Agricultural Economics and Development
Vol.31, No.123, Autumn 2023

Research Paper

Analyzing the Impact of Increased Water Price on Response of Farmers and Crop Patterns in Varamin Plain of Iran

S. Ravasizadeh [1], V. Ansari [2], H. Salami [3], Gh.R. Peykani Machiani [4]

Received: 3 March, 2023 Accepted: 4 July, 2023

Introduction: Among the critically forbidden plains of Tehran province, Varamin plain is more critical. The agricultural sector in this plain consumes more than 80 percent of the underground water resources. In the Varamin plain, most farmers tend to use traditional irrigation methods such as flood and leaky irrigation to irrigate their lands. According to economists, the reason for the low efficiency of irrigation and the loss of water resources in this sector, which has led to the current situation of the Varamin plain, is the low price of water compared to the other inputs. Therefore, it is essential to review the current method of water pricing and determine the reasonable water price in this plain. So, this study was conducted to answer these questions: What is the economic value of water in the Varanin plain? How can a change in water price affect the crop pattern and the farmers' profit? What are the responses of farmers to changing the price of this input? How much can a rise in water prices save the water input? Answering these questions can be a step towards modifying the pattern of water consumption in the Varamin plain. Therefore, this study aimed at calculating the economic value of the water and then, analyzing the impact of an increase in water price on farmers' reactions and the crop pattern in the Varamin plain.

1. PhD Student in Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Alborz, Karaj, Iran.
2. corresponding author. Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Alborz, Karaj, Iran (vansari@ut.ac.ir).
3. Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Alborz, Karaj, Iran.
4. Associate Professor, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Alborz, Karaj, Iran.

DOI: 10.30490/AEAD.2023.361664.1504

Materials and Methods: The economic value of water was estimated through two methods: calculating the residual value by subtracting the cost of all inputs except water from the income for each product and evaluating the shadow price of water using Positive Mathematical Programming (PMP). Then, the impacts of water price changes on the crop pattern, water consumption, and farmers' profits were estimated using PMP model. The water demand function and water elasticity also were estimated by a stepwise increase of 5 percent in the water price in the third stage of the PMP model. The required data was collected by completing 120 questionnaires using the stratified sampling method and proportional allocation from the farmers of three cities in the Varamin plain including Varamin, Pishva and Pakdasht in the cropping year of 2019-2020. The data were collected for six crops (wheat, barley, corn, alfalfa, cucumber, and tomato), including the quantity and price of production and the quantity and price of inputs (land, seed, fertilizers, pesticide, water, labor, and machinery) in the concerned cities.

Conclusions: The weighted average of each cubic meter of water using the residual value as well as the shadow price methods were equal to 35769.8 and 23917.6 IRI rials, respectively. This result shows a big difference between the economic value and the price paid by farmers, which is between seven to ten-folds. The results of estimating the demand function of water showed that the water demand elasticity was equal to zero up to the price of 27386.1 IRI rials. At higher prices, the farmers responded to the increase in water price, and the elasticity of water demand was equal to -2.15 on average. Based on the results, the shadow price of water obtained from PMP model (23917.6 IRI rials) does not affect the crop pattern and the water consumption, although it reduces farmers' profit by 48.66 percent. The economic price of water obtained using residual value method (23917.6 IRI rials) causes a decrease of 36.84 percent in the cultivated area, a 25.24 percent reduction in the water consumption, and a 74.59 percent reduction in the profit. Most of the change in the cultivated area was related to barley. Although, this crop consumes less water per hectare than other crops, the share of water cost per kilogram of barley is higher than the other products. After barley, the cultivated area of wheat, alfalfa, corn, cucumber, and tomato would respectively decrease for the same reason.

Results and Discussion: The results showed that applying the policy of increasing the price of water up to its economic value led to a decrease in farmers' profits and might reduce their motivation in production. In addition, applying this policy suddenly can lead to adverse reactions such as resistance and avoidance of paying this water price, social tensions, and public discontent. Therefore,

gradually adjusting and increasing water prices for a long time was suggested. By adopting this policy, gradually, agricultural water consumption would decrease, and the cropping pattern would shift toward water-saving crops.

Keywords: *Agricultural Water Demand, Agricultural Water Price, Crop Pattern, Positive Mathematical Programming (PMP), Varamin (Plain).*

JEL Classification: C61, Q18, Q11, Q25, D21

اقتصاد کشاورزی و توسعه

سال ۳۱، شماره ۱۲۳، پاییز ۱۴۰۲

مقاله پژوهشی

تحلیل تأثیر افزایش قیمت آب بر واکنش کشاورزان و الگوی کشت محصولات کشاورزی دشت ورامین

سپیده رواسی زاده[۱]، وحیده انصاری[۲]، حبیب اله سلامی[۳]، غلامرضا پیکانی ماچیانی[۴]*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۳

چکیده

در دشت ممنوعه بحرانی ورامین، بیش از هشتاد درصد از منابع آب زیرزمینی به مصارف بخش کشاورزی می‌رسد و اغلب کشاورزان از آبیاری سنتی استفاده می‌کنند. از نظر کارشناسان، یکی از علل راندمان پایین آبیاری و اتلاف منابع آب در این بخش پایین بودن قیمت نهاده آب نسبت به سایر نهاده‌هاست. هدف مطالعهٔ حاضر تحلیل تأثیر افزایش قیمت آب بر واکنش کشاورزان و الگوی کشت محصولات دشت ورامین بود. بدین منظور، ابتدا ارزش اقتصادی نهاده آب از دو طریق ارزش پسماند و قیمت سایه‌ای محاسبه شد و سپس، با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)، تحلیل کشش تقاضای آب و تأثیر تغییر قیمت آب بر الگوی کشت صورت گرفت. داده‌های پژوهش از طریق تکمیل پرسشنامه در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ جمع‌آوری شد. نتایج مطالعه نشان داد که ارزش اقتصادی نهاده آب بین هفت تا ده برابر قیمت دریافتی از کشاورزان است؛ همچنین، در قیمت‌های پایین نهاده آب، کشش تقاضا برای این نهاده صفر است و در قیمت‌های بالا، اعمال سیاست افزایش قیمت آب منجر به کاهش سود کشاورزان شده و ممکن است از انگیزه آنها برای تولید بکاهد. از این‌رو، اعمال

۱- دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۲- نویسندهٔ مسئول و استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
(vansari@ut.ac.ir)

۳- استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۴- دانشیار اقتصاد کشاورزی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

یکبارهٔ این سیاست می‌تواند منجر به واکنش‌های منفی از جمله تنش‌های اجتماعی شود. از این‌رو، توصیه می‌شود که تعدیل و افزایش قیمت نهاده آب به‌صورت تدریجی در بلندمدت صورت گیرد تا مصرف این نهاده اصلاح شود و الگوی کشت به سمت محصولاتی سوق یابد که آب کمتری مصرف می‌کنند.

کلیدواژه‌ها: *الگوی کشت، برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)، تقاضای آب کشاورزی، قیمت آب کشاورزی، ورامین (دشت).*

طبقه‌بندی JEL : Q61، Q18، Q11، Q25، D21

مقدمه

دشت ورامین از دشت‌های ممنوعه بحرانی استان تهران بوده که با دارا بودن رتبه هفتم در میزان کسری مخازن در کشور و رتبه هجدهم در میزان افت متوسط سالانه سطح ذخایر آب‌های زیرزمینی در کشور، نسبت به دو دشت ممنوعه بحرانی دیگر این استان (تهران–کرج و هومند–آبسرد) وضعیت بحرانی‌تری دارد (IWRMC, 2019). در این دشت، منابع آب به‌صورت زیرزمینی و سطحی وجود داشته و بیشترین منابع آب موجود را منابع آب زیرزمینی تشکیل داده است. بر پایهٔ گزارش شرکت مدیریت منابع آب کشور (IWRMC, 2018)، در بین بخش‌های شرب، صنعت و کشاورزی، بخش کشاورزی در دشت ورامین بیش از هشتاد درصد از منابع آب زیرزمینی و صد درصد از منابع آب سطحی را مصرف می‌کند.

بر اثر راندمان پایین آبیاری در بخش کشاورزی[۱] و اضافه برداشت بیش از حد از این منابع، میانگین تجمعی تغییر حجم آبخوان و سطح تغییر ایستابی در دشت ورامین از سال ۱۳۷۵ روند کاهشی زیادی داشته، که گویای وضعیت بحرانی منابع آب زیرزمینی در این دشت است (IWRMC, 2018). به گفته کارشناسان، با توجه به پایین بودن قیمت نسبی نهاده آب در مقایسه با سایر نهاده‌های به‌کار گرفته‌شده در تولید محصولات کشاورزی، انگیزه لازم برای جایگزینی فناوری‌های دارای راندمان بیشتر در مصرف آب و به‌اصطلاح فناوری‌های آب‌اندوز فراهم نیست و روش‌های سنتی آبیاری و تأسیسات انتقال آب به‌کار گرفته‌شده در این منطقه سبب اتلاف قابل توجه منابع آب در این بخش می‌شود. به دیگر سخن، به باور کارشناسان، علت راندمان پایین آبیاری و اتلاف منابع آب در این بخش که منجر به وضعیت کنونی دشت شده، پایین بودن قیمت نهاده آب نسبت به سایر نهاده‌هاست. پژوهشگرانی مانند محمدجانی و

۱- بر اساس مطالعه عباسی و همکاران (Abbasi et al., 2017)، راندمان آبیاری در بخش کشاورزی ایران بین ۲۲/۵ تا ۸۵/۵ درصد و به‌طور متوسط، ۵۶ درصد است.

یزدانیان (Mohammadjani and Yazdanian, 2015)، جلیل‌پیران (Jalilpiran, 2012) و حسین‌زاد (Hosseinzad, 2004) نیز به همین موضوع اشاره کرده‌اند. از این‌رو، بازنگری در روش‌های کنونی قیمت‌گذاری نهاده آب و تعیین قیمت مناسب نهاده آب در این دشت دارای اهمیت است. افزون بر این، تحلیل واکنش کشاورزان نسبت به تغییر قیمت آب نیز ضروری است تا مشخص شود که با اجرای سیاست افزایش قیمت آب، تا چه حد امکان تعدیل الگوی کشت و کاهش مصرف آب وجود دارد. بنابراین، سؤالات پژوهش حاضر عبارت‌اند از: «ارزش اقتصادی نهاده آب در دشت ورامین به چه میزان است؟»، «واکنش کشاورزان به افزایش قیمت این نهاده از لحاظ میزان مصرف آب چگونه است» و به دیگر سخن، «کشش قیمتی تقاضای نهاده آب به چه میزان است؟»، «افزایش قیمت آب به چه میزان می‌تواند سبب صرفه‌جویی در مصرف این نهاده شود؟» و «تغییر قیمت آب چگونه می‌تواند روی الگوی کشت و سودآوری کشاورزان دشت ورامین تأثیر بگذارد؟». پاسخ به پرسش‌های مطرح‌شده می‌تواند گامی در راستای اصلاح الگوی مصرف آب در دشت ورامین باشد تا با مدیریت منابع، بتوان به ایجاد تعادل بیلان این دشت ممنوعه بحرانی کمک کند.

با توجه به اهمیت موضوع قیمت‌گذاری آب و تأثیرگذاری آن بر الگوی کشت کشاورزان، بررسی ادبیات موضوع بیانگر آن است که پژوهش‌های زیادی در مقاطع زمانی متفاوت و با استفاده از روش‌های گوناگون به بررسی ابعادی خاص از آن پرداخته‌اند. در میان مطالعات خارجی، از جمله مطالعاتی که صرفاً به تعیین قیمت آب پرداخته‌اند، می‌توان به پاره‌ای از پژوهش‌ها اشاره کرد که در پی، تشریح می‌شوند.

در مطالعه عبدالحافظ و همکاران (Abdelhafidh et al., 2022)، تمایل به پرداخت[1] کشاورزان برای استفاده از منابع آب زیرزمینی با بهره‌گیری از ارزش‌گذاری مشروط[2] در شمال تونس برآورد شد. بر اساس نتایج این مطالعه، میزان تمایل به پرداخت به‌طور متوسط ۶۳/۳ درصد بیش از قیمت فعلی پرداختی برای منابع آب زیرزمینی بود. رودریگز و همکاران (Rodrigues et al., 2021) به تعیین ارزش اقتصادی نهاده آب با استفاده از روش ارزش پسماند[3] برای محصولات کشاورزی در منطقه آلنتجو[4] (جنوب پرتغال) پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که در بین محصولات مورد بررسی، بالاترین ارزش اقتصادی آب مربوط به محصولات باغی و صیفی است. مو و همکاران (Mu et al., 2019)، با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط دوگانه دو بعدی[5]، میزان تمایل به پرداخت نهاده آب

1. Willingness to Pay (WTP)
2. Contingent Valuation (CV)
3. residual method
4. Alentejo
5. double-bounded dichotomous choice contingent valuation

برای محصولات کشاورزی در شمال غرب چین را محاسبه کردند. در این مطالعه، ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب معادل ۰/۱۴۴ رنمینبی[۱] تعیین شد. همچنین، میسا- هورادو و همکاران (Mesa-Jurado et al., 2012) ارزش اقتصادی آب باغداران زیتون‌کار جنوب اسپانیا را با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط (CV) بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که باغداران، برای بهره‌مندی از آب کافی، حاضرند ده تا بیست درصد بیش از پرداخت کنونی خود به تشکل‌های تأمین آب آبیاری بپردازند. بربل و همکاران (Berbel et al., 2011)، با بهره‌گیری از روش ارزش پسماند، به ارزش‌گذاری آب مورد استفاده در جنوب اسپانیا پرداختند. نتایج این مطالعه بیانگر آن است که نهاده آب دارای بیشترین سهم (۶۲ درصد) از کل ارزش افزوده ناخالص است و اختلاف زیادی بین ارزش پسماند و ارزش دریافتی وجود دارد. مدلین- آزوارا و همکاران (Medellín-Azuara et al., 2009)، با استفاده از قیمت سایه‌ای[۲] در روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت[۳]، به ارزیابی اقتصادی آب آبیاری در سه منطقه شمالی باجا کالیفرنیا[۴]پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان‌دهنده آن است که ارزش اقتصادی نهایی آب حداقل ۶/۲ برابر قیمت پرداختی توسط بهره‌برداران است.

در مطالعات داخلی نیز قبایی و موسایی (Ghabaei and Mousaei, 2022)، با استفاده از توابع تولید، به تعیین ارزش اقتصادی آب در باغ‌های گچساران در سال ۱۳۹۶ پرداختند. در این مطالعه، ارزش اقتصادی آب برابر با ۵۸۵/۰۶۰ ریال در هر مترمکعب تعیین شد. تعذری و همکاران (Tazzori et al., 2021)، با استفاده از توابع تولید و هزینه تمام‌شده[۵]، ارزش اقتصادی آب در شبکه آبیاری قزوین را تعیین کردند. در این پژوهش، متوسط وزنی ارزش اقتصادی آب و هزینه تمام‌شده آب، به‌ترتیب، برابر با ۲۷۳۱ و ۱۷۶۶ ریال در هر مترمکعب به‌دست آمد. حسن‌لی و همکاران (Hassanli et al., 2020)، با استفاده از روش پسماند، به تعیین ارزش اقتصادی آب چاه برای محصولات کشاورزی شهرستان ورامین در سال زراعی ۱۳۹۵-۹۶ پرداختند. در این مطالعه، ارزش اقتصادی آب برای محصولات صیفی، گندم، جو و یونجه، به‌ترتیب، برابر با ۲۵۱۳/۱، ۵۳۳۴/۵، ۱۹۳۳۰/۰ و ۵۶۴۷/۶ ریال در هر مترمکعب محاسبه شد. موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2019) ارزش اقتصادی آب را با استفاده از قیمت سایه‌ای به‌دست‌آمده در روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) در کشت گلخانه‌ای دشت قزوین برای هر مترمکعب آب معادل

۱- Renminbi؛ نام رسمی ارزی است که جمهوری خلق چین، در بدو تأسیس آن در سال ۱۹۴۹، معرفی کرده و معنی تحت‌اللفظی آن «ارز مردم» است که به‌صورت مخفف RMB نوشته می‌شود.

2. shadow price
3. Positive Mathematical Programming (PMP)
4. Baja California
5. cost price

۲۴۷۳۰ ریال برآورد کردند. نبی‌زاده ذوالپیرانی و همکاران (Nabizadeh Zolpirani et al., 2018)، با استفاده از تابع تولید، به محاسبهٔ هزینهٔ تمام‌شده و ارزش اقتصادی آب در اراضی زراعی زیر پوشش آب‌بندان‌های منتخب در محدوده پروژه البرز در استان مازندران پرداختند. نتایج این مطالعه حاکی از بیشتر بودن ارزش اقتصادی آب از هزینه تمام‌شده آن و تفاوت بسیار زیاد هر دو آنها با آب‌بهای پرداختی کشاورزان بود. تهامی‌پور و یزدانی (Tahamipour and Yazdani, 2017)، نخست، با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی خطی[1]، به برآورد قیمت سایه‌ای آب برای کشاورزان حوضه‌های آبریز استان کهگیلویه و بویراحمد و سپس، با استفاده از روش اقتصاد مهندسی، به محاسبهٔ هزینهٔ تمام‌شدهٔ آب سر مزرعه برای سد کوثر پرداختند. نتایج مطالعه نشان داد که قیمت سایه‌ای هر مترمکعب آب کشاورزی کمتر از هزینه تمام‌شده آن است. گلزاری و همکاران (Golzari et al., 2017)، با بهره‌گیری از رهیافت تابع تولید، ارزش اقتصادی آب کشاورزی در مزارع گندم شهرستان گرگان در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ را معادل ۱۵۶۴/۵ ریال در هر مترمکعب برآورد کردند. تهامی‌پور و همکاران (Tahamipour et al., 2015)، با بهره‌گیری از روش محاسبه هزینه تمام‌شده و برآورد تابع تولید برای محصولات گندم، سویا و گوجه‌فرنگی در استان گلستان، به تعیین ارزش اقتصادی آب پرداختند؛ نتایج نشان داد که میانگین وزنی ارزش اقتصادی به‌دست‌آمده از برآورد تابع تولید و هزینه‌های تأمین آب آبیاری در این استان، به‌ترتیب، ۱۷۹۵ و ۱۳۹۹ ریال در مترمکعب است. همچنین، در مطالعه انصاری و میرزایی (Ansari and Mirzaee, 2015)، ارزش اقتصادی آب در تولید محصول چغندرقند در شهرستان نیشابور با استفاده از تابع تولید ترانسلوگ[2] بر اساس قیمت‌های سال ۱۳۸۹، معادل ۱۴۳۰/۵ در هر مترمکعب محاسبه شد که تفاوتی عمده با قیمت پرداختی کشاورزان دارد. همان‌گونه که مرور مطالعات تعیین ارزش اقتصادی آب نشان داد، در مطالعات داخلی و خارجی پیشین، اختلاف قابل توجهی بین ارزش اقتصادی نهاده آب با قیمت پرداختی کشاورزان وجود دارد.

در ادبیات موضوع، مطالعات قابل توجهی نیز علاوه بر تعیین قیمت آب، به بررسی تأثیر آن بر الگوی کشت کشاورزان پرداخته‌اند. در همین راستا، در بین مطالعات خارجی، مو و همکاران (Mu et al., 2023)، با استفاده از الگوی PMP، به بررسی اثر افزایش قیمت آب بر الگوی کشت کشاورزان حوزه رودخانه وی[3] در سال ۲۰۲۲ پرداختند. نتایج این مطالعه بیانگر آن است که با افزایش قیمت آب، ساختار الگوی کشت در این منطقه تغییر نمی‌کند و کشش تقاضای آب افزایش می‌یابد. اولمان و همکاران

1. Linear Programming (LP)
2. translog
3. Wei River Basin

(Oulmane et al., 2019) نیز با استفاده از الگوی PMP، به بررسی اثر افزایش قیمت نهاده آب بر الگوی کشت کشاورزان منطقه جیجل- طاهر[1] در شمال الجزایر پرداختند. نتایج این پژوهش بیانگر آن است که افزایش قیمت آب منجر به کاهش تقاضا برای آب آبیاری می‌شود؛ اما کاهش در تقاضای آب به قیمت‌های بسیار بالای این نهاده قابل توجه است. مدلین- آزوارا و همکاران (Medellín-Azuara et al., 2012)، با استفاده از الگوی PMP و با فرض حداکثرسازی سود سرمایه‌گذاری در فناوری آبیاری، واکنش کشاورزان به قیمت‌گذاری آب و سهمیه‌بندی آن را پیش‌بینی کردند. نتایج مطالعه نشان داد که افزایش بیست درصدی قیمت آب باعث افزایش بهره‌وری آب کشاورزان می‌شود و همچنین، سهمیه‌بندی آب اثر کمتری بر آب مصرفی دارد. هوآنگ و همکاران (Huang et al., 2010) به بررسی تأثیر کاربرد سیاست‌های قیمت‌گذاری آب بر مصرف آب و تغییرات الگوی کشت کشاورزان مناطق روستایی چین پرداختند؛ و بر اساس نتایج شبیه‌سازی اثر تغییرات قیمت آب، برای اینکه مقدار مصرف آب کاهش یابد، باید قیمت‌ها به مقدار زیادی افزایش یابند. اسپیلمن و همکاران (Spielman et al., 2009) نیز با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی، به ارزیابی اثر قیمت‌گذاری آب آبیاری بر کشاورزان خرده‌پا در آفریقا پرداختند. نتایج نشان داد که تقاضای آب به تغییرات کم در قیمت آن کاملاً حساس است؛ همچنین، در اثر افزایش قیمت آب، میزان سود کشاورزان کاهش می‌یابد. کورتیگنانی و سورینی (Cortignani and Severini, 2009) تأثیر افزایش هزینه تأمین آب و کاهش آب قابل دسترس بر الگوی کشت را با استفاده از الگوی PMP در ایتالیا بررسی کردند. نتایج نشان داد که افزایش هزینه‌های تأمین آب باعث ایجاد انگیزه در استفاده از فناوری‌های آب‌اندوز نمی‌شود، ولی با کاهش آب در دسترس، کشاورزان به استفاده از فناوری‌های آب‌اندوز تمایل پیدا می‌کنند. گذشته از مطالعات خارجی یادشده، در بین مطالعات داخلی، موسی‌پور سیاه‌جل و همکاران (Mousapour Siahjel et al., 2021) به بررسی تأثیر سیاست کاهش یارانه آب آبیاری بر تقاضای آب کشاورزان و سطح زیر کشت محصولات زراعی بخش مرکزی شهرستان بافت در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش قیمت نهاده آب، سطح زیر کشت محصولات جو و گندم با شیب تند و محصول یونجه با شیب ملایم کاهش می‌یابد و سطح زیر کشت محصول ارزن افزایش پیدا می‌کند؛ همچنین، درآمد ناخالص کشاورزان و مصرف آب در منطقه کاهش می‌یابد و الگوی کشت کشاورزان به نفع محصولاتی تغییر می‌کند که میزان درآمد بیشتری را به ازای هر واحد آب مصرفی تولید می‌کنند. دهقانی و همکاران (Dehghani et al., 2020) به بررسی آثار سیاست‌های قیمتی و غیرقیمتی آب آبیاری بر الگوی کشت

1. Jijel-Taher

و سود ناخالص کشاورزان بخش شهداد در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ پرداختند؛ و بدین منظور، از الگوی PMP با تابع هزینه درجه دوم و تابع تولید با کشش جانشینی ثابت استفاده شد. نتایج نشان داد که با اتخاذ سیاست قیمتی (افزایش صد درصدی هزینه‌های استحصال آب)، سطح زیر کشت محصولاتی که مصرف آب کمتری دارند، افزایش می‌یابد و سود ناخالص کشاورزان ۲۶ درصد کاهش خواهد یافت؛ از سوی دیگر، اتخاذ سیاست غیرقیمتی (کاهش پانزده درصدی آب در دسترس کشاورزان) سبب کاهش سطح زیر کشت همهٔ محصولات منتخب می‌شود و سود ناخالص کشاورزان ۴۸ درصد کاهش می‌یابد. زارع و همکاران (Zare et al., 2019)، با استفاده از الگوی PMP، به بررسی تأثیر سیاست‌های مدیریت آب‌های زیرزمینی در شرایط تعادل بر سطح زیر کشت چغندرقند در استان خراسان رضوی در سال ۱۳۹۵ پرداختند. نتایج نشان داد که سیاست افزایش قیمت آب نه‌تنها منجر به کاهش شدید سطح زیر کشت چغندرقند می‌شود، بلکه درآمد کشاورزان را نیز کاهش می‌دهد. حسنوند و همکاران (Hassanvand et al., 2018) نیز با استفاده از الگوی PMP، واکنش کشاورزان به سیاست تغییر قیمت و مقدار آب موجود کشاورزی در شهرستان نکا را بررسی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که در اثر اجرای سیاست افزایش بیش از چهار برابری قیمت آب، تغییر الگوی کشت از محصولات آبی به سمت محصولات دیم، کم‌آب‌بر و محصولات دارای ارزش تولیدی بالاتر سوق داده می‌شود. خلیلیان و رحمتی (Khalilian and Rahmati, 2017)، در تحلیل اثرات سیاست افزایش قیمت و کاهش عرضه آب بر الگوی کشت دشت قزوین با استفاده از الگوی PMP، نشان دادند که کاهش عرضه آب به‌همراه قیمت‌گذاری ثابت میزان مصرف آب را بیش از سایر سیاست‌ها کاهش داده است. قادرزاده و همکاران (Ghaderzadeh et al., 2017)، با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی، اثرات سیاست قیمت‌گذاری آب بر الگوی کشت و بهره‌وری مصرف آب در منطقه دشت قروه- دهگلان در استان کردستان را بررسی کردند. نتایج نشان داد که با اعمال این سیاست، سطح زیر کشت محصولات با نیاز آبی کم یا محصولات با درآمد بالا و همچنین، شاخص‌های بهره‌وری مصرف آب افزایش می‌یابد. حسین‌زاد (Hosseinzad, 2004)، با محاسبه هزینه تمام‌شده و برآورد تابع تولید و برنامه‌ریزی ریاضی، به تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی برای محصولات مختلف در اراضی زیر دست سد و شبکه علویان پرداختند. نتایج نشان داد که با اعمال سیاست افزایش قیمت آب، با فرض ثابت ماندن قیمت محصولات، سطح زیر کشت پیاز به‌عنوان یک کشت آب‌بر تا ارزش اقتصادی آن (۱۹۸ ریال) کاهش می‌یابد و به سطح زیر کشت غلات با مصرف آب کمتر اضافه می‌شود؛ همچنین، در مصرف آب به میزان قابل ملاحظه صرفه‌جویی می‌شود.

مرور مطالعات پیش‌گفته نشان می‌دهد که در زمینه تعیین ارزش اقتصادی آب، پژوهش‌های داخلی و خارجی بسیاری در چند سال اخیر صورت گرفته است، که نتایج آنها اغلب قیمت پایین آب در مقایسه با قیمت اقتصادی آن را نشان داده و حاکی از آن است که افزایش‌های کم در قیمت آب تأثیر زیادی بر تغییر الگوی کشت و اصلاح مصرف آن ندارد. با این همه، تعیین مجدد قیمت نهاده آب و واکنش کشاورزان نسبت به آن ارزشمند است. از آنجا که ارزش این نهاده وابسته به ارزش محصولات تولیدی است، در سال‌های اخیر، به‌دلیل نوسان‌های متغیرهای کلان کشور از جمله نرخ تورم و ارز، قیمت محصولات کشاورزی دچار تغییرات زیادی شده است. میان پژوهش‌های پیشین، تنها در دو مطالعهٔ حسین‌زاد (Hosseinzad, 2004) و میرزایی (Mirzaee, 2014)، به برآورد تابع تقاضای آب و بررسی واکنش کشاورزان نسبت به تغییر قیمت آب پرداخته شده است. همچنین، بر اساس بررسی‌های گستردهٔ پیشین در دشت ممنوعه بحرانی ورامین، به‌نظر می‌رسد که مطالعه‌ای در خصوص تعیین ارزش اقتصادی نهاده آب، برآورد و تحلیل تابع تقاضای آب و بررسی تأثیر تغییر قیمت آب بر الگوی کشت و سود محصولات کشاورزان صورت نپذیرفته باشد. بنابراین، هدف مطالعهٔ حاضر، در گام نخست، محاسبه ارزش اقتصادی نهاده آب و مقایسه آن با رقم دریافتی از کشاورزان است و سپس، تأثیر تغییر قیمت آب بر واکنش کشاورزان در مصرف آب و الگوی کشت محصولات کشاورزی دشت ورامین تحلیل می‌شود تا بتوان در این زمینه، خلأ مطالعاتی در منطقه مورد مطالعه را تا اندازه‌ای پر کرد.

مواد و روش‌ها

تعیین ارزش اقتصادی آب به روش‌های مختلف ممکن است نتایج متفاوت داشته باشد و تصمیم‌گیری بر اساس نتایج هر کدام از آنها پیامدهای گوناگون خواهد داشت. از این‌رو، در پژوهش حاضر، برای تعیین ارزش اقتصادی آب، از دو روش پسماند و قیمت سایه‌ای الگوی برنامه‌ریزی مثبت استفاده شده است تا از یک سو، مقایسهٔ نتایج دو روش با هم و از سوی دیگر، سنجش آثار افزایش قیمت آب بر اساس نتایج هر کدام از این روش‌ها انجام شود؛ سپس، به بررسی تأثیر افزایش قیمت آب بر واکنش کشاورزان در مصرف آب و الگوی کشت محصولات کشاورزی پرداخته شده است.

برای محاسبه ارزش اقتصادی آب از طریق ارزش پسماند، ابتدا هزینه تمام نهاده‌های تولیدی به‌جز نهاده آب محاسبه و از ارزش کل تولید کسر می‌شود. هزینه نهاده‌ها از مجموع حاصل‌ضرب مصرف هر نهاده در قیمت آنها به‌دست می‌آید و ارزش کل تولید از حاصل‌ضرب قیمت محصول یا محصولات در مقادیر آنها حاصل می‌شود. آنگاه ارزش باقی‌مانده بر مقادیر حجم آب مصرفی تقسیم می‌شود تا برآوردی

از قیمت هر واحد نهاده آب به‌دست آید. روش پسماند به‌صورت روابط ریاضی به‌شرح زیر است (Young and Loomis, 2014):

$$P_j \times Y_j = \sum_{i=1}^{n} P_{ij} X_{ij} + P_{wj} W_j \quad (۱)$$

$$P_j \times Y_j - \sum_{i=1}^{n} P_{ij} X_{ij} = P_{wj} W_j = V_j \quad (۲)$$

$$P_{wj} = \frac{V_j}{W_j} \quad (۳)$$

که در آن، P_j قیمت محصول jام، Y_j مقدار تولید محصول jام ، P_{ij} قیمت نهاده iام مورد استفاده در تولید محصول jام، X_{ij} مقدار مصرف نهاده iام برای تولید محصول jام، W_j مقدار مصرف آب در تولید محصول jام، V_j ارزش کل آب مصرفی برای تولید محصول jام، P_{wj} قیمت هر واحد نهاده آب مورد استفاده در تولید محصول jام و n تعداد نهاده‌های به‌کار گرفته‌شده به‌جز آب در تولید محصول jام است. بر اساس تعاریف متغیرها، رابطه (۱) نشان می‌دهد که درآمد محصول jام برابر با مجموع هزینه‌های پرداختی برای نهاده آب و سایر نهاده‌های مورد استفاده در تولید این محصول است. در رابطه (۲)، هزینه آب در تولید هر محصول از تفاضل درآمد و سایر هزینه‌های تولید آن محصول به‌دست می‌آید و در نهایت، رابطه (۳) نشان می‌دهد که قیمت آب در تولید هر محصول از حاصل تقسیم هزینه آب بر میزان آب مصرفی به‌دست می‌آید.

هدف از شبیه‌سازی اثرات یک تغییر سیاستی مانند تغییر قیمت آب بر الگوی کشت کشاورزان مقایسه نتایج الگو برای متغیرهای این بخش در شرایط پایه یا همان شرایط مرجع با مقدار این متغیرها پس از اعمال سناریوهای تحلیل سیاستی تغییرات قیمت آب است. در پژوهش حاضر، برای تحلیل تأثیر تغییر قیمت آب بر الگوی کشت کشاورزان، از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) استفاده می‌شود، که این روش شامل سه مرحله به‌شرح زیر است:

در اولین مرحله، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی خطی یا غیرخطی معمول تصریح می‌شود، با این تفاوت که به مجموعه محدودیت‌های ساختاری مربوط به منابع محدودکننده تولید یک مجموعه محدودیت‌های کالیبراسیون افزوده می‌شود تا سطوح جواب‌های بهینه الگو را دقیقاً به سطوح مشاهده‌شده در سالی که داده‌ها جمع‌آوری شده و به‌اصطلاح، به سال پایه محدود کند. لازم به ذکر

است که در این مرحله، تابع هزینه واردشده در تابع هدف الگو در قالب رابطه (۴) خطی است و تنها هزینه‌های حسابداری را شامل می‌شود؛ مقادیر دوگان مربوط به محدودیت‌های کالیبراسیون که بیانگر قیمت سایه‌ای محصولات تولیدشده است، در این مرحله، برای بازیابی هزینه نهایی محصولات، محاسبه می‌شود (Paris and Howitt, 1998):

$$Max\ Z = \sum_{i=1}^{n} (P_j \times Y_j - C_j - r \times w_j) \times x_j \qquad (۴)$$

محدودیت ساختاری نهاده آب:

$$\sum_{i=1}^{n} w_j x_j \leq W$$

دیگر محدودیت‌های ساختاری به‌جز نهاده آب:

$$\sum_{i=1}^{n} a_{ij} x_j \leq b_i \quad i = 1, 2, 3, \ldots . m$$

محدودیت کالیبراسیون:

$$x_j \leq \bar{x}_j + \varepsilon$$

که در رابطه (۴)، $i = 1, 2, 3, \ldots, m$ تعداد نهاده‌های مصرف‌شده در تولید، $j = 1, 2. 3, \ldots, n$ تعداد محصولات تولیدی، Z سود ناخالص کل (مابه‌التفاوت درآمد ناخالص و هزینه‌های متغیر)، P_j و Y_j، به‌ترتیب، قیمت و عملکرد محصول jام است؛ همچنین، C_j هزینه‌های متغیر نهاده‌ها به‌جز نهاده آب در هر هکتار زمین و w_j مقدار آب مصرف‌شده در فعالیت jام در هر هکتار و r قیمت هر واحد آب را نشان می‌دهد؛ x_j سطح زیر کشت منظورشده در الگو و ضرایب a_{ij} وb_i، به‌ترتیب، مقدار نهاده iام به‌کار گرفته‌شده در هر هکتار فعالیت jام (ضرایب فنی) و مقدار نهاده و یا منبع قابل دسترس iام است؛ همچنین، $\bar{x}_j$ سطح زیر کشت مشاهده‌شده و ε بردار پارامتر متشکل از اعداد کوچک و مثبت است که وجود آنها تضمین می‌کند که متغیرهای دوگان محدودیت‌های ساختاری به یک ارزش مثبت دست یابند.

در مرحله دوم، از مقادیر دوگان به‌دست‌آمده از قید کالیبراسیون در مرحله اول، برای برآورد تابع هزینه درجه دوم و تخمین پارامترهای این تابع با استفاده از روش حداکثر آنتروپی[۱] استفاده می‌شود.

۱- Maximum Entropy؛ برای مطالعه بیشتر، به مطالعات پاریس و هاویت (Paris and Howitt, 1998)، محتشمی (Mohtashami, 2011) و میرزایی (Mirzaee, 2014) مراجعه شود.

در مرحله سوم، این تابع هزینه غیرخطی جایگزین هزینه‌های حسابداری فعالیت‌ها در تابع هدف شده و الگو با حذف محدودیت‌های مربوط به کالیبراسیون اجرا می‌شود. این مرحله به معنی تصریح کامل الگوی کالیبره است، به‌گونه‌ای که قادر به بازتولید سطوح فعالیت‌های مشاهده‌شده تولید یا سطح زیر کشت است. در نهایت، فرم نهایی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت که در مرحله سوم حاصل می‌شود، به‌شرح زیر است (Paris and Howitt, 1998):

$$max\ Z = \sum_{j=1}^{n} R_j \times x_j - \sum_{j=1}^{n} \frac{x_j{}' \hat{Q} x_j}{2} \qquad (۵)$$

$$subject\ to$$

محدودیت‌های ساختاری:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \leq b_i \quad i = 1, 2, 3, \ldots . m$$

که در آن، R_j درآمد هر هکتار محصول jام (حاصل‌ضرب مقدار تولید در هر هکتار در قیمت فروش محصولات)، x_j سطح زیر کشت محصول jام و $\hat{Q}$ ماتریس پارامترهای تابع هزینه است که از مرحله دوم الگوی برنامه‌ریزی مثبت حاصل شده است. جدول ۱ خلاصه‌ای از سه مرحله انجام برنامه‌ریزی مثبت را ارائه می‌کند.

جدول ۱- مراحل برآورد الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت

مراحل	تغییرات
مرحله اول: برآورد مدل برنامه‌ریزی خطی با اضافه کردن قید s به جهت استخراج بردار هزینه نهایی مرتبط با بردار سطوح واقعی تولید است.	
که در آن، $\bar{x}$ سطح زیر کشت مشاهده‌شده و ε بردار پارامتر متشکل از اعداد کوچک و مثبت است که نقش آنها تضمین می‌کند که متغیرهای دوگان محدودیت‌های ساختاری به یک ارزش مثبت دست می‌یابند.	$x \leq \bar{x} + \varepsilon$
مرحله دوم: استفاده از مقادیر دوگان قید کالیبراسیون (λ) به جهت تشکیل تابع هزینه درجه دوم و تخمین پارامترهای تابع هزینه درجه دوم با استفاده از روش حداکثر آنتروپی.	$\frac{x'\hat{Q}x}{2}$
مرحله سوم: وارد کردن تابع هزینه درجه دوم به‌جای هزینه قبلی و برآورد مدل بدون قید کالیبراسیون. این مدل قادر به بازتولید سطوح فعالیت‌های مشاهده‌شده و در نتیجه، استفاده از مدل برای شبیه‌سازی‌های بعدی است.	

مأخذ: پاریس و هاویت (Paris and Howitt, 1998)

پس از آنکه مدل قادر به بازتولید سطوح فعالیت‌های مشاهده‌شده شد، می‌توان با استفاده آن، قیمت سایه‌ای آب را محاسبه کرد و سپس، به تحلیل اثر سیاست‌های تغییرات قیمت آب بر الگوی کشت پرداخت. از این‌رو، در پژوهش حاضر، در مرحله سوم الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، قیمت نهاده آب افزایش می‌یابد و اثر آن بر الگوی کشت کشاورزان مورد بررسی قرار می‌گیرد. در مطالعهٔ حاضر، افزایش قیمت آب به دو صورت برای دستیابی به دو هدف مد نظر قرار گرفته است؛ ابتدا افزایش پلکانی قیمت آب با فواصل مساوی (پنج درصدی) به‌منظور به‌دست آوردن کشش تقاضای آب انجام می‌شود و سپس، افزایش قیمت آب تا حد قیمت اقتصادی برای محاسبه اثرات آن بر سطح زیر کشت و سودآوری کشاورزان مد نظر قرار می‌گیرد. با افزایش پلکانی قیمت آب، مقدار تقاضای منابع آب برای همه محصولات موجود در الگوی کشت و در نتیجه، مقدار کل مصرف آب تغییر می‌کند و بنابراین، می‌توان بر اساس دامنه‌ای از تغییرات قیمت آب و مقدار کل مصرف آب، تابع تقاضای آب را با برازش یک تابع رگرسیونی بین آنها برآورد کرد. بر اساس نوع داده‌ها و معیارهای انتخاب مدل، تابع تقاضا می‌تواند به‌صورت خطی، درجه دوم و لگاریتمی باشد. برای نمونه، اگر این تابع به‌صورت خطی باشد، رابطه (۶) بیانگر تابع تقاضای آب است:

$$P_w = \alpha + \beta w + \varepsilon \qquad (۶)$$

که در آن، P_w قیمت آب (ریال در هر مترمکعب)، w مقدار مصرف آب (مترمکعب)، β شیب تابع تقاضای آب، α عرض از مبدأ تابع تقاضا و ε جمله خطای رگرسیون است. کشش قیمتی آب نیز برابر است با:

$$\gamma_w = \rho_W \frac{P_w}{w} \qquad (۷)$$

که در آن، γ_w کشش قیمتی نهاده آب و ρ_W عکس شیب تابع تقاضای آب است.

داده‌های مورد نیاز پژوهش از طریق مصاحبه با کشاورزان و تکمیل پرسشنامه برای شش محصول اصلی زیر کشت در دشت ورامین شامل گندم، جو، ذرت علوفه‌ای، یونجه، خیار و گوجه‌فرنگی در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ جمع‌آوری شده و دلیل انتخاب این شش محصول آن است که این محصولات طی سال‌های ۹۷- ۱۳۹۴، بر اساس آخرین آمار مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت

جهاد کشاورزی[1] (جدول ۲)، به‌طور متوسط، بیشترین سهم را در سطح زیر کشت کل منطقه داشته‌اند. همان‌گونه که سطر آخر جدول ۲ نشان می‌دهد، شش محصول منتخب، به‌طور متوسط، طی سال‌های ۱۳۹۴–۹۷ (ستون دهم)، ۸۷/۰۴ درصد از سطح زیر کشت منطقه را به خود اختصاص داده‌اند. در بین این محصولات، گندم و جو، به‌ترتیب، در همه سال‌ها، از بیشترین سهم سطح زیر کشت کل در این منطقه برخوردارند.

جدول ۲- سطح زیر کشت و سهم محصولات زراعی منطقه مورد مطـالعه در سال‌های ۹۷-۱۳۹٤

محصولات مورد بررسی/سال	۱۳۹٤		۱۳۹۵		۱۳۹٦		۱۳۹۷		متوسط	
	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد	هکتار	درصد
	(۱)	(۲)	(۳)	(٤)	(٥)	(٦)	(۷)	(۸)	(۹)	(۱۰)
پنبه	-	-	۳	۰/۰۱	۳	۰/۰۱	۱	۰/۰۰۲	۳	۰/۰۰۰۳
پیاز	۲۱۵	۰/۳۸	۵۱	۰/۰۹	۹۷	۰/۱۷	۹۸	۰/۱۷	۱۱۵	۰/۲۰
جو	۱۶۹۵۰	۲۹/۶۱	۱۷۱۷۳	۲۹/۸۶	۱۵۸۱۵	۲۸/۳۴	۱۶۶۰۸	۲۹/۳۶	۱۶۶۳۷	۲۹/۳۰
خربزه	۳۶۵	۰/۶۴	۴۰۹	۰/۷۱	۳۳۸	۰/۶۱	۴۰۰	۰/۷۱	۳۷۸	۰/۶۷
خیار	۸۱۷	۱/۴۳	۹۶۶	۱/۶۸	۵۰۱	۰/۹۰	۴۹۵	۰/۸۸	۶۹۵	۱/۲۲
ذرت علوفه‌ای	۹۴۵۱	۱۶/۵۱	۸۵۵۴	۱۴/۸۸	۸۹۱۷	۱۵/۹۸	۸۸۵۵	۱۵/۶۵	۸۹۴۴	۱۵/۷۵
سیب‌زمینی	۵	۰/۰۱	۱	۰/۰۰۲	۳	۰/۰۱	۲	۰/۰۰۴	۳	۰/۰۰۵
کلزا	۱۰۹	۰/۱۹	۶۱	۰/۱۱	۴۲۱	۰/۷۵	۹۵۴	۱/۶۹	۳۸۶	۰/۶۸
گندم	۱۷۸۵۳	۳۱/۱۹	۱۷۲۸۰	۳۰/۰۵	۱۷۱۳۷	۳۰/۷۱	۱۶۸۰۴	۲۹/۷۰	۱۷۲۶۸	۳۰/۴۱
گوجه‌فرنگی	۱۱۹۰	۲/۰۸	۱۸۶۱	۳/۲۴	۹۴۵	۱/۶۹	۸۵۹	۱/۵۲	۱۲۱۴	۲/۱۴
هندوانه	۳۸۶	۰/۶۷	۴۲۱	۰/۷۳	۳۹۱	۰/۷۰	۳۷۳	۰/۶۶	۳۹۳	۰/۶۹
یونجه	۴۵۲۱	۷/۹۰	۴۳۲۳	۷/۵۲	۴۸۴۷	۸/۶۹	۴۹۷۸	۸/۸۰	۴۶۶۷	۸/۲۲
سایر محصولات	۵۳۸۴	۹/۴۱	۶۴۰۲	۱۱/۱۳	۶۳۸۲	۱۱/۴۴	۶۱۴۶	۱۰/۸۶	۶۰۷۸	۱۰/۷۱
کل محصولات	۵۷۲۴۶	۱۰۰	۵۷۵۰۴	۱۰۰	۵۵۷۹۷	۱۰۰	۵۶۵۷۲	۱۰۰	۵۶۷۸۱	۱۰۰
شش محصول منتخب	۵۰۷۸۲	۸۸/۷۱	۵۰۱۵۷	۸۷/۲۲	۴۸۱۶۱	۸۶/۳۲	۴۸۵۹۸	۸۵/۹۱	۴۹۴۲۵	۸۷/۰۴

مأخذ: وبگاه مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی (https://amar.maj.ir) و محاسبات پژوهش

با توجه به اینکه بیش از هشتاد درصد از مساحت دشت ورامین را سه شهرستان ورامین، پیشوا و پاکدشت به خود اختصاص می‌دهند (IWRMC, 2019)، نمونه‌گیری از این سه شهرستان انجام شده است. حجم نمونه با استفاده از رابطهٔ کوکران از رابطهٔ زیر تعیین شد (Cochran, 1977):

$$n = \frac{Nt^2s^2}{Nd^2 + t^2s^2} \qquad (۸)$$

۱- چنان‌که در وبگاه این مرکز به نشانی https://amar.maj.ir آمده است.

که در آن، N تعداد بهره‌برداران است که مطابق با آخرین سرشماری مرکز آمار ایران در سه شهرستان یادشده معادل ۶۷۲۲ بهره‌بردار است؛ S^2 واریانس صفت جامعه (سطح زیر کشت) برابر با ۰/۰۷۹۵، آماره t در سطح خطای پنج درصد برابر با ۱/۹۶ و مقدار خطای اندازه‌گیری (d)[1] برابر با ۰/۰۵ در نظر گرفته شد. بدین ترتیب، حجم نمونه معادل ۱۲۰ به‌دست آمد. سپس، از روش نمونه‌گیری طبقه‌ای با انتساب متناسب، متناسب با سطح زیر کشت سه شهرستان که به‌عنوان سه طبقه در نظر گرفته شد، تعداد نمونه در هر کدام از آنها تعیین شد. نمونه‌گیری به‌صورت تصادفی در دسترس انجام شده، بدین صورت که داخل هر طبقه اطلاعات مربوط به تولید و هزینه‌های آن از طریق مصاحبه با کشاورزان در دسترس حاصل شده است. اطلاعات ۱۲۰ کشاورز از طریق پرسشنامه تکمیل شده و از آنجا که برخی از کشاورزان بیشتر از یک محصول را کشت کرده‌اند، اطلاعات مربوط به ۲۳۱ مزرعه از این پرسشنامه‌ها استخراج شده است. داده‌های جمع‌آوری‌شده در این سه شهرستان عبارت‌اند از: سطح زیر کشت، مقدار تولید، مقدار و قیمت نهاده‌های بذر، کود (شیمیایی و حیوانی)، سم (علف‌کش، حشره‌کش و قارچ‌کش)، آب، نیروی کار، ماشین‌آلات. همچنین، لازم به ذکر است که برای برآورد الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، از نرم‌افزار GAMS و برای برآورد تابع تقاضای آب، از نرم‌افزار SHAZAM استفاده شده است.

نتایج و بحث

قبل از تعیین ارزش اقتصادی آب و بررسی تأثیر آن بر واکنش کشاورزان و الگوی کشت محصولات کشاورزی، اطلاعاتی در مورد مقدار مصرف و هزینه نهاده آب و سهم آن در تولید محصولات مختلف محاسبه و نتایج آن در جدول ۳ گزارش شده است. در ستون‌های اول، دوم و سوم این جدول، به‌ترتیب، نام محصول، میزان مصرف آب در هر هکتار و میزان تولید محصول در هر هکتار در منطقه مورد مطالعه ارائه شده و ستون چهارم که بیانگر میزان آب برای هر کیلوگرم محصول است، از حاصل تقسیم ستون دوم بر ستون سوم به‌دست آمده و گویای آن است که هرچند، محصولاتی مانند جو و گندم نسبت به محصولات دیگر، بر اساس ارقام ستون دوم، آب کمتری در هر هکتار مصرف می‌کنند، ولی میزان تولید این محصولات در هر هکتار بسیار کمتر از سایر محصولات بوده (ستون سوم) و از این‌رو، میزان مصرف آب برای تولید هر کیلوگرم از این محصولات نسبت به سایر محصولات بیشتر است. در ستون پنجم، رتبه هر محصول در میزان مصرف آب برای تولید یک کیلوگرم آن ذکر شده است. همان‌گونه که دیده می‌شود، ذرت علوفه‌ای، گوجه‌فرنگی و خیار، به‌ترتیب، کمترین مصرف آب را به ازای هر کیلوگرم تولید به خود اختصاص می‌دهند. در ستون ششم، متوسط قیمت هر مترمکعب آب

۱- تفاضل نسبت واقعی صفت در جامعه با میزان تخمین محقق برای وجود آن صفت در جامعه

برای هر کدام از محصولات کشت‌شده آمده است. در ستون‌های هفتم و هشتم نیز به‌ترتیب، هزینه آب در هر کیلوگرم محصول و قیمت تمام‌شدهٔ هر کیلوگرم محصول محاسبه شده است. علت تفاوت هزینه آب در هر کیلوگرم محصول در ستون هفتم مربوط به میزان مصرف آب در هر هکتار (ستون دوم)، میزان تولید هر محصول در هر هکتار (ستون سوم) و قیمت هر مترمکعب آب (ستون ششم) بوده که در محصولات مختلف متفاوت است؛ برای نمونه، آبیاری دو محصول خیار و گوجه‌فرنگی تنها با آب چاه صورت گرفته و قیمت آب چاه از آب کانال بیشتر است، اما از سوی دیگر، میزان تولید دو محصول خیار و گوجه‌فرنگی در هر هکتار بیش از محصولات دیگر است و این موضوع سبب می‌شود که هزینه آب در هر کیلوگرم محصول برای این دو محصول کمتر از محصولات گندم، جو و یونجه باشد. ستون نهم نیز که از حاصل تقسیم ستون هفتم بر هشتم به‌دست می‌آید، سهم هزینه آب در هزینه تمام‌شدهٔ هر کیلوگرم محصول را نشان می‌دهد. در این ستون نیز به همان دلیل پیش‌گفته، سهم هزینه آب در هزینه تمام‌شدهٔ هر کیلوگرم محصول جو نسبت به سایر محصولات بیشتر بوده و پس از محصول جو، به‌ترتیب، محصولات گندم، یونجه، خیار، گوجه‌فرنگی و ذرت علوفه‌ای در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند.

جدول ۳- مقدار مصرف و هزینه نهاده آب و سهم آن در تولید هر کیلوگرم از محصولات کشاورزی دشت ورامین

محصول	میزان مصرف آب در هر هکتار (مترمکعب)	میزان تولید محصول در هر هکتار (کیلوگرم)	میزان آب برای هر کیلوگرم محصول (مترمکعب)	رتبه در میزان مصرف آب در تولید هر کیلوگرم	قیمت هر مترمکعب آب (ریال)	هزینه آب در هر کیلوگرم محصول (ریال)	قیمت تمام شده هر کیلوگرم محصول (ریال)	سهم هزینه آب در هزینه تمام شده هر کیلوگرم
(۱)	(۲)	(۳)	(٤)	(٥)	(٦)	(۷)	(۸)	(۹)
گندم	۵۰۵۸/۶	۵۵۷۴/۱	۰/۹	۲	۳۴۴۰	۳۱۳۸/۷	۲۲۲۵۲/۰	۱۴/۰
جو	۴۹۸۲/۳	۴۵۴۸/۵	۱/۱	۱	۳۴۵۰	۳۸۱۶/۰	۲۵۱۶۴/۳	۱۵/۳
ذرت علوفه‌ای	۷۹۵۱/۳	۵۶۵۹۶/۳	۰/۱	۶	۳۴۲۰	۴۸۹/۳	۳۴۹۰/۵	۱۴/۰
یونجه	۱۲۳۶۲/۴	۱۷۰۶۰/۵	۰/۷	۳	۳۴۴۰	۲۴۸۸/۷	۱۸۲۹۳/۲	۱۳/۶
گوجه‌فرنگی	۷۷۱۹/۴	۴۴۰۷۱/۴	۰/۲	۵	۵۱۱۰	۸۸۲/۵	۶۵۷۵/۴	۱۳/۵
خیار	۷۸۶۸/۶	۲۹۵۸۵/۷	۰/۳	۴	۴۸۳۰	۱۲۸۶/۸	۱۲۷۷۳/۶	۱۰/۱

مأخذ: یافته‌های پژوهش

به‌منظور تحلیل تأثیر تغییر قیمت آب بر واکنش کشاورزان و الگوی کشت محصولات کشاورزی دشت ورامین، ابتدا به محاسبه متوسط قیمت مشاهده‌شده در منطقه و قیمت اقتصادی آب با روش‌های پسماند با استفاده از روابط (۱) تا (۳) و قیمت سایه‌ای با استفاده از الگوی ارائه‌شده در رابطه (۵) پرداخته شده است. نتایج جدول (۴) بیانگر قیمت مشاهده‌شدهٔ آب به‌صورت میانگین به‌تفکیک محصولات، شهرستان و نوع آبیاری در منطقه مورد مطالعه است. در این منطقه، محصولات گندم، جو، ذرت علوفه‌ای و یونجه به‌صورت توأم با آب چاه و کانال و دو محصول گوجه‌فرنگی و خیار فقط با آب چاه آبیاری می‌شوند. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، قیمت آب چاه بیشتر از آب کانال بوده و قیمت آب در کشت گوجه‌فرنگی و خیار بالاتر است. نتایج این جدول نشان‌دهنده آن است که قیمت هر مترمکعب آب به‌طور متوسط (متوسط وزنی با وزن سطح زیر کشت محصولات) برای کل محصولات برابر با ۳۴۶۶/۶ ریال به ازای هر مترمکعب است.

جدول ٤- قیمت مشاهده‌شدهٔ هر مترمکعب آب در منطقه (واحد: ریال به ازای هر مترمکعب)

شهرستان/محصول	ورامین		پیشوا		پاکدشت		متوسط منطقه		متوسط وزنی*
	چاه	کانال	چاه	کانال	چاه	کانال	چاه	کانال	
گندم	۴۶۷۲/۳	۲۲۳۲/۴	۴۶۶۰/۲	۲۱۶۱/۶	۴۵۳۶/۸	۲۳۶۰/۱	۴۶۲۳/۱	۲۲۵۱/۴	۳۴۶۶/۶
جو	۵۰۷۷/۴	۲۱۱۰/۵	۴۷۷۷/۶	۲۰۶۴/۶	۴۴۹۳/۷	۲۱۴۷/۲	۴۷۸۲/۹	۲۱۰۷/۴	
ذرت علوفه‌ای	۴۴۲۸/۸	۲۳۰۴/۲	۵۲۰۶/۲	۱۸۸۳/۶	۴۳۹۴/۱	۲۳۰۱/۲	۴۶۷۶/۳	۲۱۶۳/۰	
یونجه	۵۲۸۵/۰	۲۱۳۰/۹	۴۲۵۴/۹	۲۱۰۳/۲	۴۶۱۰/۶	۲۲۱۳/۳	۴۷۱۶/۸	۲۱۴۹/۲	
گوجه‌فرنگی	۴۵۶۶/۲	-	۵۶۲۰/۴	-	۵۱۳۷/۰	-	۵۱۰۷/۹	-	
خیار	۴۵۶۶/۲	-	۴۷۹۰/۸	-	۵۱۳۷/۰	-	۴۸۳۱/۳	-	

*بر اساس سطح زیر کشت محصولات

مأخذ: یافته‌های پژوهش

ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب به روش پسماند به‌تفکیک محصول و شهرستان با استفاده از رابطه (۳) در منطقه مورد مطالعه محاسبه شده و نتایج آن در جدول ۵ آمده است. نتایج این جدول بیانگر آن است که بیشترین ارزش اقتصادی هر مترمکعب نهاده آب مربوط به محصول گوجه‌فرنگی و کمترین ارزش اقتصادی آن نیز مربوط به محصول جو است. ارزش هر مترمکعب آب به‌طور متوسط (متوسط وزنی با وزن سطح زیر کشت) برای منطقه مورد مطالعه به ازای هر مترمکعب برابر با ۳۵۷۶۹/۸ ریال است. همان‌گونه که از مقایسه ارقام دو جدول ۴ و ۵ برمی‌آید، ارزش اقتصادی آب بر اساس روش باقی‌مانده (پسماند) تفاوت چشمگیر با ارزش مشاهده‌شده آب در منطقه داشته، به‌گونه‌ای که بیش از ده برابر آن است.

جدول ۵- ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب به روش ارزش پسماند

(واحد: ریال به ازای هر مترمکعب)

محصول / شهرستان	ورامین	پیشوا	پاکدشت	متوسط منطقه	متوسط وزنی*
گندم	۳۴۵۴۳/۹	۳۶۲۵۱/۲	۳۰۵۷۳/۵	۳۳۷۸۹/۵	۳۵۷۶۹/۸
جو	۲۹۲۷۸/۳	۲۸۲۶۲/۶	۲۵۷۳۷/۹	۲۷۷۵۹/۶	
ذرت علوفه‌ای	۵۵۶۷۴/۴	۵۹۲۹۱/۲	۵۳۷۱۵/۲	۵۶۲۲۶/۹	
یونجه	۴۲۴۴۴/۳	۴۱۴۳۰/۷	۳۶۸۶۷/۶	۴۰۲۴۷/۵	
گوجه‌فرنگی	۸۱۱۹۵/۵	۷۸۹۹۱/۳	۸۴۷۹۶/۲	۸۱۶۶۱/۰	
خیار	۷۵۰۶۸/۲	۶۱۵۶۵/۹	۶۹۳۲۷/۳	۶۸۶۵۳/۸	

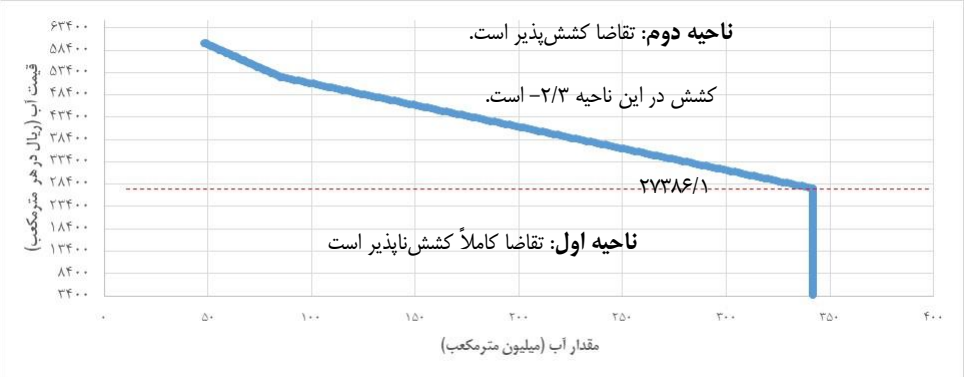
*بر اساس سطح زیر کشت محصولات

مأخذ: یافته‌های پژوهش

برای محاسبه ارزش اقتصادی آب از طریق قیمت سایه‌ای به‌دست‌آمده از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP)، ابتدا باید الگوی PMP به‌گونه‌ای برآورد شود که قادر به بازتولید سطح زیر کشت محصولات در حالت پایه (مشاهدهشده) باشد. الگوی برآوردشده سطح زیر کشت محصولات مشاهده‌شده را با خطای کمتر از ده‌هزارم درصد بازتولید کرده و این نکته بیانگر آن است که الگو به‌خوبی توانسته است بر داده‌های سال پایه تطبیق یابد و الگوی کشت منطقه را بازتولید کند. قیمت سایه‌ای هر مترمکعب آب به‌دست‌آمده از الگوی PMP نیز برابر با ۲۳۹۱۷/۶ ریال به ازای هر مترمکعب آب است. گرچه ارزش اقتصادی آب که با این روش به‌دست آمده، حدود ۱۱۸۵۲/۲ ریال کمتر از ارزش اقتصادی آب با بهره‌گیری از روش پسماند است، اما در این روش نیز تفاوت ارزش اقتصادی آب با قیمت مشاهده‌شده قابل توجه بوده و تقریباً هفت برابر آن است.

پس از تعیین ارزش اقتصادی آب به روش پسماند و قیمت سایه‌ای، به تحلیل اثر افزایش قیمت آب بر الگوی کشت و تقاضای نهاده آب با بهره‌گیری از الگوی PMP پرداخته شده است. تابع تقاضای آب در مطالعاتی از جمله حسین‌زاد (Hosseinzad, 2004) و میرزایی (Mirzaee, 2014) برآورد شده که مقدار آن بر اساس دامنه‌ای از کاهش مقدار موجودی منابع آب و قیمت سایه‌ای متناظر با آن به‌دست آمده است. به دیگر سخن، در این مطالعات، قیمت اولیه نهاده آب همان قیمت سایه‌ای نهاده آب بوده و سپس، موجودی آب مرتباً کاهش داده شده و هر بار قیمت سایه‌ای جدیدی برای آب ثبت شده است. رابطه بین قیمت سایه‌ای به‌دست‌آمده و موجودی آب تعیین‌کنندهٔ تابع تقاضای آب است. اما در مطالعهٔ حاضر، برای مشاهده و بررسی واکنش کشاورزان نسبت به قیمت‌های کمتر از قیمت سایه‌ای، با افزایش

پلکانی پنج درصدی قیمت نهاده آب نسبت به قیمت مشاهده‌شده (۳۴۶۶/۶ ریال) در مرحله سوم الگوی PMP، مقدار مصرف آب به ازای هر قیمتی محاسبه شده است. نمودار ۱ نشان‌دهنده رابطه بین قیمت آب و مقدار تقاضای آن بوده که بخشی از آن دربرگیرنده رابطه تقاضای به‌دست‌آمده از کاهش پلکانی مقدار موجودی آب و قیمت سایه‌ای نهاده آب مشابه تقاضای به‌دست‌آمده در دو مطالعهٔ یادشده است.



مأخذ: یافته‌های پژوهش

نمودار ۱- منحنی تقاضای نهاده آب

همان‌گونه که در نمودار ۱ دیده می‌شود، این نمودار به دو قسمت تقسیم شده است؛ قسمت پایین نمودار که در آن، منحنی تقاضای آب عمودی است، ناحیه اول و قسمت بالای نمودار که در آن، منحنی تقاضای آب شیب منفی دارد، ناحیه دوم نامیده شده است. در ناحیه اول، کشش تقاضای آب برابر با صفر و در ناحیه دوم، تقاضای آب کشش‌پذیر است. بر اساس ناحیه اول نمودار ۱، کشاورزان تقریباً تا قیمت ۲۷۳۸۶/۱ ریال به ازای هر مترمکعب آب نسبت به تغییر قیمت نهاده آب واکنش نشان نمی‌دهد و میزان تقاضای نهاده آب و سطح زیر کشت محصولات تغییری نمی‌کند؛ بنابراین، کشش قیمتی نهاده آب از قیمت ۳۴۶۶/۶ ریال در هر مترمکعب که قیمت پرداختی در حال حاضر آنها بوده تا قیمت ۲۷۳۸۶/۱ ریال برابر با صفر است. علت عدم واکنش کشاورزان به تغییر قیمت آب را می‌توان ناشی از قیمت کم این نهاده در مقابل ارزش زیادی باشد که این نهاده در تولید محصولات ایجاد می‌کند. پس از قیمت ۲۷۳۸۶/۱ ریال به ازای هر مترمکعب آب، کشاورزان نسبت به افزایش قیمت آب واکنش نشان می‌دهند و میزان مصرف آب کاهش می‌یابد؛ در نتیجه، الگوی سطح زیر کشت محصولات نیز تغییر می‌کند. شیب نزولی و منفی منحنی تقاضا در ناحیه دوم در نمودار ۱ بیانگر رابطه معکوس بین قیمت و مقدار تقاضای آب است، به‌گونه‌ای که با افزایش قیمت آب، تقاضا برای این نهاده کاهش

می‌یابد. چنانچه نمودار نیز نشان می‌دهد، شیب تابع تقاضا در ناحیه دوم نیز ثابت نیست و یک روند نزولی و غیرخطی را به خود گرفته است.

تابع تقاضای نهاده آب برای قیمت‌های بالاتر از ۲۷۳۸۶/۱ ریال به ازای هر مترمکعب برآورد شده است. برای تعیین بهترین فرم تابعی، فرم‌های مختلف مورد آزمون قرار گرفت و در نهایت، فرم درجه دوم به‌عنوان فرم برتر انتخاب شده، که نتایج برآورد آن در جدول ۶ آمده است. در این جدول، ستون اول نام متغیرهای مستقل در تابع تقاضا و علامت اختصاری آنها را نشان می‌دهد. ستون‌های دوم و سوم، به‌ترتیب، نشان‌دهنده میزان پارامتر برآوردی و آماره آزمون T است. بر اساس نتایج ستون سوم، آماره T بزرگ‌تر از مقدار بحرانی (۱/۹۶) است و بنابراین، تمامی پارامترهای برآوردی معنی‌دار هستند. ستون چهارم بیانگر ضریب تعیین R^2 بوده و نشان‌دهندهٔ آن است که متغیرهای مستقل به‌خوبی توانسته‌اند که متغیر وابسته را توضیح دهند. ستون پنجم میزان آماره جارک- برا[1] را نشان داده که چون کمتر از مقدار بحرانی (۵/۹۹) است، جملات خطا در سطح پنج درصد نرمال هستند. در ستون ششم نیز مقدار متوسط کشش نهاده آب محاسبه شده است که بزرگ‌تر از یک و کشش‌پذیر بوده و علامت منفی آن نشان‌دهنده رابطه منفی بین قیمت و مقدار در تابع تقاضاست. رابطه (۹) نیز تابع تقاضای آب برآوردشده را به شکل یک معادله نشان می‌دهد. همچنین، رابطه (۱۰) بیانگر معادله‌ای است که بر اساس آن، کشش تقاضای آب با توجه به تابع برآوردی محاسبه می‌شود.

جدول ٦- نتایج برآورد تابع تقاضا و کشش قیمتی نهاده آب

متغیر		ضریب برآورد شده	آزمون t (آماره در سطح ۵ درصد: ۱/۹٦)	R^2	آزمون جارک- برا (آماره در سطح ۵ درصد: ۵/۹۹)	متوسط کشش آب
(۱)		(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)
توان دوم قیمت آب	$P_w{}^2$	۸/۰ × ۱۰^(−۸)	۱۹/۸			
قیمت آب	P_w	-۰/۰۲	-۴۶/۰۰	۰/۹۹	۵/۷	-۲/۳
عرض از مبدأ	a_0	۷۴۳/۸	۹۶/۹			

مأخذ: یافته‌های پژوهش

$$W = ۷۴۳/۷ - ۰/۰۲P_w + (۸/۰ \times ۱۰^{-۸})P_w{}^2 \quad (۹)$$

$$\gamma_w = ۰/۰۲ + (۲ \times (۸/۰ \times ۱۰^{-۸}) \times \frac{P_w}{w}) \quad (۱۰)$$

1. Jarque-Bera (JB)

همان‌گونه که رابطه (۹) نشان می‌دهد، کشش تقاضا برای نهاده آب تابعی از مقدار مصرف آب بوده و بنابراین، واکنش کشاورزان در مقابل تغییر قیمت نهاده آب، در سطوح مختلف قیمت، یکسان نیست. این واکنش در قیمت‌های پایین کم و به‌تدریج در قیمت‌های بالاتر افزایش می‌یابد؛ به دیگر سخن، در سطوح پایین قیمت‌ها، افزایش جزئی در قیمت نهاده آب سبب کاهش معنی‌دار در مصرف آن نخواهد شد، بلکه برای کاهش مصرف نهاده آب، باید قیمت نهاده آب افزایش نسبتاً زیادی داشته باشد.

همان‌گونه که در نمودار ۱ مشاهده شد، واکنش کشاورزان به افزایش قیمت آب در قیمتی معادل ۲۷۳۸۶/۱ ریال آغاز می‌شود که این قیمت نزدیک به قیمت سایه‌ای به‌دست‌آمده با استفاده از الگوی PMP (۲۳۹۱۷/۶ ریال) است. با این همه، افزایش قیمت آب تا حد قیمت سایه‌ای معادل ۲۳۹۱۷/۶ ریال تأثیری بر تغییر مصرف آب و الگوی کشت ندارد، زیرا این قیمت در ناحیه اول نمودار ۱ قرار دارد و در این ناحیه، کشش قیمتی تقاضای نهاده آب برابر با صفر است؛ اما ارزش اقتصادی نهاده آب که از طریق ارزش پسماند محاسبه شده است (۳۵۷۶۹/۸ ریال)، در ناحیه دوم این نمودار قرار دارد و در این ناحیه، تقاضای آب کشش‌پذیر است.

نتایج تأثیر قیمت سایه‌ای و ارزش پسماند بر الگوی سطح زیر کشت و مصرف نهاده آب در جدول ۷ آمده است. دو ستون اول این جدول سطح زیر کشت و میزان مصرف آب در الگوی کشت پایه را نشان می‌دهند. در چهار ستون بعدی، اثرات هفت برابر شدن قیمت آب (رسیدن به قیمت اقتصادی حاصل از الگوی PMP معادل ۲۳۹۱۷/۶ ریال) مشاهده می‌شود. همان‌گونه که دیده می‌شود این افزایش قیمت بر سطح زیر کشت محصولات و مقدار مصرف آب کاملاً بی‌اثر است و این نتیجه با مقدار برآوردشدهٔ کشش قیمتی آب که پیش‌تر گفته شد، تطابق دارد. با این همه، در اثر اجرای این سیاست، سود نزدیک به پنجاه درصد کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج چهار ستون آخر جدول ۷، اگر قیمت اقتصادی آب ده برابر قیمت فعلی معادل ۳۵۷۶۹/۸ ریال که از روش پسماند محاسبه شده است، در نظر گرفته شود، به میزان ۲۵/۲ درصد در مصرف آب صرفه‌جویی می‌شود (ردیف ۷) و به‌دنبال آن، ۲۶/۸ درصد از سطح زیر کشت کل محصولات کاسته می‌شود (ردیف ۵) و سود نیز به مقدار قابل توجهی (۷۴/۶ درصد) کاهش می‌یابد (ردیف ۳).

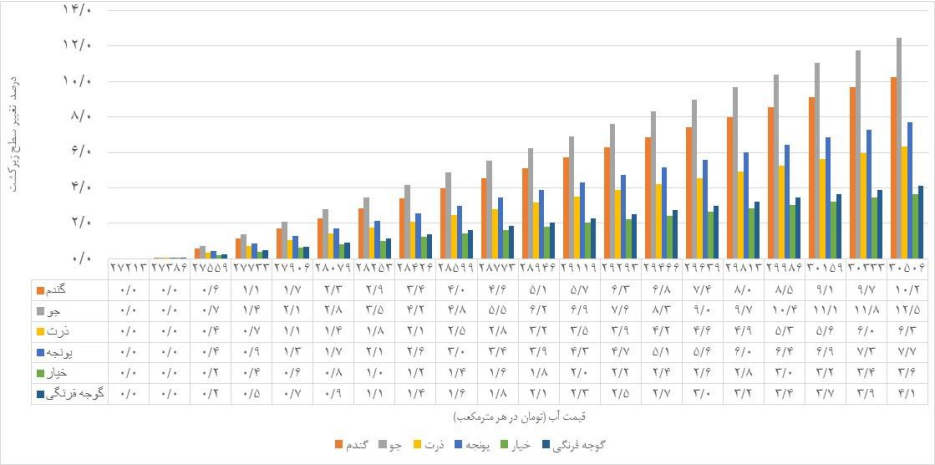
برای اینکه بتوان اثر افزایش قیمت آب را بیش از قیمت ۲۷۳۸۶/۱ ریال (در هر مترمکعب) بر الگوی کشت کشاورزان به‌طور دقیق‌تر مشاهده کرد، نتایج بررسی اثر تغییر قیمت آب بعد از این قیمت بر سطح زیر کشت محصولات کشاورزی دشت ورامین در نمودار ۲ ارائه شده است. در این نمودار، درصد تغییر سطح زیر کشت هر کدام از محصولات در بازه قیمتی ۲۷۲۱۲/۸ تا ۳۰۵۰۶/۱ ریال به ازای هر مترمکعب آب ارائه شده و نشان‌دهندهٔ روند کاهش سطح زیر کشت همه محصولات با توجه به

افزایش قیمت آب بیش از قیمت ۲۷۳۸۶/۱ ریال (در هر مترمکعب) است. به‌طور کلی، نتایج نمودار ۲ گویای آن است که در بین محصولات مورد بررسی، بیشترین تغییر در سطح زیر کشت در این بازه تغییر قیمت نهاده آب مربوط به محصول جو بوده (کاهش ۱۲/۵ درصدی)، زیرا با توجه به نتایج جدول ۳، این محصول با اینکه در مقایسه با سایر محصولات آب کمتری در هر هکتار مصرف می‌کند، اما سهم هزینه آب در هر کیلوگرم تولید آن بیش از سایر محصولات است. پس از این محصول نیز به‌ترتیب، سطح زیر کشت محصولات گندم، یونجه، ذرت علوفه‌ای، خیار و گوجه‌فرنگی به همان دلیل پیش‌گفته کاهش می‌یابد.

جدول ۷- بررسی تأثیر افزایش قیمت آب به قیمت اقتصادی از دو روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت و ارزش پسماند بر الگوی کشت دشت ورامین

ردیف/ستون	محصول	الگوی کشت مشاهده شده		قیمت آب معادل ۲۳۹۱۸ ریال بر مبنای الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (۷ برابر قیمت مشاهده‌شده)				قیمت آب معادل ۳۵۷۷۰ ریال بر مبنای روش پسماند (۱۰ برابر قیمت مشاهده‌شده)			
		سطح زیر کشت (هکتار)	میزان مصرف آب (میلیون مترمکعب)	سطح زیر کشت (هکتار)	میزان کاهش سطح زیر کشت (هکتار)	میزان مصرف آب (میلیون متر مکعب)	صرفه‌جویی در مصرف آب (میلیون متر مکعب)	سطح زیر کشت (هکتار)	میزان کاهش سطح زیر کشت (هکتار)	میزان مصرف آب (میلیون متر مکعب)	صرفه‌جویی در مصرف آب (میلیون متر مکعب)
		(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)	(۹)	(۱۰)
(۱)	گندم	۲۲۰۰۰/۰	۱۱۱/۳	۲۲۰۰۰/۰	۰/۰	۱۱۱/۳	۰/۰	۱۵۹۴۴/۹	۶۰۵۵/۱	۸۰/۷	۳۰/۶
	جو	۱۶۸۰۰/۰	۸۳/۴	۱۶۸۰۰/۰	۰/۰	۸۳/۴	۰/۰	۱۱۱۸۱/۳	۵۶۱۸/۷	۵۵/۵	۲۷/۹
	ذرت	۸۳۸۰/۰	۶۶/۶	۸۳۸۰/۰	۰/۰	۶۶/۶	۰/۰	۶۹۶۰/۰	۱۴۲۰/۰	۵۵/۳	۱۱/۳
	یونجه	۶۳۲۰/۰	۷۸/۱	۶۳۲۰/۰	۰/۰	۷۸/۱	۰/۰	۵۰۱۰/۵	۱۳۰۹/۵	۶۱/۹	۱۶/۲
	خیار	۸۵/۰	۰/۷	۸۵/۰	۰/۰	۰/۷	۰/۰	۷۶/۷	۸/۳	۰/۶	۰/۱
	گوجه‌فرنگی	۱۹۱/۵	۱/۵	۱۹۱/۵۰	۰/۰	۱/۵	۰/۰	۱۷۰/۳	۲۱/۲	۱/۳	۰/۲
(۲)	سود کل (میلیارد ریال)	۱۴۲۲۹/۴			۷۳۰۵/۷				۳۶۱۵/۴		
(۳)	میزان کاهش سود (میلیارد ریال)	-			۶۹۲۳/۷				۱۰۶۱۴/۰		
(۴)	درصد تغییر سود	-			-۴۸/۷				-۷۴/۶		
(۵)	میزان کاهش سطح زیر کشت (هکتار)	-			۰/۰				۱۴۴۳۲/۷		
(۶)	درصد تغییر سطح زیر کشت	-			۰/۰				-۲۶/۸		
(۷)	میزان صرفه‌جویی مصرف منابع آب (میلیون مترمکعب)	-			۰/۰				۸۶/۲		
(۸)	درصد تغییر مصرف منابع آب	-			۰/۰				-۲۵/۲		

مأخذ: یافته‌های پژوهش



	۲۷۲۱۳	۲۷۳۸۶	۲۷۵۵۹	۲۷۷۳۳	۲۷۹۰۶	۲۸۰۷۹	۲۸۲۵۳	۲۸۴۲۶	۲۸۵۹۹	۲۸۷۷۳	۲۸۹۴۶	۲۹۱۱۹	۲۹۲۹۳	۲۹۴۶۶	۲۹۶۳۹	۲۹۸۱۳	۲۹۹۸۶	۳۰۱۵۹	۳۰۳۳۳	۳۰۵۰۶
گندم	۰/۰	۰/۰	۰/۶	۱/۱	۱/۷	۲/۳	۲/۹	۳/۴	۴/۰	۴/۶	۵/۱	۵/۷	۶/۳	۶/۸	۷/۴	۸/۰	۸/۵	۹/۱	۹/۷	۱۰/۲
جو	۰/۰	۰/۰	۰/۷	۱/۴	۲/۱	۲/۸	۳/۵	۴/۲	۴/۸	۵/۵	۶/۲	۶/۹	۷/۶	۸/۳	۹/۰	۹/۷	۱۰/۴	۱۱/۱	۱۱/۸	۱۲/۵
ذرت	۰/۰	۰/۰	۰/۴	۰/۷	۱/۱	۱/۴	۱/۸	۲/۱	۲/۵	۲/۸	۳/۲	۳/۵	۳/۹	۴/۲	۴/۶	۴/۹	۵/۳	۵/۶	۶/۰	۶/۳
یونجه	۰/۰	۰/۰	۰/۴	۰/۹	۱/۳	۱/۷	۲/۱	۲/۶	۳/۰	۳/۴	۳/۹	۴/۳	۴/۷	۵/۱	۵/۶	۶/۰	۶/۴	۶/۹	۷/۳	۷/۷
خیار	۰/۰	۰/۰	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۱/۰	۱/۲	۱/۴	۱/۶	۱/۸	۲/۰	۲/۲	۲/۴	۲/۶	۲/۸	۳/۰	۳/۲	۳/۴	۳/۶
گوجه فرنگی	۰/۰	۰/۰	۰/۲	۰/۵	۰/۷	۰/۹	۱/۱	۱/۴	۱/۶	۱/۸	۲/۱	۲/۳	۲/۵	۲/۷	۳/۰	۳/۲	۳/۴	۳/۷	۳/۹	۴/۱

مأخذ: یافته‌های پژوهش

نمودار ۲- بررسی اثر تغییر قیمت آب بر الگوی کشت محصولات کشاورزی دشت ورامین

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

به‌طور کلی، نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن است که اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین ارزش اقتصادی آب (چه از روش پسماند و چه از روش الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت) و قیمت دریافتی از کشاورزان وجود دارد. اختلاف زیاد ارزش اقتصادی آب در مقایسه با قیمت کم دریافتی از کشاورزان منجر به سهم کم نهاده آب از کل هزینه‌های تولید (به‌طور متوسط، در بین محصولات مورد بررسی، ۱۳/۵۵ درصد) می‌شود، که به برداشت بی‌رویهٔ این نهاده و بحرانی شدن وضعیت دشت ورامین می‌انجامد. علاوه بر آن، نرخ پایین قیمت آب انگیزهٔ صرفه‌جویی و استفاده از تجهیزات مناسب برای صرفه‌جویی در مصرف آب توسط کشاورزان را در این دشت ایجاد نمی‌کند و همچنین، سبب می‌شود که از سوی بخش خصوصی نیز برای سرمایه‌گذاری در فناوری آب‌اندوز، مشارکتی صورت نگیرد. بر همین اساس، تجدید نظر در قیمت فعلی نهاده آب در این دشت ضروری به‌نظر می‌رسد. از سوی دیگر، همان‌گونه که مشاهده شد، کشش نهاده آب به‌ویژه در قیمت‌های پایین برابر با صفر بوده و این نتیجه بیانگر آن است که تغییرات اندک قیمت، گرچه سود کشاورزان را کاهش می‌دهد، باعث کاهش مصرف نهاده آب نخواهد شد، بلکه برای کاهش معنی‌دار در مقدار تقاضای نهاده آب، نیاز به افزایش قابل توجه در قیمت این نهاده است؛ اما نتایج حاصل از افزایش زیاد قیمت آب نیز بیانگر آن بود که الگوی کشت تغییر می‌کند و سود کشاورزان در کوتاه‌مدت و به‌ویژه در شرایطی که قیمت محصول ثابت بماند، بسیار

کاهش می‌یابد. از این‌رو، کاهش در سود ممکن است انگیزه کشاورزان در تولید را کاهش دهد و چه‌بسا اعمال یک‌بارهٔ این سیاست به واکنش‌های منفی از جمله مقاومت و اجتناب از پرداخت این قیمت برای نهاده آب، تنش‌های اجتماعی و نارضایتی عمومی بینجامد. از این‌رو، توصیه می‌شود که تعدیل و افزایش قیمت نهاده آب به‌طور تدریجی در بلندمدت صورت گیرد، چراکه با افزایش تدریجی قیمت آب، فناوری‌های آب‌اندوز توسط کشاورزان نیز به‌طور تدریجی به‌کار گرفته خواهد شد، که این کار منجر به کاهش مصرف آب می‌شود. همچنین، با افزایش تدریجی قیمت آب، در الگوی کشت کشاورزان رفته‌رفته سطح زیر کشت محصولات آب‌برتر بیش از دیگر محصولات کاهش می‌یابد. همان‌طور که در نتایج نیز نشان داده شد، سطح زیر کشت محصولات جو، گندم و یونجه در اثر افزایش قیمت آب کاهش بیشتری را تجربه می‌کنند، زیرا تولید یک کیلوگرم از این محصولات آب بیشتری را نسبت به محصولات دیگر می‌طلبد، در حالی که سطح زیر کشت خیار و گوجه‌فرنگی که برای تولید هر کیلوگرم از آنها آب کمتری مصرف می‌شود، کمتر کاهش می‌یابد. با اصلاح الگوی مصرف نهاده آب و کشت محصولاتی که آب کمتری مصرف می‌کنند، میزان برداشت آب از منابع آبی دشت کاهش می‌یابد و از همین رهگذر، می‌توان به ایجاد تعادل در بیلان دشت کمک کرد. علاوه بر آن، در کنار سیاست افزایش قیمت نهاده آب، می‌توان از سیاست تشویقی نیز برای کشاورزان استفاده کرد. برای نمونه، با اعطای یارانه یا تسهیلات ویژه (مانند وام با کارمزد کمتر) به کشاورزان، می‌توان آنها را به استفاده از فناوری‌های جدید آب‌اندوز تشویق کرد. به‌کارگیری این سیاست تشویقی نیز موجب کاهش مصرف آب در مزارع خواهد شد. همچنین، با به‌کارگیری سیاست‌های افزایش بهره‌وری تولید، می‌توان در راستای کاهش هزینه تمام‌شدهٔ تولید و کاهش هزینهٔ آب مصرفی به ازای هر واحد تولید محصول، گام‌هایی مؤثر برداشت.

منابع

1. Abbasi, F., Sohrab, F. & Abbasi, N. (2017). Evaluation of irrigation efficiencies in Iran. *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*, 17(67): 113-120. DOI: 10.22092/aridse.2017.109617. [In Persian]
2. Abdelhafidh, H., Brahim, M.B., Bacha, A. & Fouzai, A. (2022). Farmers' willingness to pay for irrigation water: empirical study of public irrigated area in a context of groundwater depletion. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 34(1): 44-50. DOI: 10.9755/ejfa. 2022. V 34.i1.2805.

3. Ansari, V., & Mirzaee, H. (2015). The effect of agricultural product pricing policies on the economic value of water (case study: sugar beet farming in the city of Neishabour). *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 46(3): 609-621. DOI: 10.22059/ijaedr.2015.55544. [In Persian]
4. Berbel, J., Mesa-Jurado, M.A. & Pistón, J.M. (2011). Value of irrigation water in Guadalquivir basin (Spain) by residual value method. *Water Resources Management*, 25(6): 1565-1579. DOI: 10.1007/s11269-010-9761-2.
5. Cochran, W.G. (1977). Sampling techniques. New York. John Wiley and Sons.
6. Cortignani, R., & Severini, S. (2009). Modeling farm-level adoption of deficit irrigation using Positive Mathematical Programming. *Agricultural Water Management*, 96(12): 1785-1791. DOI: 10.1016/j.agwat.2009.07.016.
7. Dehghani, A., Amirtaimoori, S. & Zare Mehrjerdi, M.R. (2020). Price and non-price policies effects of irrigation water on cropping pattern and gross profit of farmers in Shahdad County. *Irrigation and Water Engineering*, 10(4): 258-271. DOI: 10.22125/iwe.2020.110095. [In Persian]
8. Ghabaei, M., & Mousaei, M. (2022). Estimating economic value of optimal water consumption in agriculture (case study of Gachsaran gardens). *Water Resources Engineering*, 15(52): 57-72. DOI: 10.30495/wej.2022.27984.2314. [In Persian]
9. Ghaderzadeh, H., Shayanmehr, S. & Hezareh, R. (2017). Investigating the effects of pricing policy of water irrigation on cropping pattern and water consumption productivity (case study: Ghorveh-Dehgolan Plain at Kurdistan province). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, 11(4): 609-617. [In Persian]
10. Golzari, Z., Eshraghi, F. & Keramatzadeh, A. (2017). Estimating the economic value of water in wheat production in Gorgan County. *Journal of Water Research in Agriculture*, 30(4): 457-466. DOI: 10.22092/jwra.2017.109008. [In Persian]

11. Hassanli, M., Afrasiab, P., Sabouhi, M. & Ebrahimian, H. (2020). Groundwater valuation using residual method and considering water salinity in Varamin County. *Journal of Water Research in Agriculture*, 34(2): 301-315. DOI: 10.22092/jwra.2020.122265. [In Persian]
12. Hassanvand, M., Joolaei, R., Keramatzadeh, A. & Eshraghi, F. (2018). Application of positive mathematical programming model to analyze the effect policy of changes in price and quantity of agricultural water on cropping pattern of crops in Neka County. *Agricultural Economics*, 12(3): 71-93. DOI: 10.22034/iaes.2018.26446.1130. [In Persian]
13. Hosseinzad, J. (2004), Determination of appropriate water pricing method in agriculture (case study of Alavian dam and network). PhD Dissertation, University of Tehran, Iran. [In Persian]
14. Huang, Q., Rozelle, S., Howitt, R.E., Wang, J. & Huang, J. (2010). Irrigation water demand and implications for water pricing policy in rural China. *Environment and Development Economics*, 15: 293-319. DOI: 10.1017/S1355770X10000070.
15. IWRMC (2019). Forbidden plains of Iran. Tehran: Iran Water Resources Management Company (IWRMC). Available at https://www.danab.ir/wp-content/uploads/2020/09/total97.pdf. [In Persian]
16. IWRMC (2018). Studies on updating the balance of water resources of the study areas of the Namak Lake basin, the report of the water balance of the study area of Varamin (4134). Tehran: Iran Water Resources Management Company (IWRMC). [In Persian]
17. Jalilpiran, H. (2012). The role of water pricing in the agricultural sector on the balance of water resources. *Economic Journal*, 12(2): 119-128. [In Persian]
18. Khalilian, S., & Rahmati, P. (2017). Analysis of the effects of price increase and water supply reduction on input consumption and sustainability indicators of Qazvin Plain farms. Seventh Global Conference on Sustainable Agriculture and Natural Resources, Tehran. [In Persian]
19. Medellín-Azuara, J., Howitt, R. & Harou, J. (2012). Predicting farmer responses to water pricing, rationing and subsidies assuming profit

maximizing investment in irrigation technology. *Agricultural Water Management*, 108: 73-82. DOI: 10.1016/j.agwat.2011.12.017.

20. Medellín-Azuara, J., Howitt, R.E., Waller-Barrera, C., Mendoza-Espinosa, L.G., Lund, J.R. & Taylor, J.E. (2009). A calibrated agricultural water demand model for three regions in northern Baja California. *Agrociencia*, 43(2): 83-96.
21. Mesa-Jurado, M.A., Martin-Ortega, J., Ruto, E. & Berbel, J. (2012). The economic value of guaranteed water supply for irrigation under scarcity conditions. *Agricultural Water Management*, 113: 10-18. DOI: 10.1016/j.agwat.2012.06.009.
22. Mirzaee, H. (2014). Study of optimal water allocation in the subsectors of agricultural sector (case study of Neyshabur Plain). Master Thesis of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Economics, University of Tehran. [In Persian]
23. Mohammadjani, I., & Yazdanian, N. (2015). The analysis of water crisis conjecture in Iran and the exigent measures for its management. *Journal of Ravand*, 21(65-66): 117-144. [In Persian]
24. Mohtashami, T. (2011). The projection of the supply and demand gap of Iran's main agricultural products. PhD Dissertation, University of Tehran, Iran. [In Persian]
25. Mousapour Siahjel, Sh., Hosseini, M., Ahmadpour Borazjani, M. & Norouzian, M. (2021). The effect of irrigation water subsidy reduction policy on farmer's water demand and area under cultivation of agricultural products. *Journal of Water Management in Agriculture*, 8(1): 103-114. [In Persian]
26. Mousavi, H., Ranjbaran, F. & Najafi Alamdarloo, H. (2019). Determination of economic value of agricultural water in greenhouse cultivation of Qazvin Plain. *Journal of Soil and Plant Interactions* (Isfahan University of Technology), 10(2): 55-68. DOI: 10.29252/ejgcst.10.2.55. [In Persian]
27. Mu, L., Wang, Y. & Xue, B. (2023). Does the dynamic adjustment of agricultural water prices drive variation of the agricultural production? *Research Square*. DOI: 10.21203/rs.3.rs-2470829/v1.

28. Mu, L., Wang, C., Xue, B., Wang, H. & Li, S. (2019). Assessing the impact of water price reform on farmers' willingness to pay for agricultural water in northwest China. *Journal of Cleaner Production*, 234: 1072-1081. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.06.269.
29. Nabizadeh Zolpirani, M., Amirnejad, H. & Shahnazari, A. (2018). Estimating the cost of water and the economic value of water in the farmlands covered by man-made ponds: a case study of the Alborz project area in Iran. Iranian Association of Agricultural Economics, *International Journal of Agricultural Management and Development (IJAMAD)*, 9(1): 35-46. DOI: 10.22004/ag.econ.292519.
30. Oulmane, A., Frija, A. & Brabez, F. (2019). Modelling farmers' responses to irrigation water policies in Algeria: an economic assessment of volumetric irrigation prices and quotas in the Jijel-Taher irrigated perimeter. *Irrigation and Drainage*, 68(3): 507-519. DOI: 10.1002/ird.2327.
31. Paris, Q., & Howitt, R.E. (1998). An analysis of ill-posed production problems using maximum entropy. *American Journal of Agricultural Economics*, 80(1): 124-138. DOI: 10.2307/3180275.
32. Rodrigues, G.C., da Silva, F.G. & Coelho, J.C. (2021). Determining farmers' willingness to pay for irrigation water in the Alentejo region (southern Portugal) by the residual value method. *Agronomy*, 11(1): 142-156. DOI: 10.3390/agronomy11010142.
33. Spielman, D., Ekboir, J. & Davis, K. (2009). The art and science of innovation systems inquiry: applications to Sub-Saharan African agriculture. *Technology in Society*. 31(4): 399-405. DOI: 10.1016/j.techsoc.2009.10.004.
34. Tahamipour, M., Kalashami, M. & Chizari, A. (2015). Irrigation water pricing in Iran: the gap between theory and practice. *International Journal of Agricultural Management and Development (IJAMAD)*, 5(2): 109-116. DOI: 10.5455/ijamd.168344.
35. Tahamipour, Z., & Yazdani, S. (2017). The role of economic instruments in IWRM: the case study of irrigation water pricing in western basins of Iran. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 47(3): 545-556. DOI: 10.22059/ijaedr.2016.60223. [In Persian]

36. Tazzori, N., Banihabib, M.E., Hashemi Shahdani, S.M. & Hassani, Y. (2021). Determination of agricultural water prices based on sustainable development criteria, case study of Qazvin irrigation network. *Iranian Journal of Ecohydrology*, 8(2): 461-473. DOI: 10.22059/ije.2021.317877.1462. [In Persian]
37. Young, R.A., & Loomis, J.B. (2014). Determining the economic value of water: concepts and methods. New York: Routledge. DOI: 10.4324/9780203784112.
38. Zare, S., Mohammadi, H., Sabouhi, M., Ahmadpour, M. & Mohaddes Hosseini, S.A. (2019). The effect of groundwater management policies under balance condition on sugar beet cultivation area in Razavi Khorasan province. *Journal of Sugar Beet*, 35(1): 103-119. DOI: 10.22092/jsb.2019.121201.1183. [In Persian]