاری دشت رامجرد پرداختند. نتایج نشان داد با تشکیل بازار آب، سطح زیر کشت محصولات پربازده و با نیاز آبی بالا شامل برنج، گوجه‌فرنگی و چغندرقند به ترتیب ۴۰/۶۷، ۲۳/۱۷ و ۱۰/۴۵ درصد و همچنین بازده اقتصادی فعالیت‌های زراعی در تمامی دشت رامجرد افزایش می‌یابد و بر این اساس بازده برنامه‌ای کل اراضی دارای حقابه شبکه نیز در حدود ۹ درصد بهبود خواهد یافت. Esmaelnia Balagatabi et al. (2018) به بررسی تغییرات سطح زیر کشت محصولات آبی، سود ناخالص در دو حالت وجود بازار آب و عدم وجود بازار آب طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۰ با استفاده از نرم‌افزار GAMS به روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت در دشت ورامین پرداختند. نتایج نشان داد تشکیل بازار آب تأثیر مثبت و افزایشی بر مجموع سود ناخالص کشاورزان منطقه خواهد داشت. همچنین، کشت محصولاتی نظیر گندم، برنج، جو، خیار، ماشک، گوجه و سیر که از سود آوری بالایی برخوردار بوده، سطح زیر کشت بیشتری را به خود اختصاص خواهد داد. Badi Barzin et al. (2018) با استفاده از یک سیستم مدل‌سازی اقتصادی- هیدرولوژیکی مشتمل بر مدل PMP و رهیافت تابع تولید با کشش جانشینی ثابت به بررسی اثرات تشکیل بازار آب در منطقه سیستان پرداختند. نتایج نشان داد با که با برقراری بازارهای آب منطقه‌ای در منطقه سیستان، افزون بر ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای آب آبیاری و متعادل شدن داد و ستد آب بین مناطق مورد مطالعه، سطح زیر کشت محصولات گندم و جو آبی نسبت به شرایط عدم وجود بازار آب افزایش و سطح زیر کشت یونجه، پیاز و خربزه کاهش می‌یابد. همچنین سود ناخالص کشاورزان در شرایط استقرار بازار آب ۵/۴۶ درصد افزایش می‌یابد. Ahmadi et al. (2016) به ارزیابی اقتصادی پیاده‌سازی بستر فنی بازار آب کشاورزی در شبکه آبیاری و زهکشی مهیار واقع در حوضه آبریز زاینده‌رود پرداختند. نتایج

نشان داد که بازده برنامه‌ای کشاورزان پس از ایجاد بازار به میزان ۲۸ درصد نسبت به حالت پایه افزایش می‌یابد. همچنین، حجم آب مبادله شده در بازار ۴۷ درصد از حجم آب مصرفی است که نشان‌دهنده مشارکت بالای کشاورزان در بازار، جهت تخصیص بهینه است. Bohlolvand et al. (2014) در پژوهشی به برآورد تابع تقاضا نهاده آب و نقش بازار آب در قیمت‌گذاری و تخصیص منابع آب در بازار آب مجن در استان سمنان پرداختند. کشش‌های حاصل از تخمین تابع تقاضا نهاده آب برای تمامی محصولات منفی و معنی‌دار بود و تفاوت کشش‌ها نیز اصلی بودن کشت سیب‌زمینی در مقابل گندم را نشان می‌داد. کشش قیمتی تقاضا نهاده آب برای زمانی‌که الگوی کشت شامل محصولات سیب‌زمینی و گندم بود ۰/۲۵۶-، سیب‌زمینی ۰/۲۷۶- و گندم ۰/۴۷۷- برآورد شد. همچنین، بررسی ارزش تولید متوسط آب در محصولات فوق تأیید کرد که یکی از مهم‌ترین کارکردهای بازار آب در زمینه اولویت تخصیص آب و اصلاح الگوی کشت است.

ارزیابی اثرات اجتماعی و اقتصادی اصلاح قیمت‌گذاری آب در منطقه پیمونت ایتالیا تحت سناریوهای مختلف با استفاده از مجموعه‌ای از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی نشان داد شکل‌گیری بازار آب، می تواند منجر به اصلاح رفتار کشاورزان به سمت مصرف بهینه و مدیریت کاربردی منابع آب شود. همچنین، شکل‌گیری بازار آب در هر دو حالت کوتاه‌مدت و بلندمدت ضمن کاهش ریسک سرمایه‌گذاری باعث افزایش سود کشاورزان خواهد شد (Sapino et al., 2020).

بررسی امکان تجارت آب و پیامدهای آن در حوضه رودخانه کایدو- قونگ کیو چین با استفاده از روش برنامه‌ریزی مشترک چند مرحله‌ای بازه‌ای- احتمالاتی[۳] (JIMP) نشان داد که مکانیزم بازار آب محلی پس از استقرار در منطقه مورد مطالعه سبب تخصیص کارای منابع آب بین بهره‌برداران کشاورزی و ایجاد بینش مؤثر در خصوص تبادل بین تجارت آب و تحقق اهداف اقتصادی بهره‌برداران می‌شود (Zeng et al., 2016). بررسی اثرات خشکسالی بر تولیدات کشاورزی در منطقه کالیفرنیا با کمک مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی نشان می دهد که خشکسالی اثرات منفی بر حجم منابع آب سطحی و عمق ایستابی منابع آب زیرزمینی داشته و تشکیل بازارهای محلی به دلیل برقراری توازن بین عرضه و تقاضای آب تا حدود ۳۰ درصد باعث کاهش اثرات این پدیده خواهد شد (Howitt et al., 2015).

یکی از جنبه‌های بسیار مهم افت سطح آب زیرزمینی، تأثیرگذاری غیرقابل اجتناب آن بر وضعیت اقتصاد کشاورزی است. دشت قزوین بزرگ‌ترین دشت حوضه آبریز دریاچه نمک و یکی از دشت‌های مستعد کشور برای تولید محصولات کشاورزی است که همانند بسیاری از دشت‌های بزرگ کشور با کمبود شدید منابع آب مواجه است (Mazandarani Zadeh and Hoseini, 2023). در استان قزوین ۸۳ درصد منابع آب زیرزمینی صرف کشاورزی می‌شود و برداشت‌های بی‌رویه و خشکسالی‌های پی در پی سبب افزایش نرخ فرونشست و کاهش سطح سفره‌های آب زیرزمینی شده است. از اسفند سال ۱۴۰۱ به منظور افزایش بهره‌وری و حفظ منابع آب زیرزمینی، بازار رسمی سهم آب در استان قزوین راه‌اندازی شده است. بررسی مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد در تمامی مطالعات داخلی به ارزیابی اثرات بازار آب در صورت شکل‌گیری آن و یا ارزیابی بازارهای غیررسمی آب پرداخته شده است و تاکنون مطالعه‌ای در راستای بازار آب رسمی صورت نگرفته است. همچنین، در مطالعات قبلی به دلیل عدم دسترسی به میزان عرضه در سطوح مختلف قیمتی، عرضه به عنوان سهم آب قابل دسترس درنظر گرفته شده است. از این رو هدف از این تحقیق بررسی سازوکار عرضه آب در بازار رسمی سهم آب و تخمین تابع عرضه آب در بازار ثانویه و بهره‌وری در استان قزوین است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

استان قزوین با وسعتی معادل ۱۵۴۴۰ کیلومتر مربع، بین طول‌های شرقی ´۱۰-°۴۹ و ´۴۰-°۵۰ و عرض‌های شمالی ´۲۰-°۳۵ و ´۳۰-°۳۶ جغرافیایی، در بخش غربی و در فاصله حدود ۱۵۰ کیلومتری شمال غربی تهران قرار گرفته است. آبخوان مطالعاتی دشت قزوین از نقطه نظر تقسیمات کشوری بخشی از استان قزوین را شامل می‌شود که با وسعتی برابر با ۴۶۶۴/۲ کیلومتر مربع، در محدوده متریک ۳۴۴۷۱۴ الی ۴۶۷۲۹۰ شرقی و ۳۹۳۶۵۵۶ الی ۴۰۳۱۷۷۱ شمالی و در زون ۳۹ قرار دارد (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه از نظر تقسیم هیدرولوژیکی حوضه‌های آبریز کشور در حوضه آبریز دریاچه نمک قرار گرفته است و در واقع به عنوان زیر حوضه رودخانه شور محسوب می‌شود. این محدوده از شمال با حوضه آبریز شاهرود، از غرب با حوضه آبریز ابهررود و خررود، از جنوب با حوضه آبریز رودخانه‌های شور چای، قره بلاغ لار و قره چای و از شرق با حوضه‌های آبریز رودخانه‌های کردان و کرج همجوار است (Yazdan and Mansourian, 2019).

با توجه به محدودیت منابع آب سطحی و فصلی بودن این منابع بخش عمده آب آبیاری از منابع آب زیرزمینی استحصال می‌شود و سالانه حدود ۴۱۴ میلیون مترمکعب مازاد بر ظرفیت از آب‌های زیرزمینی این دشت برداشت می‌شود که به طور میانگین باعث افت سالانه ۱/۳ متر سطح ایستابی شده است (Hashemi et al., 2020). در شکل (۲) هیدروگراف سالانه تغییرات سطح ایستابی در آبخوان دشت قزوین نشان داده شده است (Moghaddam and Kholghi, 2025).

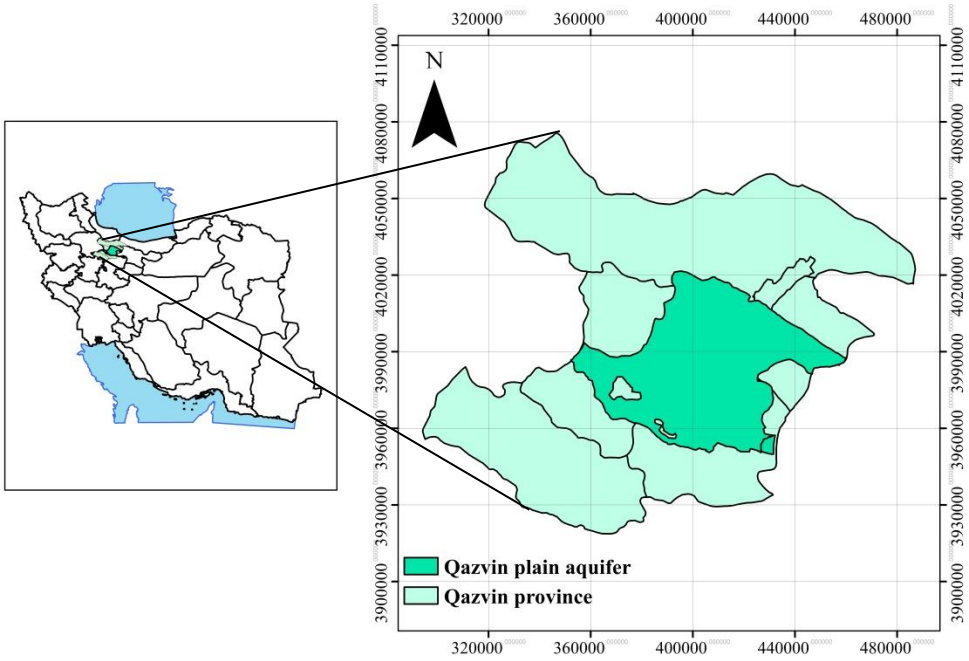

Fig. 1- Area of study

شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

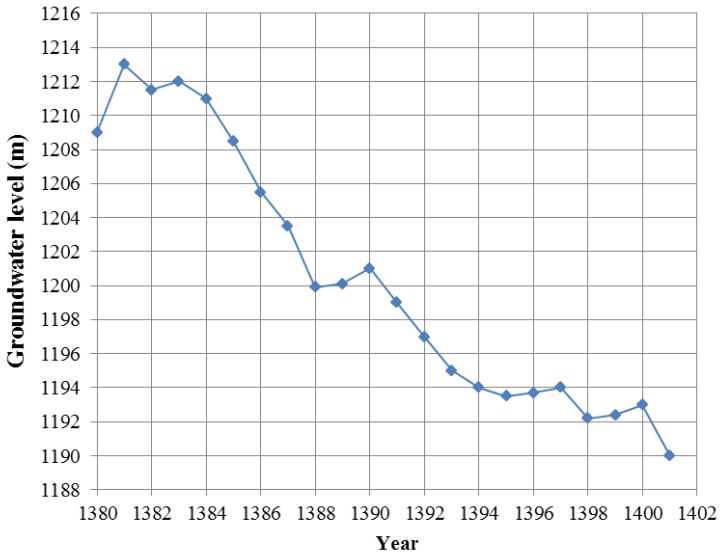

Fig. 2- Annual hydrograph of water level changes in Qazvin plain aquifer

شکل ۲- هیدروگراف سالانه تغییرات سطح ایستابی در آبخوان دشت قزوین

۲-۲- سازوکار ورود عرضه کننده به بازار سهم آب دشت قزوین

بازار سهم آب محلی است که در آن به تقاضاهای جدید آب پاسخ داده می‌شود و افراد حقیقی و حقوقی دارای مجوز برداشت از منابع آب زیرزمینی از طریق صرفه‌جویی و یا افزایش راندمان مصرف آب، می‌توانند بخشی از حقابه خود را (حداکثر ۵۰ درصد حقابه) طی مکانیسمی وارد بازار آب نمایند و صنایع و کشاورزانی که نیاز به آب مازاد دارند، این سهم آب را خریداری و به چاه خود منتقل نمایند (Heydarzadeh et al., 2024).

برای عرضه آب در بازار، کافی است نماینده چاهی که بخشی از آب آن قرار است در بازار عرضه شود، به کارگزاری بازار آب مراجعه نماید. پس از بررسی کارشناسی و داشتن شرایط اولیه و طی مراحل اداری

مجوز عرضه آب در بازار با حجم مشخص برای متقاضی صادر و این حجم، از شارژ سالانه کم می‌شود. دارنده مجوز به کارگزاری بازار آب مراجعه و کارگزار قرارداد مبادله آب بین عرضه کننده آب و دریافت کننده را تنظیم می‌نماید و شارژ خریداری شده پس از کسر سهم آبخوان در چاه خریدار شارژ می‌شود (Heydarzadeh et al., 2024). بر اساس شیوه نامه‌های بازار سهم آب در دشت قزوین، فرآیند ورود عرضه کننده به بازار سهم آب شامل ۴ مرحله به شرح زیر است:

گام اول: مراجعه عرضه کننده به کارگزار و دریافت اطلاعات از بانک سهم آبه

پس از مراجعه بهره‌بردار به کارگزاری برای ارائه درخواست عرضه، کارگزار اطلاعات مربوط به میزان شارژ سالیانه، میزان آب مصرف شده و آب باقی‌مانده را در حساب بانک سهم آب ایشان بررسی می‌کند. این درخواست صرفاً به معنای اظهار تمایل اولیه متقاضیان برای ورود به بازار سهم آب است.

گام دوم: دریافت مدارک فروش شامل نامه تعهد متقاضیان (بهره‌برداران) و معرفی‌نامه نماینده

با توجه به اینکه هر چاه بهره‌برداران متعددی دارد که هر یک سهم مشخصی از سهم آب سالیانه چاه دارند (ساعت در مدار آبیاری)، نماینده بهره‌برداران چاه موظف است ابتدا نامه تعهد آب‌بران را به کارگزار ارائه دهد که شامل موافقت یا مخالفت همه بهره‌برداران چاه به همراه امضای ایشان است. همچنین، نماینده باید تأییدیه نمایندگی خود از طرف بهره‌برداران را با یک معرفی‌نامه محرز کند. تأییدیه نمایندگی باید از سوی یک ارگان عمومی مانند شورای شهر یا روستا، تشکل آب‌بران تأیید شده باشد. ادامه فرآیند عرضه آب مازاد منوط به تکمیل مدارک بالا است.

گام سوم: الزامات کنتور آب

استعلام وضعیت کنتور و بررسی الزامات آن برای ورود به بازار در این مرحله انجام می‌گیرد. برای ورود به بازار علاوه بر کالیبره بودن و صحت عملکرد کنتور، داشتن کنتور با قابلیت قطع ضروری است. در صورتی که کنتور فاقد قطع‌کن باشد نماینده بهره‌برداران ابتدا باید ملزومات مورد نیاز را نصب کند تا ادامه فرآیند عرضه آب در بازار امکان‌پذیر شود.

گام چهارم: تعیین سهم آب قابل فروش در انواع بازارها

- بازار بهره‌وری:

بازار بهره‌وری یا بازار فروش آب بخش کشاورزی به بخش صنعت، بازاری است که در آن کشاورزان می‌توانند با احراز شرایط، اقدام به فروش بخشی از سهم آب مازاد خود به بخش صنعت نمایند. در این بازار فقط سهم آب صرفه‌جویی شده قابل معامله است و فروشنده باید اثبات کند اهداف تخصیص آب را برآورده کرده است. به گونه‌ای که کشاورز باید نشان دهد که تولید محصول سالیانه را انجام داده است و آب عرضه شده ماحصل صرفه جویی است. سقف سهم آب قابل فروش در این بازار ۱۰٪ سهم آب سالیانه، منوط به تعهد انجام بهره‌وری و حفظ حجم تولید، خواهد بود.

- بازار ثانویه:

بازار ثانویه یا بازار فروش بخش کشاورزی به بخش کشاورزی بازاری است که خریدار در این بازار تنها کشاورزان هستند و سقف سهم آب قابل فروش در این بازار توسط هر کشاورز حداکثر ۴۰٪ سهم آب سالیانه است و این عدد به صورت سالیانه تعیین می‌شود.

پس از طی مراحل فوق عرضه کننده می‌تواند درخواست کند بخشی از سهم آب باقی مانده در حساب خود را منوط به سقف قابل فروش به بازار منتقل کند. برای این منظور توسط کارگزاری مجوزی شامل میزان حجم سهم آب قابل واگذاری در بازار بهره‌وری و ثانویه و اطلاعات هدایت الکتریکی نقطه برداشت صادر می‌شود و مجوز صادر شده به مدت شش ماه اعتبار خواهد داشت. همچنین، لازم به ذکر است پس از صدور مجوز، حجم آب عرضه شده از سهم آب سالیانه عرضه کننده در آن سال کسر می‌شود و در صورت عدم واگذاری پس از گذشت شش ماه، آب به حساب عرضه کننده باز نمی‌شود. فلوچارت ورود عرضه کننده به بازار سهم آب مطابق شکل (۳) است.

۲-۳- تابع عرضه آب

تابع عرضه آب عبارت است از رابطه یک به یک میان قیمت آب و حداکثر میزان آبی که عرضه کننده قادر است در قیمت‌های گوناگون به فروش برساند، جهت تخمین عرضه آب به صورت تابعی از قیمت، هزینه‌های تأمین آب و عوامل دیگر، دو شیوه کلی در نظریات اقتصاد وجود دارد (Hasanshahi, 2012): الف- روش استفاده از قیمت و مقادیر تعادلی در بازار، در این روش با استفاده از آمارهای مربوط به میزان آب مصرف شده یا معامله شده در بخش کشاورزی به صورت سری زمانی یا مقطعی به تخمین پارامترهای تابع عرضه آب پرداخته می‌شود. ب- روش هزینه نهایی: در این روش ابتدا هزینه کل تولید آب یا مستقیماً هزینه نهایی آب تخمین و سپس از آن قسمت از هزینه نهایی (MC^4) که بالاتر از حداقل هزینه متغیر متوسط (AVC^5) است، به عنوان عرضه اقتصادی آب، در شرایط رقابت کامل منظور می‌شود. در این مطالعه به دلیل دسترسی به قیمت و مقدار عرضه از روش اول برای تخمین تابع عرضه در هر دو بازار استفاده شده است.

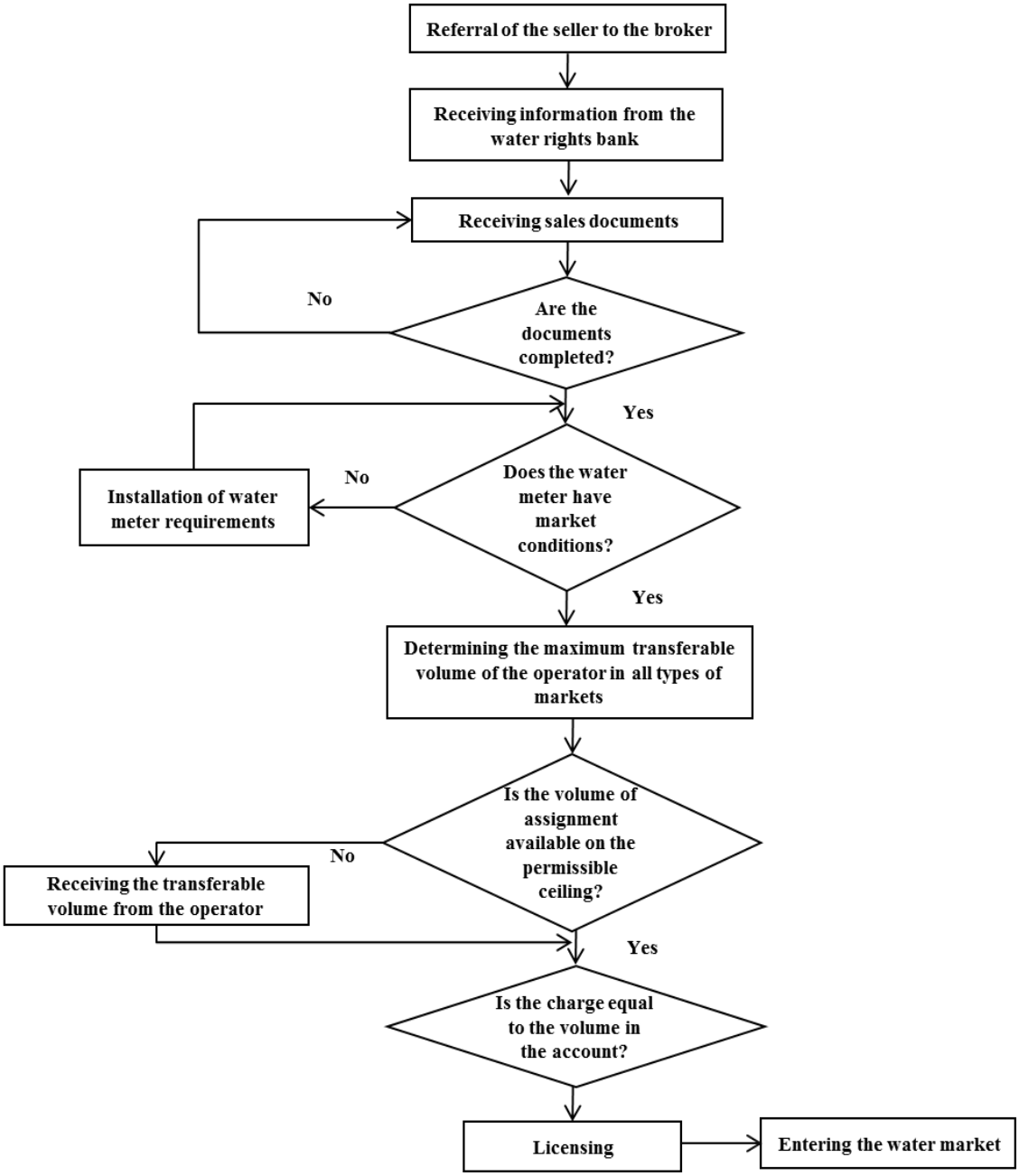

Fig. 3- The process of entering the water right market
شکل ۳- فلوچارت ورود واگذار کننده به بازار سهم آب

۲-۴- روش رگرسیونی حداقل مربعات معمولی[۶] (OLS)

روش حداقل مربعات معمولی ساده‌ترین و مرسوم‌ترین روش در بین روش‌های رگرسیون چند متغیره خطی است. مبنای OLS این است که ضرایب مدل به گونه‌ای برآورد می‌شوند که مجموع مربعات خطا بین مقادیر برآورد شده و مشاهده‌ای برای متغیر وابسته حداقل شود. در واقع مدل رگرسیونی باید دارای کمترین انحراف یا خطا و بیشترین مشابهت با مقادیر مشاهده‌ای متغیر وابسته باشد. روش OLS در حالت چند متغیره به شکل زیر است:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \ldots + \varepsilon \qquad (۱)$$

که y_i متغیر وابسته (برآورد شده)، X_i متغیر مستقل برآورد کننده، β_0 عرض از مبدأ، β_i ضریب مستقل متغیر i و ε_1 بیانگر خطا یا باقی مانده‌های مدل است.

برای اینکه ضرایب متغیرهای توضیحی و باقی مانده‌های تخمین قابل اتکا و صحیح باشند، فرض‌هایی باید رعایت شوند، تا نتیجه برآورد مشکلی نداشته باشد. فروض کلاسیک در رگرسیون عبارتند از:

- میانگین جمله خطا برابر صفر است؛
- واریانس جملات خطا همسان است؛
- بین جملات خطا خودهمبستگی وجود ندارد؛
- کواریانس (همبستگی) جملات خطا با متغیرهای مستقل برابر صفر است؛
- توزیع جملات خطا نرمال است.

در این پژوهش به منظور ارزیابی قدرت پیش‌بینی مدل از ضریب تعیین[۷]، برای بررسی معنی‌داری مدل رگرسیون از آماره F[۸]، برای بررسی عدم وجود خودهمبستگی بین جملات خطا از آماره دوربین واتسون[۹]، برای بررسی واریانس ناهمسانی از آزمون بروش- پاگان[۱۰] و برای آزمون نرمال بودن توزیع جملات خطا از آزمون جارک- برا[۱۱] استفاده شده است.

ضریب تعیین نشان‌دهنده میزان قدرت توضیح‌دهندگی مدل است. این ضریب بین صفر و یک قرار دارد و هرچه به یک نزدیک‌تر باشد، نشان می‌دهد که مدل بهتر توانسته تغییرات متغیر وابسته را با استفاده از متغیرهای مستقل توضیح دهد.

آماره F معناداری مدل را نتیجه می‌دهد، به طوری که اگر مقدار احتمال متناظر با این آماره کم تر از ۰/۰۵ باشد مدل معنادار است. آماره F نشان می‌دهد که مدل به طور کلی معنادار است.

دوربین واتسون برای بررسی خودهمبستگی در باقی مانده‌های مدل استفاده می‌شود. در صورتی که فرضیه استقلال خطاها رد شود و خطاها با یکدیگر همبستگی داشته باشند امکان استفاده از رگرسیون وجود ندارد. مقدار این آماره همواره بین ۰ تا ۴ قرار می‌گیرد. در تحلیل رگرسیون بخصوص زمانی که متغیرها در طول یک فاصله زمانی مورد مطالعه قرار می‌گیرند ممکن است تغییر داده‌ها در طول زمان از الگوی خاصی پیروی کند برای تشخیص این الگو از آزمون دوربین واتسون استفاده می‌شود.

آزمون بروش- پاگان به منظور آزمودن واریانس ناهمسانی در مدل‌های رگرسیون خطی استفاده می‌شود و وابستگی واریانس جملات پسماند بدست آمده از رگرسیون خطی را به مقادیر متغیرهای توضیح دهنده مدل، بررسی می‌کند.

۲-۵- داده‌ها و اطلاعات

در این پژوهش بر اساس مبانی اقتصاد خرد و قوانین بازار برای تخمین تابع عرضه از داده‌های مقطعی حجم آب معامله شده در بازار، قیمت فروش آب، هزینه‌های تولید شامل هزینه‌های تولید محصولات کشاورزی، هزینه‌های نگهداری چاه (لایه‌روبی، کف‌شکنی و جابه جایی) و هزینه سالیانه برق، عمق چاه، ساعت کارکرد، تکنولوژی‌های مورد استفاده شامل نوع پمپ و نوع سیستم آبیاری، میزان سهم آب سالیانه و سطح زیر کشت بهره گرفته شده است. هزینه تولید محصولات زراعی از سازمان جهاد کشاورزی قزوین و سایر اطلاعات ذکر شده از کارگزاری بازار سهم آب از زمان انجام اولین معامله در بازار، تیر ۱۴۰۲، تا آذر ۱۴۰۳ اخذ شده است. تاکنون ۸۰ معامله در بازار سهم آب قزوین صورت گرفته است که ۴۱ معامله در بازار بهره‌وری و ۳۹ معامله در بازار ثانویه بوده است؛ و در این معاملات ۲۹۴۶۱۸۸ متر مکعب آب معامله شده است که از این حجم ۱۹۸۸۳۶۰ متر مکعب در بازار ثانویه و ۹۵۷۸۲۸ متر مکعب در بازار بهره‌وری بوده است. اطلاعات عرضه‌کنندگان شامل مقدار عرضه، قیمت فروش، سطح زیرکشت، میزان سهم آب سالیانه، عمق چاه، نوع سیستم آبیاری، نوع پمپ و ساعت کارکرد چاه در بازارهای بهره‌وری و ثانویه به ترتیب مطابق جدول‌های (۱) و (۲) است.

Table 1- Supplier information in the productivity market

جدول ۱- اطلاعات عرضه کنندگان آب در بازار بهره‌وری

Row	Supply (m^3)	Price (Rial)	Area (ha)	Water right	Depth (m)	Irrigation system	Pump	Time (hr)
1	60588	50000	83	1026190	120	Surface irrigation	Vertical turbine	4673
2	88900	50000	100	760000	130	Pressure irrigation	Buoyancy	3600
3	67376	50000	50	467350	100	Surface irrigation	Vertical turbine	4490
4	89674	50000	30	684835	150	Surface irrigation	Buoyancy	3397
5	100000	50000	100	820000	150	Surface irrigation	Buoyancy	3813
6	10000	50000	35	279000	115	Pressure irrigation	Buoyancy	5000
7	22230	47500	100	760000	130	Pressure irrigation	Buoyancy	3600

Table 1 (continued)- Supplier information in the productivity market

ادامه جدول ۱- اطلاعات عرضه کنندگان آب در بازار بهره‌وری

Row	Supply (m^3)	Price (Rial)	Area (ha)	Water right	Depth (m)	Irrigation system	Pump	Time (hr)
8	44000.8	20000	50	467350	100	Surface irrigation	Vertical turbine	4490
9	65990	20000	100	760000	130	Pressure irrigation	Buoyancy	3600
10	33334	50000	83	1026190	120	Surface irrigation	Vertical turbine	4673
11	11112	50000	100	820000	150	Surface irrigation	Buoyancy	3813
12	57472	48500	18	385070.4	135	Pressure irrigation	Buoyancy	4420
13	57472	48500	25	279338	140	Pressure irrigation	Vertical turbine	3527
14	16666	55000	21	271949	160	Pressure irrigation	Vertical turbine	4542
15	70762.9	42400	18	385070.4	135	Pressure irrigation	Buoyancy	4420
16	90000	43000	83	48150	160	Pressure irrigation	Buoyancy	4450
17	39617	56000	35	279000	115	Pressure irrigation	Buoyancy	5000
18	11905	54000	25	279338	140	Pressure irrigation	Vertical turbine	3527
19	123490	45000	53	543888	140	Pressure irrigation	Buoyancy	3777
20	22223	60000	53	543888	140	Pressure irrigation	Buoyancy	3777
21	37931	43000	25	279338	140	Pressure irrigation	Vertical turbine	3527
22	17050	58000	39	820000	117	Pressure irrigation	Vertical turbine	3155
23	66666	45000	100	820000	150	Surface irrigation	Buoyancy	3813
24	1111	60000	6	83450	100	Surface irrigation	Vertical turbine	3320
25	45977	50000	42	365472	145	Pressure irrigation	Vertical turbine	3525
26	2223	60000	6	83450	100	Surface irrigation	Vertical turbine	3320
27	11000	50000	16	151128	100	Surface irrigation	Buoyancy	4198
28	66666	55000	100	820000	150	Surface irrigation	Buoyancy	3813
29	9000	50000	6	83450	100	Surface irrigation	Vertical turbine	3320
30	39286	40000	39	820000	117	Pressure irrigation	Vertical turbine	3155
31	12000	50000	35	279000	115	Pressure irrigation	Buoyancy	5000
32	61067.5	50000	12	181958.4	170	Surface irrigation	Vertical turbine	4212
33	4100	60000	6	83450	100	Surface irrigation	Vertical turbine	3320
34	61112	50000	100	820000	150	Surface irrigation	Buoyancy	3813
35	11494	56500	6	83450	100	Surface irrigation	Vertical turbine	3320
36	276030.7	32500	136	736992	200	Pressure irrigation	Buoyancy	3412
37	90446	50000	160	750000	160	Surface irrigation	Vertical turbine	3497
38	90720	40000	20	79200	100	Pressure irrigation	Vertical turbine	3500
39	1667	50000	53	543888	140	Pressure irrigation	Buoyancy	3777

Table 2- Supplier information in the secondary market

جدول ۲- اطلاعات عرضه کنندگان آب در بازار ثانویه

Row	Supply (m^3)	Price (Rial)	Area (ha)	Water right	Depth (m)	Irrigation system	Pump	Time (hr)
1	24482.7	127500	18	385070.4	135	Pressure irrigation	Buoyancy	4420
2	131585	137500	82.35	820275	132	Surface irrigation	Buoyancy	3711
3	1112	140000	6	83450	100	Surface irrigation	Vertical turbine	3320
4	1191	137500	18	385070.4	135	Pressure irrigation	Buoyancy	4420
5	5241.76	137500	100	820000	150	Surface irrigation	Buoyancy	3813
6	14450.8	128500	25	154224	130	Surface irrigation	Vertical turbine	4611
7	44444	136000	100	820000	150	Surface irrigation	Buoyancy	3813
8	15000	110000	83	48150	160	Pressure irrigation	Buoyancy	4450
9	33814.62	137500	160	750000	160	Surface irrigation	Vertical turbine	3497
10	8366.4	137500	6	83450	100	Surface irrigation	Vertical turbine	3320
11	22570.99	133000	41.78	365472	145	Pressure irrigation	Vertical turbine	3525
12	22680	137500	20	79200	100	Pressure irrigation	Vertical turbine	3500
13	27194.9	137500	21	271949	160	Pressure irrigation	Vertical turbine	4542
14	54007.68	137500	136	736992	200	Pressure irrigation	Buoyancy	3412
15	10485.936	137500	16	151128	100	Surface irrigation	Buoyancy	4198
16	26975	137500	39	820000	117	Pressure irrigation	Vertical turbine	3155
17	15518	100000	18	385070.4	135	Pressure irrigation	Buoyancy	4420
18	27763.2	133000	71	607000	145	Surface irrigation	Buoyancy	3356
19	11495	110000	24.9	279338	140	Pressure irrigation	Vertical turbine	3527
20	14688	135000	83	1026190	120	Surface irrigation	Vertical turbine	4673
21	11495	135000	41.78	365472	145	Pressure irrigation	Vertical turbine	3525
22	41038	107000	52.9	543888	140	Pressure irrigation	Buoyancy	3777
23	16540.7	105000	18	385070.4	135	Pressure irrigation	Buoyancy	4420
24	17842.3	105000	83	48150	160	Pressure irrigation	Buoyancy	4450
25	16433.8	107000	24.9	279338	140	Pressure irrigation	Vertical turbine	3527
26	70125	133000	59.97	626975	130	Pressure irrigation	Buoyancy	4611
27	15266.88	137500	11.85	181958.4	170	Surface irrigation	Vertical turbine	4212
28	7626	101000	100	820000	150	Surface irrigation	Buoyancy	3813
29	10404	110000	35	279000	115	Pressure irrigation	Buoyancy	5000
30	15000	140000	136	736992	200	Pressure irrigation	Buoyancy	3412
31	19596	110000	100	820000	150	Surface irrigation	Buoyancy	3813
32	3000	140000	6	83450	100	Surface irrigation	Vertical turbine	3320
33	8334	137500	18	385070.4	135	Pressure irrigation	Buoyancy	4420
34	10000	100000	100	820000	150	Surface irrigation	Buoyancy	3813
35	5000	110000	35	279000	115	Pressure irrigation	Buoyancy	5000
36	8334	100000	100	820000	150	Surface irrigation	Buoyancy	3813
37	22156	100000	39	820000	117	Pressure irrigation	Vertical turbine	3155
38	27844.2	100000	50	467350	100	Surface irrigation	Vertical turbine	4490
39	15147	90000	83	1026190	120	Surface irrigation	Vertical turbine	4673
40	44280	120000	100	760000	130	Pressure irrigation	Buoyancy	3600
41	22418	120000	30	684835	150	Surface irrigation	Buoyancy	3397

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تخمین تابع عرضه در بازار بهره‌وری

تابع عرضه در بازار بهره‌وری با استفاده از اطلاعات حجم آب معامله شده در بازار بهره‌وری (S)، قیمت آب (P)، هزینه‌های تولید (CO)، میزان سهم آب سالیانه (WR)، ساعت کارکرد سالیانه (T)، نوع پمپ (PU)، سیستم آبیاری (IS) و سطح زیر کشت (A) در نرم‌افزار آماری Eviews به صورت رابطه (۲) برآورد شده است:

$$S = -5047.159 + 0.272P + 4.802A + 0.023WR + 1.530e - 07CO + 1682.114IS - 8.275T + 2748.380PU \quad (۲)$$

نتایج مدل رگرسیونی برآورد شده مطابق جدول (۳) است. با توجه به احتمال متناظر با آماره F، معنی‌داری کل رگرسیون در سطح ۰/۰۵ پذیرفته می‌شود به عبارتی این فرضیه که تمامی ضرایب متغیرهای مستقل مدل می‌تواند صفر باشد رد می‌شود و مدل رگرسیون معنی‌دار است. مقدار ضریب تعیین مدل نیز بیانگر آن است که ۷۴ درصد تغییرات متغیر وابسته به وسیله متغیرهای مستقل مدل توضیح داده می‌شود که حاکی از قدرت توضیح‌دهندگی بالای مدل است. همچنین آماره دوربین- واتسون ۱/۸۲ است که به معنای عدم خودهمبستگی در باقی مانده‌های مدل است. نتایج بررسی ناهمسانی واریانس باقی مانده‌ها با آزمون بروش- پاگان در جدول (۴) حاکی از عدم رد فرض صفر در سطح ۵ درصد مبنی بر همسانی واریانس جملات خطا است و مطابق شکل (۴) باقی مانده‌ها دارای توزیع نرمال هستند. بنابراین فروض کلاسیک در خصوص مدل برآورد شده برقرار است.

همانطور که در جدول (۳) نشان داده شده است ضرایب قیمت، میزان سهم آب سالیانه و هزینه‌های تولید در سطح ۵ درصد معنی‌دار هستند. بر اساس نتایج بدست آمده، ضریب قیمت در تابع عرضه در بازار بهره‌وری ۰/۲۷۲ است. ضریب مثبت و معنادار قیمت آب در بازار بهره‌وری با تئوری اقتصاد سازگار است و بیانگر این است که اگر قیمت آب یک واحد افزایش یابد، میزان عرضه آن ۰/۲۷۲ برابر افزایش می‌یابد. در بازار سهم آب قزوین هر کشاورز حداکثر ۱۰ درصد از میزان سهم آب سالیانه خود را می‌تواند در بازار بهره‌وری عرضه نماید و این مسئله سبب کاهش انعطاف عرضه کنندگان آب در مقابل تغییر قیمت شده است. به تعبیر دیگر به دلیل محدودیتی که کشاورزان در میزان عرضه آب به بازار بهره‌وری دارند اگر قیمت آب در این بازار چند برابر شود آنان نمی‌توانند میزان عرضه خود را افزایش دهند.

انتظار می‌رفت با افزایش سهم آب سالیانه و افزایش هزینه‌های تولید، میزان عرضه در بازار بهره‌وری افزایش یابد. مثبت و معنی‌دار بودن ضرایب سهم آب سالیانه و هزینه‌های تولید تأیید کننده انتظارات است. افزایش یک واحدی در میزان سهم آب سالیانه و هزینه‌های تولید به ترتیب موجب افزایش ۰/۰۲۳ و ۰/۰۰۰۰۰۰۱۵۳ برابری در میزان عرضه آب می‌شود.

Table 3- Regression model results in the productivity market

جدول ۳- نتایج مدل رگرسیون در بازار بهره‌وری

Variable	Coefficient	Std. Error*	t-Statistic	Prob.**
C	-5047.159	27864.23	-0.181134	0.8574
P	0.271950	0.133512	2.036891	0.0497
A	4.802074	69.55882	0.069036	0.9454
WR	0.023456	0.009440	2.484685	0.0182
CO	1.53E-07	1.85E-08	8.278807	0.0000
IS	1682.114	4244.474	0.396307	0.6944
T	-8.275014	4.234781	-1.954059	0.0592
PU	2748.380	4561.009	0.602582	0.5509

R-squared	0.743243	Mean dependent var	22462.14
Adjusted R-squared	0.688780	S.D. dependent var	22690.08
S.E. of regression***	12658.14	Akaike info criterion	21.90317
Sum squared resid****	5.29E+09	Schwarz criterion	22.23752
Log likelihood	-441.0149	Hannan-Quinn criter.	22.02492
F-statistic	13.64662	Durbin-Watson stat	1.826509
Prob (F-statistic)*****	0.000000		

* Standard Error, ** Probability, *** Standard Error of the regression, **** Sum of squared residuals, ***** Probability (F-statistic)

Table 4- Results of Breusch–Pagan test in the productivity market

جدول ۴- نتایج آزمون بروش- پاگان در بازار بهره‌وری

F-statistic	Observations R-squared	Scaled explained SS*	Prob**. F (7.33)	Prob. Chi-Square (7)	Prob. Chi-Square (7)
2.033831	12.35709	7.783913	0.0801	0.0894	0.3520

* Scaled explained Sum of Squares

** Probability

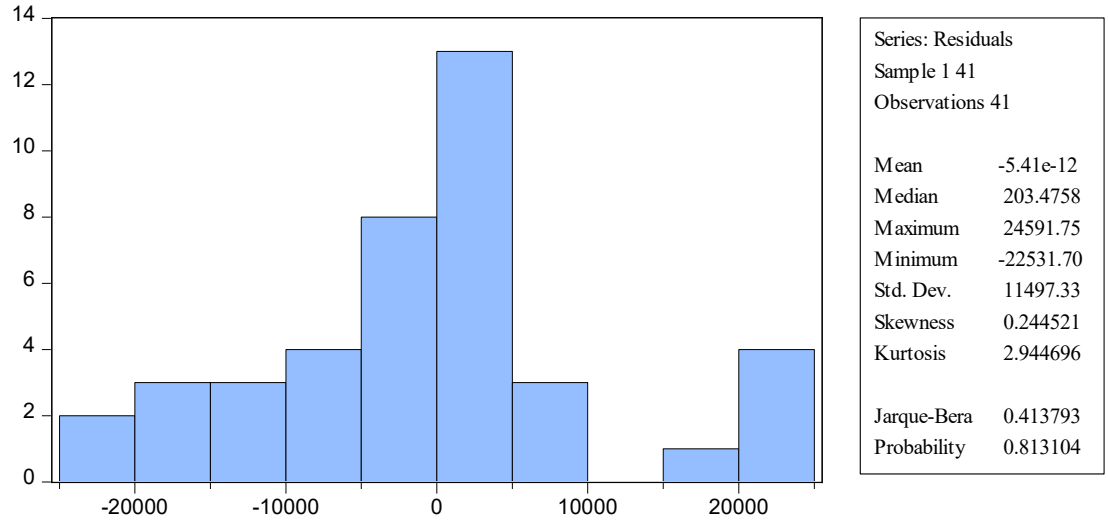

Fig. 4- The results of the normality test of the residuals

شکل ۴- نتایج آزمون نرمال بودن باقی مانده‌ها

۳-۲- تخمین تابع عرضه در بازار ثانویه

تابع عرضه در بازار ثانویه با استفاده از حجم آب معامله شده در بازار ثانویه (S)، قیمت آب (P)، هزینه تولید (CO)، نوع پمپ (PU)، سطح زیر کشت (A)، میزان سهم آب سالیانه (WR)، نوع سیستم آبیاری (IS)، ساعت کارکرد (T) و عمق چاه (D) در نرم‌افزار آماری Eviews به صورت رابطه (۳) برآورد شده است.

$$S = 56751.240 - 2.0464P - 3.514e - 08CO + 2759.364PU + 364.583A - 206.7356IS - 0.023WR - 7.081T + 871.644D \quad (۳)$$

نتایج حاصل از مدل رگرسیونی تخمین زده شده مطابق جدول (۵) است. آماره F، ۴/۵۵۲ و احتمال آن ۰/۰۰۱ گزارش شده است که نشان از معنی‌داری کل رگرسیون است. مقدار ضریب تعیین ۰/۵۴۸ برآورد شده است که نشان می‌دهد حدود ۵۵ درصد از تغییرات متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل توضیح داده می‌شود و بر اساس سه مقدار ۰/۱۹، ۰/۳۳ و ۰/۶۷ که Chin (۱۹۹۸) به عنوان ملاک برای ضعیف، متوسط و قوی بودن ضریب تعیین تعریف کرده است نتایج حاکی از قدرت خوب توضیح‌دهندگی مدل است. آماره دوربین- واتسون ۲/۳۵۳ برآورد شده است که به معنای عدم خودهمبستگی میان باقی مانده‌ها است و آزمون نرمال بودن باقی مانده‌ها در شکل (۵) بیانگر توضیح نرمال باقی مانده‌ها و نتایج بررسی ناهمسانی باقی مانده‌ها با آزمون بروش- پاگان در جدول (۶) حاکی از عدم رد فرض صفر در سطح ۵ درصد مبنی بر همسانی واریانس جملات خطا است. بنابراین فروض کلاسیک در رگرسیون تخمین زده برقرار است.

نتایج نشان می‌دهد ضریب قیمت در بازار ثانویه منفی، معنی‌دار و معادل ۲/۰۴۶- است. در واقع میان حجم عرضه و قیمت آب در بازار ثانویه رابطه معکوس وجود دارد. بر اساس مبانی اقتصادی انتظار می‌رود میزان عرضه با افزایش قیمت افزایش یابد؛ اما در بازار ثانویه به دلیل قوانین حاکم رابطه معکوس وجود دارد. بررسی بازار ثانویه نشان می‌دهد حجم تقاضای آب کمتر از حجم عرضه است و از طرف دیگر عرضه‌کنندگان محدودیت زمانی شش ماهه برای عرضه آب دارند. به عبارت دیگر از زمان صدور مجوز عرضه آب، میزان سهم آب اعلام شده برای عرضه در بازار از سهم آب سالیانه کشاورزان در آن

سال کسر می‌شود و پس از گذشت شش ماه در صورت عدم واگذاری، دیگر آب به حساب بانک سهم آب عرضه کننده برنمی‌شود و از طرف دیگر سهم آب سالیانه هر چاه قابلیت ذخیره ندارد و به سال آتی انتقال نمی‌یابد بنابراین عرضه کنندگان در صورت عدم واگذاری آب در بازار، درآمدی از آب صرفه‌جویی شده کسب نمی‌کنند به همین خاطر آنان تمایل به واگذاری آب به قیمت پایین‌تر دارند. بنابراین از یک طرف کمتر بودن حجم تقاضا از حجم عرضه در بازار ثانویه و از طرف دیگر محدودیت زمانی سبب منفی شدن ضریب قیمت شده است و همانطور که مدل تخمین زده نشان می‌دهد یک واحد کاهش در قیمت باعث ۲/۰۴۶ برابر شدن مقدار عرضه می‌شود.

ضریب مثبت و معنی‌دار عمق چاه به این مفهوم است که با افزایش یک واحدی عمق چاه میزان عرضه ۸۷۱ برابر در بازار ثانویه افزایش می‌یابد که این امر دور از انتظار نبوده است چراکه افزایش عمق چاه سبب افزایش هزینه‌های استحصال آب می‌شود.

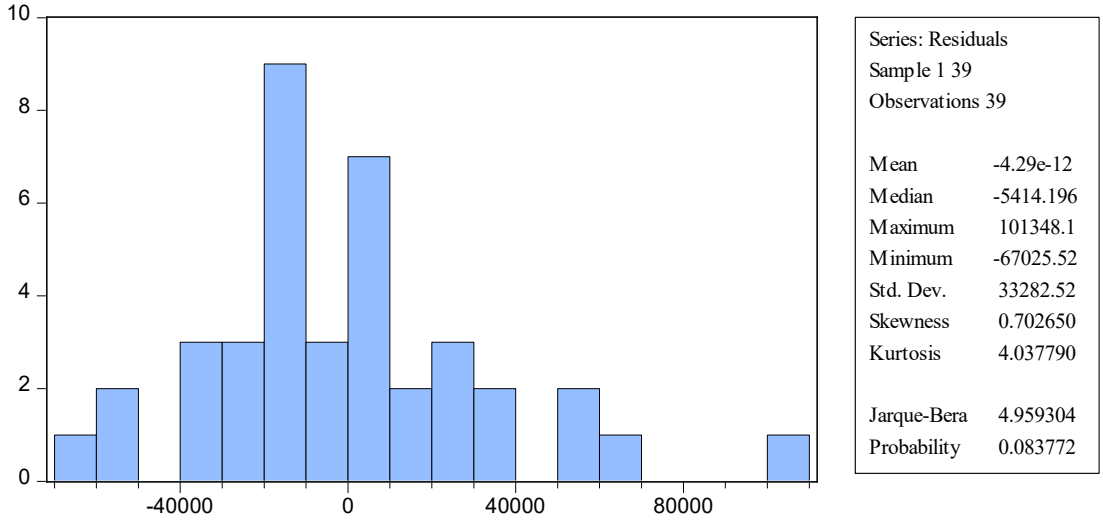

Fig. 5- The results of the normality test of the residuals

شکل ۵- نتایج آزمون نرمال بودن باقی مانده‌ها

Table 5- Regression model results in the secondary market

جدول ۵- نتایج مدل رگرسیون در بازار ثانویه

Variable	Coefficient	Std. Error*	t-Statistic	Prob.**
C	56751.24	75932.74	0.747388	0.4606
P	-2.046469	0.812133	-2.519871	0.0173
CO	-3.51E-08	8.47E-08	-0.415017	0.6811
PU	2759.364	14434.99	0.191158	0.8497
A	364.5827	295.4687	1.233913	0.2268
IS	-206.7357	13966.62	-0.014802	0.9883
WR	-0.023322	0.031505	-0.740271	0.4649
D	871.6440	343.8987	2.534595	0.0167
T	-7.081180	12.21650	-0.579641	0.5665
R-squared	0.548322	Mean dependent var		50983.59
Adjusted R-squared	0.427874	S.D. dependent var		49522.40
S.E. of regression***	37458.24	Akaike info criterion		24.09902
Sum squared resid****	4.21E+10	Schwarz criterion		24.48291
Log likelihood	-460.9308	Hannan-Quinn criter.		24.23675
F-statistic	4.552373	Durbin-Watson stat		2.352811
Prob (F-statistic)*****	0.001046			

* Standard Error, ** Probability, *** Standard Error of the regression, **** Sum of squared residuals, ***** Probability (F-statistic)

Table 6- Results of Breusch–Pagan test in the secondary market
جدول ۶- نتایج آزمون بروش- پاگان در بازار ثانویه

F-statistic	Observations ×R-squared	Scaled explained SS*	Prob**. F (7,31)	Prob. Chi-Square (7)	Prob. Chi-Square (7)
1.744903	12.38443	11.13056	0.1286	0.1349	0.1944

* Scaled explained Sum of Squares
** Probability

۴- نتیجه‌گیری

برداشت بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی به علت عدم مدیریت صحیح منجر به کاهش سطح آب‌های زیرزمینی در بخش‌های زیادی از کشور شده است و از آنجایی که اقتصاد کشور تا حدود زیادی بر پایه کشاورزی است و کشاورزی نیز وابسته به آب است، کاهش سطح آب‌های زیرزمینی رفاه کشاورزان و اقتصاد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به منظور افزایش بهره‌وری و حفظ منابع آب زیرزمینی، بازار سهم آب در استان قزوین تشکیل شده است. هدف از این مطالعه بررسی سازوکار عرضه آب در بازار سهم آب و برآورد تابع عرضه در بازارهای ثانویه و بهره‌وری است. نتایج برآورد تابع عرضه در بازار بهره‌وری نشان می‌دهد میزان عرضه در این بازار علاوه بر قیمت دارای رابطه معنی‌داری با هزینه‌های تولید و میزان سهم آب سالیانه است. در واقع کشاورزان علاوه بر قیمت فروش برای جبران هزینه‌های تولید بسته به میزان سهم آب سالیانه وارد بازار بهره‌وری می‌شوند و ضریب قیمت در این بازار ۰/۲۷۲ است که سازگار با اصول اقتصادی است؛ اما بررسی تابع عرضه در بازار ثانویه بیانگر این است که مقدار عرضه رابطه معنی‌داری با قیمت و عمق چاه دارد. ضریب قیمت آب در بازار ثانویه منفی و معادل ۲/۰۴۶- است. منفی بودن ضریب قیمت آب از یک طرف به دلیل محدودیت زمانی است که کشاورزان برای واگذاری سهم آب خود در بازار دارند و از طرف دیگر کمتر بودن حجم تقاضا آب از حجم عرضه شده در بازار ثانویه است. محدودیت زمانی و کم بودن حجم تقاضا سبب ایجاد ریسک برای کشاورزان برای ورود به بازار ثانویه می‌شود و پیش‌بینی می‌شود در صورت عدم کسب درآمد از حجم آب عرضه شده در بازار ثانویه، کشاورزان مجدداً وارد بازار ثانویه نمی‌شوند و به کشت محصولات آب‌بر می‌پردازند بنابراین لازم است قوانین عرضه آب در بازار ثانویه بازنگری شود و توصیه می‌شود مدت زمان مجوزهای عرضه از شش ماه به یکسال تغییر کند تا احتمال فروش آب بیشتر شود. نتایج این پژوهش قابل مقایسه با پژوهش Hasanshahi (2012) است، در هر دو پژوهش به برآورد تابع عرضه آب زیرزمینی پرداخته شده است؛ اما در پژوهش Hasanshahi (2012) از روش هزینه نهایی و در این پژوهش از روش استفاده از قیمت و مقادیر تعادلی در بازار برای برآورد تابع عرضه استفاده شده است. همچنین، ضریب قیمت در پژوهش Hasanshahi (2012) مثبت اما در این پژوهش ضریب قیمت در بازار بهره‌وری منفی و در بازار ثانویه مثبت برآورد شده است. پیشنهاد می‌شود علت کمتر بودن حجم تقاضا از حجم عرضه در بازار ثانویه بررسی شود و یکی از دلایل کمتر بودن حجم تقاضا از حجم عرضه می‌تواند قیمت آب در بازار ثانویه باشد؛ بنابراین توصیه می‌شود در پژوهشی به برآورد قیمت تعادلی آب در بازار ثانویه پرداخته شود.

پی‌نوشت‌ها

1- Positive Mathematical Programming
2- State Wide Agricultural Production Function
3- Joint-Probabilistic Interval Multistage Programming
4- Marginal Cost
5- Average Variable Cost
6- Ordinary Least Squares
7- R-squared
8- Prob (F-statistic)
9- Durbin–Watson
10- Breusch–Pagan Test
11- Jarque–Bera Test

۵- مراجع

Ahmadi A, Zolfagharipoor M, Nikouei A, Dorreali M (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)

Badi Barzin H, Khamri E, Fari Moghadam Z, Parhizkari A (2018) The effects of regional water markets formation on balancing the supply and demand of irrigation water in the Sistan Region. Iran-Water Resources Research 14(3):253-256 (In Persian)

Bohlolvand A, Sadr S K, Hashemi A (2014) The role of agricultural water markets in the allocation and pricing of water resources (Case study: Mojen Water market). Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research 45(4):761-773 (In Persian)

Chin W W (1998) Commentary: Issues and opinion on structural equation modeling. MIS quarterly, vii-xvi.

Esmaelnia Balagatabi F, Sarlak A, Ghaffari H (2018) Investigating the economic and welfare effects of the water market: A positive mathematical programming model approach. Economic Modelling 12(42):119-136 (In Persian)

Hanouz M D, Collins A, Marti G, Browne C, Di Battista A, Shaw K, Verin S (2017) The global risks report 2017. In The World Economic Forum: Geneva, Switzerland (pp. 91-93)

Hasanshahi M (2012) Estimation of the economic supply function of water in the agricultural sector A case study of Arsanjan-Fars city. Journal of English Studies 2(3):81-94 (In Persian)

Hashemi M, Mazandarani zadeh H, Daneshkare Arasteh P, Zarghami M (2020) Evaluation of management policies to simultaneously maintain groundwater resources and farmers' livelihoods Using the System dynamics and Game Theory. *Iran-Water Resources Research 16*(3):1-17 (In Persian)

Heydarzadeh H, Mirghasemi S H, Barqamadi M (2024) Analytical note: Experimental implementation of the water market in the study area of Khaf, Razavi Khorasan province. Journal of Water and Sustainable Development 11(2):118-119 (In Persian)

Howitt R, Medellín-Azuara J, MacEwan D, Lund J R, Sumner D (2015) Economic analysis of the 2014 drought for California agriculture (p. 16). University of California, Davis, CA: Center for Watershed Sciences.

Moghaddam N, Kholghi M (2025) Simultaneous assessment of groundwater level changes and salinity (Case study: Qazvin Plain). Professional Promoting Scientific Journal of Aquifer 16(1) (In Persian)

Mazandarani Zadeh H, Hoseini M (2023) Investigating the effect of agricultural product price forecasting on groundwater level using systems dynamics, in order to simultaneously maintain the welfare of farmers and groundwater resources. Iranian Journal of Soil and Water Research 53(11):2565-2582 (In Persian)

Mohseni S, Zare Mehrjerdi M R, Abdollahi M, Mehrabii Boshr Abadi H (2023) Agricultural water pricing under conditions of uncertainty (Case study: Rafsanjan-Anar plain). Irrigation and Water Engineering 13(4):329-346 (In Persian)

Naderi S, Moridi A (2024) Assessing the sustainability of water and agriculture security by analyzing the decoupling of agriculture economics from groundwater withdrawal. Water and Irrigation Management 14(3):543-565 (In Persian)

Nourani L, Mousavi N, Shirvanian A (2022) Economic impact assessment of agricultural water market formation in irrigation network of Ramjerd Plain in Iran. Agricultural Economics and Development 29(4):177-204 (In Persian)

Parhizkari A, Yavari Q, Mahmoodi A, Bakhshi Khaniki Q (2022) Evaluation of the potential effects of establishing a local water market in the face of drought and water shortage in Tehran Province. Iran-Water Resources Research 17(4):192-210 (In Persian)

Sapino F, Pérez-Blanco C D, Gutiérrez-Martín C, Frontuto V (2020) An ensemble experiment of mathematical programming models to assess socio-economic effects of agricultural water pricing reform in the Piedmont Region, Italy. Journal of Environmental Management 267:110645

Shabani Rouchi Z, Yazdani S, Moghaddasi R (2022) Feasibility study of water market design with conditional evaluation approach (Case Study:

Hashtgerd Plain, Alborz Province). Iranian Journal of Soil and Water Research 53(1):159-169 (In Persian)

Shabani rouchi Z, Yazdani S, Moghaddasi R (2024) 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. Agricultural Economics and Development 31(4):73-101 (In Persian)

Shirzadi Laskookalayeh S, Ghaderi Nejad P, Nematolahi Z (2022) The effect of water pricing on water consumption of Iranian crops. Agricultural Economics 16(2):1-25 (In Persian)

Yazdani V, Mansourian H (2019) The assessment vulnerability of Qazvin-plain aquifer, sensitivity

analysis removing parameters by using GIS. Irrigation and Water Engineering 10(2):127-145 (In Persian)

Zarei Ghorkhodi A, Shahnazari A (2024) Evaluating the impact of creating a water market on improving productivity using a mathematical programming model (Case study: Tajen watershed). Water and Irrigation Management 14(1):207-221 (In Persian)

Zeng X T, Li Y P, Huang G H, Liu J (2016) Modeling water trading under uncertainty for supporting water resources management in an arid region. Journal of Water Resources Planning and Management 142(2):04015058