Archive of SID

تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال هفدهم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰
Volume 17, No. 3, Fall 2021 (IR-WRR)
۱۸۱-۱۹۷

تحلیل مالی پروژه آبرسانی از رودخانه شاهرود به دشت قزوین و ارزیابی آثار اقتصادی بالقوه آن در زیربخش کشاورزی حوضه مقصد

ابوالفضل محمودی[۱] و ابوذر پرهیزکاری[۲*]

چکیده

طی سال‌های اخیر یکی از اقداماتی که برای مقابله با معضل کم‌آبی مورد توجه قرارگرفته، اجرای طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای است. این کار که عمدتاً جهت تأمین منابع آب موردنیاز در مناطق پایین‌دست صورت می‌گیرد، می‌تواند بر اقتصاد حوضه‌های مقصد اثرگذار باشد. از این رو، در این مطالعه اثرات اقتصادی بالقوه طرح آب‌رسانی از رودخانه شاهرود به دشت قزوین ارزیابی شد. برای تحقق این هدف، ابتدا با استفاده از روش نسبت هزینه- فایده (CBR)، اجرایی‌شدن این طرح به لحاظ صرفه اقتصادی و سودمندی مالی ارزیابی گردید و سپس، با به‌کارگیری رویکرد مدل‌سازی برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP) اثرات و پیامدهای اجرایی شدن این طرح در حوضه مقصد تحلیل شد. داده‌ها و اطلاعات موردنیاز مربوط به سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ می‌باشند. نتایج نشان داد که اجرای طرح انتقال آب به دشت قزوین از طریق رودخانه شاهرود برای نرخ‌های تنزیل پنج تا ۲۰ درصد توجیه اقتصادی دارد. ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب آبیاری معادل با ۳۷۲۰ ریال برآورد شد و نتایج حاصل از مدل اقتصادی نشان داد که پس از اجرای طرح آبرسانی به دشت قزوین، سطح زیرکشت محصولات با صرفه اقتصادی بالاتر مانند چغندرقند، گوجه‌فرنگی، ذرت دانه‌ای و یونجه افزایش یافته و سطح زیرکشت گندم آبی، جو آبی و کلزا کاهش یافته است. مجموع سود ناخالص کشاورزان نیز پس از اجرای طرح انتقال آب ۶/۳۴ تا ۱۱/۵ درصد افزایش یافته است. در پایان، با توجه به اثرات مثبت حاصل از اجرای طرح آبرسانی به دشت قزوین، جهت پایداری و صیانت از منابع آبی این منطقه، اصلاح نظام قیمت‌گذاری آب آبیاری به مسئولین و نهادهای موظف و توسعه و تداوم کشت محصولات با صرفه اقتصادی بالاتر در الگوی زراعی به کشاورزان پیشنهاد شده است.

کلمات کلیدی: انتقال آب بین حوضه‌ای، برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی، تقاضای آب، تحلیل هزینه- فایده، دشت قزوین.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱/۲۱
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۷/۱۶

Financial Analysis of the Qazvin Plain Water Supply Project from Shahroud River and Assessing its Potential Economic Impacts in Agricultural Sub-division of the Destination Basin

A. Mahmoodi[1] and A. Parhizkari[2]*

Abstract

In recent years, inter-basin water transfer projects are one of the measures taken into consideration for the problem of water shortage in some parts of the country. Providing the required water resources for the downstream areas using such projects can affect the economy of the destination basin. In this study, the economic and social impacts on the destination basin are evaluated for the water supply project conveying water from Shahroud River to Qazvin plain. To achieve this goal, first using the cost-benefit ratio (CBR) method, the project was evaluated in terms of economical and financial profitability. Then, using the positive mathematical programming (PMP) method, the effects and consequences of this plan in the destination basin were analyzed. Data and information required for this study are related to crop years 2016-2017. The proposed planning model was solved in GAMS software. The results showed that the transfer of water from Shahrood river to Qazvin plain is economicaly feasible for discount rates of 5 to 20 percent. The economic value of each cubic meter of irrigation water is estimated as 3720 rials. The results of the economic model showed that after implementation of the water supply plan, the area under cultivation for profitable products such as sugar beet, tomatoes, corn, and alfalfa is increased and cultivated area of irrigated wheat, irrigated barley and canola is reduced. Also the total farmers' gross profit increases is estimated as 6.34 to 11.5 percent after the implementation of the water transfer plan. Finally, considering the positive effects of implementing the water supply project, irrigation water pricing reform is recommended to the authorities and institutions in charge and development and continuation of cultivation of profitable products is recommended to farmers.

Keywords: Inter-Basin Water Transfer, Positive Mathematical Programming, Water Demand, Cost-Benefit Analysis, Qazvin Plain.

Received: April 10, 2021
Accepted: October 8, 2021

۱- دانشیار اقتصاد کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
۲- دانشجوی دکترای اقتصاد کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
*- نویسنده مسئول

1- Associate Professor in Agricultural Economics, Payam Noor University, Tehran, Iran.
2- Ph.D. Student of Agricultural Economics, Payam Noor University, Tehran, Iran. Email: Abozar.parhizkari@yahoo.com
*- Corresponding Author

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان زمستان ۱۴۰۰ امکانپذیر است.

Dor: 20.1001.1.17352347.1400.17.3.10.5

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

افزایش روز افزون نیاز به منابع آب برای تأمین مقاصد مختلف، مسأله دست‌یابی به آب شیرین را با مشکلات و محدودیت‌های فراوانی روبه‌رو کرده است. این مسأله در داخل کشور به دلیل عدم هم‌خوانی توزیع مکانی منابع آب محدود و نقاط دارای سطح تقاضای آبی بالا، به‌صورت جدی‌تری مطرح می‌باشد. در این میان، انتقال بین حوضه‌ای آب و اجرایی نمودن طرح‌های آبرسانی به‌عنوان راهکاری مهم و مناسب برای حل مشکل کمبود آب در مناطق خشک و کم‌آب از دیرباز مطرح بوده است. وجود معیارهای مختلف و محدودیت منابع مالی، مطالعه و ارزیابی این طرح‌ها را دشوار نموده است (Rofi, 2013; Shamsai et al., 2013). قرار گرفتن ایران در منطقه نیمه‌خشک و توزیع نامتناسب منابع آب، نزولات جوی و خاک در سطح کشور در کنار عواملی چون تغییرات اقلیم، خشکسالی، حفظ محیط‌زیست، وضعیت خاص اکولوژیکی و ایجاد تعادل منطقه‌ای متناسب با نیازهای توسعه از یک‌سو و توجه به توزیع متوازن و مدیـریت بهینه منابع آب از سوی دیگر، اجـرای پروژه‌های آبرسانی را بـه‌عنوان یک راهبرد اساسی مطرح کرده است (Halabian and Shabankari, 2010; Parhizkari, 2013; Shahraki and Mohammadi, 2017).

دشت قزوین که حوضه مقصد در تحقیق حاضر می‌باشد، یکی از دشت‌های مستعد کشور برای تولید محصولات زراعی است. طی سال‌های اخیر، به وجود آمدن شکاف بین قیمت واقعی آب و قیمتی پرداختی کشاورزان به عنوان آب‌بها، سبب مصرف بی‌رویه آب آبیاری و کاهش راندمان در این دشت شده است (Parhizkari and Badi Barzin, 2017). تأمین آب‌های سطحی از طریق بارندگی و تشکیل رودخانه‌های فصلی و کاهش بارندگی و عدم وجود رودخانه‌های فصلی در فصول گرم سال موجب شده تا کشاورزان آب موردنیاز مزارع خود را با برداشت از آب‌های زیرزمینی فراهم نمایند. این عامل باعث افت سطح آب‌های زیرزمینی و منفی‌شدن بیلان آب در اغلب نقاط این دشت، به‌ویژه در بخش‌های جنوبی آن شده است (Parhizkari, 2013). افزون بر منابع آب سطحی‌ای که از طریق رودخانه‌های فصلی خررود، ابهررود و حاجی‌عرب در دشت قزوین جریان می‌یابند، بخش دیگری از منابع آب از طریق کانال انتقال آب سد طالقان فراهم می‌شود. حجم آب ذخیره‌ای این سد علاوه بر تأمین بخشی از آب کشاورزی دشت قزوین به منظور تأمین آب شرب استان‌های تهران و البرز نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ministry of Energy, 2018). طی سال‌های اخیر، کاهش نزولات آسمانی و کم شدن آورد رودخانه‌ها و جریانات ورودی به این سد از یک‌سو و افزایش جمعیت استان‌های تهران و البرز و تأمین آب شرب آن‌ها از سوی دیگر سبب شده تا سهمیه آب کشاورزی دشت قزوین از حجم ذخیره‌ای سد طالقان کاهش یابد. این امر طی سال‌های اخیر مسئولین ذیربط را بر آن داشته تا آب آبیاری موردنیاز دشت قزوین را از طریق انتقال سرشاخه‌های الموت رود (با احداث سد، بندهای انحرافی و تونل انتقال آب) تأمین نمایند. براساس گزارش‌های شرکت آب منطقه‌ای استان قزوین و با توجه به مشخصات کلی طرح انتقال آب بین حوضه‌ای از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین، سالانه حدود ۳۷۰ میلیون متر مکعب، حجم آب قابل انتقال به دشت قزوین است که این امر می‌تواند بر الگوی کشت زارعین منطقه مقصد و وضعیت معیشتی و اقتصادی آن‌ها تأثیر بسزایی داشته باشد (Qazvin Province Regional Water Company, 2018).

اگرچه که انتظار می‌رود اجرایی شدن پروژه آبرسانی به دشت قزوین از طریق رودخانه شاهرود (سرشاخه‌های الموت‌رود) مسئولین این منطقه را در جهت رفع مشکلات و مسائل فوق یاری رساند، اما با توجه به پیچیدگی و گستردگی این پروژه، محدودیت منابع اجرایی آن و پیشرفت فیزیکی کمی که طی سال‌های اخیر (پس از تصویب توسط هیئت دولت در دهه ۸۰ و پیگیری مسئولین وزارت نیرو پس از آن) داشته، نیاز است تا اجرایی شدن آن قبل از هر چیز به لحاظ صرفه اقتصادی و سرمایه‌گذاری مالی مورد ارزیابی و تحلیل قرار گیرد و اثرات اقتصادی بالقوه آن با بررسی‌های به‌عمل آمده در الگوی بهینه زراعی، وضعیت درآمدی کشاورزان، اشتغال‌زایی و غیره ارزیابی شوند. بر این اساس، پژوهش حاضر جهت پاسخگویی به سؤال‌های زیر انجام می‌شود: آیا پروژه آبرسانی به دشت قزوین از طریق رودخانه شاهرود یا سرشاخه‌های الموت‌رود به لحاظ اقتصادی توجیه‌پذیر است؟ آیا اجرای پروژه آبرسانی به دشت قزوین از طریق رودخانه شاهرود یا سرشاخه‌های الموت‌رود الگوی کشت و بازده ناخالص کشاورزان حوضه مقصد را متأثر می‌سازد؟

انتقال آب در واقع شامل انتقال فیزیکی منابع آب از یک منطقه (به عنوان منطقه یا حوضه پر آب) به منطقه دیگر (به عنوان منطقه یا حوضه کم آب) است. این انتقال منشأ تغییرات بسیاری در الگوی کشت، سود ناخالص کشاورزان، محیط‌زیست طبیعی، مهاجرت، توقف تولید در صنایع کوچک وابسته به کشاورزی و غیره در حوضه‌های مبدأ می‌باشد و منجر به رفع کمبودها در مناطق مقصد می‌شود. از این رو، بررسی آثار بالقوه اجرای طرح‌های انتقال آب، به خصوص در حوضه‌های گیرنده یا مقصد قبل از اجرایی شدن این طرح‌ها امری ضروری و حائز اهمیت است. هدف از مدیریت انتقال آب بین حوضه‌ای، تفکر بهره‌برداری بهینه از منابع آبی بین دو حوضه مبدأ و مقصد است؛ به نحوی که حداقل چالش‌ها در حوضه مبدأ ایجاد گردد و اهداف

www.SID.ir

Archive of SID

بلندمدت در حوضه مقصد محقق شوند. این امر باید از طریق مدیریت فرابخشی و لحاظ عوامل فنی- اقتصادی در گام نخست و در نظرگرفتن عوامل زیست‌محیطی با تأکید بر ملاحظات اجتماعی- سیاسی در گام بعدی صورت گیرد. اگرچه که قدمت طرح‌های آب‌رسانی به مناطق خشک و کم‌آب به هزاران سال پیش برمی‌گردد، ولی ضرورت طرح این موضوع از ۲۰۰ سال پیش تاکنون بیشتر احساس شده است (Parhizkari et al., 2015).

افزون بر موارد فوق، مطالعات داخلی و خارجی متعددی طی سال‌های اخیر در زمینه ارزیابی پیامدها و اثرات ناشی از اجرای طرح‌های آب‌رسانی و پروژه‌های انتقال آب بین حوضه‌ای انجام شده است. Alfarra (2004) به‌منظور بررسی سیستم حوضه دریاچه نایواشا در کنیا و ارزیابی قابلیت آن برای انتقال آب بین حوضه‌ای در یک قالب جامع‌نگر از نرم‌افزار کاربردی WEAP استفاده کرد. هدف از انجام این تحقیق، بررسی قابلیت منطقه مبدأ برای اجرای پروژه آبرسانی و یافتن علل و نوع مشکلات آتی برای انجام این طرح بود. نتایج حاصل بروز مشکلاتی مانند کم‌آبی، کاهش سطح روان‌آب‌ها و جریانات سطحی، کاهش سطح سفره‌های ایستابی و عدم توازن بین عرضه و تقاضای آب را در مناطق صادرکننده طی دوره‌های آتی و بلندمدت نشان داد.

Schuol et al. (2008) با انجام مطالعه‌ای در راستای طرح محاسبه توزیع زمانی و مکانی مقدار آب دردسترس جهانی از شبیه SWAT برای تخمین کل آب قابل دسترس غرب آفریقا در سطح چهار میلیون کیلومتر مربع از حوضه‌های آبی استفاده کردند. علت استفاده از شبیه فوق در این تحقیق، توانایی آن در شبیه‌سازی تراز آب‌شناسی پس از انتقال آب بین حوضه‌ای به‌صورت ساده و واقع‌بینانه بیان شد. نتایج نشان داد که اجرای طرح‌های انتقال آب میزان منابع آب دردسترس حوضه‌های مبدأ را کاهش داده است. Halabian and Shabankari (2010) اثرات و پیامدهای ناشی از طرح انتقال آب از بهشت‌آباد به زاینده‌رود را ارزیابی و تحلیل نمودند. نتایج نشان داد که پیچیده بودن این طرح به سبب تعدد عوامل درگیر نظیر فاکتورهای اقتصادی، اجتماعی، فنی، زیست‌محیطی بوده و مسائلی چون حفظ تعادل حیاتی منابع آب، طولانی بودن مسیر انتقال، نیاز مبرم به سازه‌های سنگی، سرمایه‌گذاری‌های کلان، گستردگی مناطق تحت پوشش، بالا بودن ریسک انتقال، مسائل حقابه‌بران از مهم‌ترین چالش‌های موجود بر سر راه مدیران این طرح انتقال آب می‌باشند. Worakijthamrong and Cluckie (2013) اثرات انتقال آب رودخانه تز را بر منابع آب زیرزمینی در کشور انگلستان مورد بحث و بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که از کل میزان آب رهاشده از سد کاوگرین، در حدود ۱۷/۵ درصد به‌صورت موقت در کناره‌های رود ذخیره می‌شود. علاوه بر این، مناطق چهار و پنج مدل رودخانه شامل نواحی پایین‌دست آن، با مقدار قابل توجهی رسوب‌گذاری آبرفت از بهترین مکان‌های ذخیره‌سازی با مقادیر ۴/۵ و ۶/۷ درصد از کل آب رهاشده از مخزن اصلی بودند. Dehghan Monshadi et al. (2013) با استفاده از مدل ارزیابی آب و خاک[1] (SWAT) به برآورد آب مجازی حوضه آبخیز و نقش آن در سامانه انتقال آب بین حوضه‌ای از سرشاخه‌های کارون (رود سولکان) به دشت رفسنجان پرداختند. نتایج به دست آمده نشان داد اگرچه حوضه مقصد در مطالعه حاضر (دشت رفسنجان) میزان تبخیر و تعرق بالایی دارد و توان آب مجازی در آن پایین است، اما علاوه بر کاهش هزینه‌های انتقال و پیامدهای مضر انتقال آب برای منطقه، کشت و صنعت خوزستان و کشاورزی خوزستان به ترتیب ۱۸/۹ و ۷/۲۵ میلیارد ریال سود ناخالص به دست آورده‌اند. Mehrshad and Esmailian (2015) به ارزیابی اثرات طرح‌های انتقال آب بین حوضه‌ای بر آینده منابع آب حوضه‌های مبدأ (مطالعه موردی حوضه بهشت‌آباد) پرداختند. نتایج نشان داد که ادامه روند توسعه طرح مذکور موجب افت سطح آبخوان‌های حوضه در طول دوره شبیه‌سازی و قرارگیری دشت‌ها در وضعیت بحرانی خواهد شد که این امر در شرایط تغییرات اقلیمی با سرعت و شتاب بیشتری رخ خواهد داد. همچنین، انتقال آب بیش از MCM300 در شرایط ادامه روند توسعه حوضه بهشت‌آباد، موجب عدم تأمین حداقل نیاز رودخانه پایین‌دست می‌شود. Parhizkari et al. (2015) با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی[2] (PMP) و مدل SWAP به ارزیابی اقتصادی خسارت‌های ناشی از انتقال آب بین حوضه‌ای سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین پرداختند. نتایج نشان داد که انتقال بین حوضه‌ای آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین با ایجاد محدودیت در عرضه آب آبیاری منجر به کاهش مجموع سطح زیرکشت محصولات منتخب، کاهش سود ناخالص کشاورزان و افزایش ارزش اقتصادی آب در مناطق الموت شرقی و غربی (حوضه‌های مبدأ) می‌شود. همچنین، نتایج نشان داد که افزایش مهاجرت روستاییان، توسعه شهرنشینی و اختلال در اکوسیستم حوضه مبدأ از پیامدهای احتمالی این طرح هستند. Soltani et al. (2017) در تحقیقی با استفاده از روش‌های اقتصادسنجی و معادلات ساختاری به ارزیابی پیامدهای احتمالی انتقال آب حوضه زاب به دریاچه ارومیه پرداختند. نتایج نشان داد که در بین پیامدهای مثبت، مؤلفه زیست‌محیطی با میزان اثر ۰/۸۵ و از میان پیامدهای منفی، مؤلفه اجتماعی- فرهنگی با میزان اثر ۱/۱۰ بیشترین تأثیرگذاری را در اجرای طرح انتقال آب به این حوضه دارند. Mohammadi et al. (2019) به امکان‌سنجی اجرای پروژه‌های انتقال آب بین حوضه‌ای در فلات مرکزی ایران و منطقه بهشت‌آباد پرداختند. ارزیابی جامع پیامدهای اجتماعی- فرهنگی این طرح نشان داد که سطح معقولی از قطعیت وجود دارد که اجرای آن، سبب بروز مشکلاتی در حوضهٔ مبدأ خواهد

www.SID.ir

Archive of SID

شد؛ بنابراین باید از هرگونه تعجیل در اجرای این طرح پرهیز کرد و ضمن تردید در اجرای آن، تنها در صورت تطبیق با اصول توسعهٔ پایدار، ضوابط آمایش سرزمین و پایداری محیطزیست و سایر پیامدهای احتمالی، به‌درستی تصمیم‌گیری نمود.

مطالعات بررسی‌شده نشان می‌دهند که اجرای طرح‌های آبرسانی و یا پروژه‌های انتقال آب بین حوضه‌ای اثرات متعددی را در زیربخش کشاورزی و منابع آب حوضه‌های مبدأ دارد. در اغلب تحقیقات از روش‌های توصیفی و نرم‌افزاری جهت پیش‌بینی آثار طرح‌های انتقال آب در حوضه‌های مبدأ استفاده شده است، اما تحقیق حاضر با نوآوری بهره‌مندی از سیستم مدل‌سازی جامع و پیشرفته افزون بر ارزیابی مالی- اقتصادی اجرای پروژه آبرسانی از رودخانه شاهرود به دشت قزوین به بررسی اثرات ناشی از آن در حوضه مقصد (و نه مبدأ) پرداخته است. وجه مشترک مطالعات پیشین، نگرانی‌ها از حیث کم شدن منابع آبی در حوضه‌های مبدأ پس از اجرای طرح‌های آبرسانی است، اما نوآوری این مطالعه تمرکز بر تحلیل و ارزیابی آثار بالقوه ناشی از اجرای طرح انتقال آب در حوضه مقصد است.

۲- روش انجام تحقیق

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

استان قزوین در حوزه مرکزی ایران با مساحتی معادل ۱۵۸۲۱ کیلومتر مربع قرار دارد و به علت موقعیت منحصر به فرد دشت قزوین یکی از مناطق مستعد کشور برای تولید محصولات کشاورزی است. سالانه بیش از ۲۰۰ میلیون مترمکعب اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی این دشت صورت می‌پذیرد (Ehsani et al., 2010; Mahmoodi and Parhizkari, 2016). مجموع تغذیه آبخوان‌های این استان ۱۲۶۰/۵ میلیون مترمکعب است، درحالی که مجموع تخلیه از آن‌ها به ۱۴۵۸/۶۶ میلیون مترمکعب نیز می‌رسد. میانگین بارش باران نیز در این استان ۲۳۴/۱ میلی‌متر بوده که حدود ۸ درصد کمتر از متوسط بارندگی در کشور است (Qazvin Province Regional Water Company, 2018). آب‌های سطحی در این استان در دو حوزه آبخیز شمالی (حوزه سفیدرود) و جنوبی (حوزه رود شور) جاری می‌باشند. حوزه آبخیز شمالی شامل رودخانه‌های طالقان رود و الموت‌رود است که با هم شاهرود را تشکیل می‌دهند. این حوزه با میانگین آورد سالانه ۷۵۰ میلیون مترمکعب در شهر لوشان از استان قزوین خارج می‌شود (Mahmoodi and Parhizkari, 2016). شکل ۱ حوضه مقصد (دشت قزوین) و مسیر انتقال آب از رودخانه شاهرود و سرشاخه‌های الموت‌رود به آن را نشان می‌دهد.

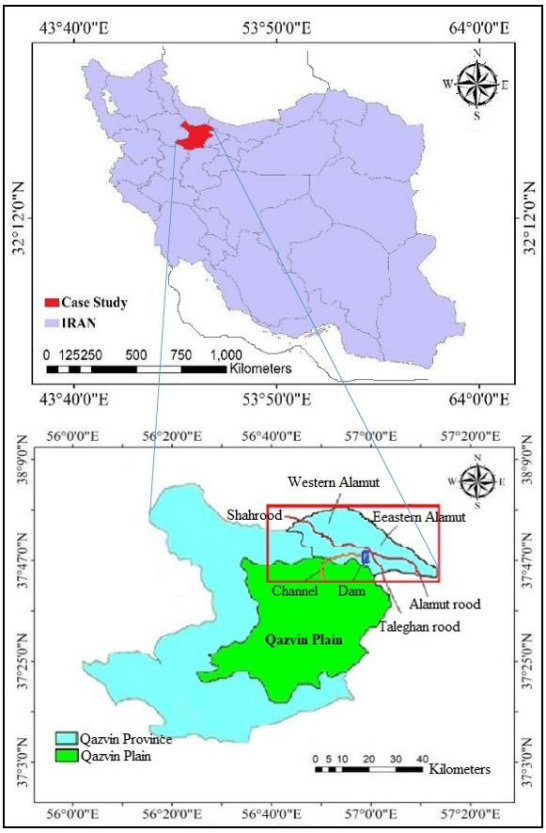

Fig. 1- Location of Qazvin plain and the water transfer route from Shahroud river

شکل ۱- موقعیت دشت قزوین و مسیر انتقال آب از رودخانه شاهرود به آن

۲-۲- مشخصات پروژه انتقال آب به دشت قزوین

پروژه آبرسانی به دشت قزوین از طریق رودخانه شاهرود و سرشاخه‌های الموت‌رود با استفاده از امکانات و تأسیساتی چون احداث سد ذخیره‌ای با ظرفیت ۲۱۰ میلیون مترمکعب، حفر تونل‌های انتقال آب به طول ۳۷/۵ کیلومتر، لوله‌کشی و به‌کارگیری سیستم‌های انتقال آب بر اساس توپوگرافی زمین یکی از بزرگ‌ترین پروژه‌های انتقال آب در کشور محسوب می‌شود (Qazvin Province Regional Water Company, 2018) که با هدف از بین بردن تنش کم‌آبی، کاهش تلفات آب در اثر فرونشست و تبخیر بالا، توسعه کشت محصولات زراعی، افزایش حد ایستابی سطح سفره‌های آب زیرزمینی، ایجاد اشتغال، محرومیت‌زدایی و کاهش فقر، استقرار امنیت پایدار، بهبود وضعیت درآمدی کشاورزان و مقابله با مشکلات زیست‌محیطی و اجتماعی به وجود آمده در اثر عواملی چون خشکسالی، کاهش نزولات آسمانی، کم شدن آورد رودخانه‌های خررود، حاجی‌عرب و ابهررود و افت شدید منابع آب ذخیره‌ای سد طالقان، با تصمیم هیأت دولت و مسئولین وزارت نیرو در سال ۱۳۹۴ تصویب شد و در حال حاضر با

www.SID.ir

Archive of SID

انجام مطالعات در بخش مقدماتی در مرحله اجرا قرار دارد (Ministry of Energy, 2018). این طرح پس از اجرایی شدن به‌صورت کامل، با گستردگی در مناطق مختلفی از دشت قزوین حدود ۱۴۰ هزار هکتار از اراضی زراعی منطقه را تحت پوشش خود قرار خواهد داد. منابع آبی تأمین‌کننده در اجرای این طرح، جریانات سطحی حاصل از رودخانه شاهرود یا سرشاخه‌های الموت‌رود (با آورد سالانه‌ای در حدود ۲۵۰ میلیون مترمکعب) و سرشاخه‌های رودخانه‌های ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ (با آورد سالانه‌ای حدود ۱۲۰ میلیون مترمکعب) درنظر گرفته شده‌اند (Qazvin Province Regional Water Company, 2018).

۲-۳- فرآیند ارزیابی و تحلیل هزینه- فایده

فرآیند کار در روش تحلیل هزینه- فایده[3] (CBR) شامل سه مرحله یا گام است. ابتدا اهداف طرح شناسایی و مشخص می‌شوند، سپس هزینه‌ها و فواید اجرای اهداف طرح برآورد می‌گردند و در پایان، اجرا یا عدم اجرای طرح براساس شاخص نسبت فایده به هزینه ارزیابی می‌شود (Worakijthamrong and Cluckie, 2013; Shahraki and Mohammadi, 2017). شاخص نسبت منافع به هزینه رویکردی در تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاری محسوب می‌شود که عمدتاً برای یک طرح یا پروژه خاص (بدون قیاس با طرح‌ها و پروژه‌های دیگر) مورد استفاده قرار می‌گیرد. این شاخص به لحاظ کمیت و مقداری، از تقسیم ارزش فعلی فواید حاصل از اجرایی شدن یک طرح یا پروژه بر ارزش فعلی هزینه‌های ناشی از آن طرح به دست می‌آید (Byrd and Gildestad, 2011; Emami Meybodi and Khosroshahi, 2013). شاخص نسبت منابع به هزینه با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$CBR=\frac{\sum_{t=1}^{n}\frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{n}\frac{C_t}{(1+r)^t}} \qquad (۱)$$

در رابطه بالا، B_t درآمد حاصل از اجرای پروژه، C_t هزینه‌های پروژه طی دوره زمانی موردنظر (از سال t=1 تا سال t=n) و r نیز نرخ تنزیل یا بهره بازاری مورد انتظار است. معیار تصمیم‌گیری در این روش بدین صورت است که اگر مقدار محاسباتی شاخص CBR بیشتر از یک یا واحد باشد (مادامی که مجموع هزینه‌ها < مجموع فواید)، طرح یا پروژه موردنظر دارای توجیه اقتصادی است، اما اگر نسبت منافع به هزینه کمتر از واحد (یک) باشد، اجرای طرح توصیه نمی‌شود و توجیه اقتصادی یا مالی ندارد (Worakijthamrong and Cluckie, 2013; Jafarian and Mohseni, 2015; Shahraki and Mohammadi, 2017).

۲-۴- مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP)

مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP) کاربرد وسیعی در زمینه بهینه‌یابی و شبیه‌سازی دارد و در این راستا بر سایر مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی برتری نسبی دارد (Rohm and Dabbert, 2003). این مدل علاوه بر بخش کشاورزی، امروزه در بخش مدیریت منابع آب نیز برای تحلیل سیاست‌های طرف عرضه و تقاضای آب آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد (Griffin, 2006; Parhizkari and Badie Barzin, 2017). این مدل اولین بار توسط پرفسور هاویت جهت غلبه بر مشکلات موجود در مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی هنجاری[4] (NMP) توسعه داده شد. این مدل برخلاف مدل NMP، سنجش مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی را نسبت به سال مبنا یا پایه امکان‌پذیر نموده و داده‌های مشاهده شده برای سطح فعالیت‌ها در سال مبنا یا پایه را با بهره‌گیری از محدودیت واسنجی یا کالیبراسیون، محقق می‌سازد. این مزیت مهم مدل PMP که در سه مرحله متوالی و وابسته به هم واسنجی می‌شود، کاربرد آن را به عنوان یک ابزار مدیریتی مناسب در زمینه تحلیل سیاست در سطح خرد و کلان توسعه داده است (Howitt et al., 2015; Parhizkari, 2017). سیستم مدل‌سازی اقتصادی مورد استفاده در این تحقیق که الگو گرفته شده از روش کاربردی Howitt (2005)، Heckelei (2002) و Cortignani and Severini (2009) است مطابق با شکل ۲، در سه مرحله متوالی واسنجی می‌شود (Parhizkari, 2017).

۲-۴-۱- مرحله اول: حل مدل برنامه‌ریزی خطی و برآورد مقادیر دوگان یا قیمت‌های سایه‌ای محدودیت‌ها

در این مرحله یک مسأله برنامه‌ریزی خطی[5] (LP) جهت برآورد مقادیر دوگان[6] یا قیمت‌های سایه‌ای مجموعه محدودیت‌های مدل حل می‌شود. این مرحله از مدل PMP که پس از جمع‌آوری اطلاعات در سطح منطقه‌ای صورت می‌گیرد، داده‌های استفاده شده را برای مقادیر به کار گرفته شده نهاده‌ها، سطح آب مصرفی و میزان عملکرد محصولات موردنظر به داده‌های واقعی نزدیک‌تر می‌کند و اطلاعات بیشتری را در زمینه تولید محصولات منتخب و تخمین تابع هزینه غیرخطی به همراه دارد (Medellan-Azuara et al., 2011; Howitt et al., 2012). در واقع، این مرحله شامل حل یک مدل برنامه‌ریزی خطی ساده برای حداکثرسازی بازده ناخالص کشاورزان با توجه به مجموعه محدودیت‌های منابع و واسنجی است. اضافه کردن محدودیت واسنجی در این مرحله به مدل، باعث می‌گردد که جواب بهینه برنامه‌ریزی خطی به طور دقیق سطح فعالیت‌های مشاهده شده در سال پایه را به دست دهد (Cortignani and Severini, 2009; Howitt et al., 2015; Parhizkari, 2017).

www.SID.ir

Archive of SID

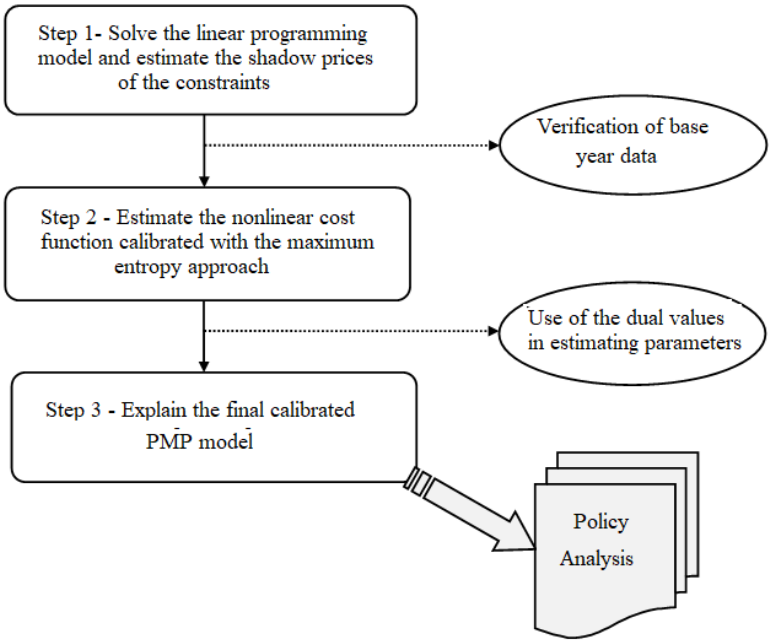

Fig. 2- Calibration steps of the PMP model with the maximum entropy (ME) approach (Parhizkari, 2017)
شکل ۲- مراحل گام به گام واسنجی مدل برنامه‌ریزی اثباتی (PMP) با رهیافت حداکثر آنتروپی (ME)

این مرحله از مدل PMP را می‌توان به صورت روابط زیر نشان داد:

$$\text{Max } Z = GM`X \qquad (۲)$$

Subject to:

$$AX \le b \qquad [\pi] \qquad (۳)$$

$$X \le X` + e \qquad [\mu] \qquad (۴)$$

$$X \ge 0 \qquad (۵)$$

در رابطه (۲)، Z مقدار تابع هدف است که بایستی حداکثر شود. X بردار فعالیت‌ها و GM بردار بازده ناخالص است. رابطه (۳) محدودیت منابع مورد استفاده است که در آن، A ماتریس ضرایب فنی، b بردار منابع موجود و π متغیرهای دوگان (یا قیمت‌های سایه‌ای) این منابع است. رابطه (۴) محدودیت واسنجی مدل است که در آن، e برداری از اعداد مثبت کوچک، μ متغیر دوگان محدودیت واسنجی و x سطح فعالیت مشاهده شده در سال پایه است. رابطه (۵) نیز محدودیت غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌های است و اجرایی بودن روش فوق را تضمین می‌کند (Cortignani and Severini, 2009; Graveline, 2016; Mahmoodi and Parhizkari, 2016). مقدار بازده ناخالص (GM) برای هر یک از فعالیت‌های موردنظر از طریق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$GM = (Y * P) - C \qquad (۶)$$

در رابطه (۶)، P قیمت محصول، Y عملکرد محصول و C کل هزینه‌های متغیر تولید محصولات منتخب است (Graveline, 2016).

۲-۴-۲- مرحله دوم: برآورد تابع هزینه غیرخطی واسنجی شده با رهیافت حداکثر آنتروپی[۷] (ME)

در این مرحله، مقادیر μ برای به دست آوردن یک تابع هزینه غیرخطی استفاده می‌شوند. معمولاً برای آسانی محاسبه و فقدان دلایل قوی برای انتخاب توابع دیگر، از تابع هزینه متغیر درجه دوم در این مرحله استفاده می‌شود (Graveline, 2016; Mahmoodi and Parhizkari, 2016). علت استفاده از شکل تبعی غیرخطی آن است که نتایج به دست آمده از مدل انعطاف‌پذیری رفتاری و شبیه‌سازی واقعی‌تری را نسبت به مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی با تابع هزینه خطی ساده یا معمولی فراهم می‌کند و این امر از ایجاد ناپیوستگی غیرمحتمل در رهیافت شبیه‌سازی جلوگیری می‌کند (Parhizkari and Badie Barzin, 2017). شکل ریاضی تابع هزینه غیرخطی از درجه دو به‌صورت رابطه زیر قابل ارائه است:

$$C^v = d`x + \frac{1}{2}x`Qx \qquad (۷)$$

در رابطه بالا، C^v هزینه متغیر، d یک بردار (n×1) از فراسنجه‌های جزء خطی تابع هزینه و Q یک ماتریس متقارن مثبت معین (n×n) از فراسنجه‌های جزء درجه دوم تابع هزینه است که با شرط برابری هزینه متغیر نهایی فعالیت‌ها با مجموع هزینه حسابداری فعالیت‌ها (c) و متغیر دوگان محدودیت واسنجی (μ) به دست می‌آید. بنابراین، فراسنجه‌های این تابع با شرط زیر محاسبه می‌شوند:

$$MC^v = \frac{\partial C^v(X`)}{\partial X} = d + QX` = c + \mu \qquad (۸)$$

www.SID.ir

Archive of SID

در رابطه بالا، باید n فراسنجه برای d و n(n+1)/2 فراسنجه برای Q محاسبه گردند، ولی فقط n معادله در این رابطه وجود دارد. جهت رفع این مشکل که اصطلاحاً بدفرمی[8] نامیده می‌شود، از رویکرد ماکزیمم آنتروپی (ME) در تخمین تابع هزینه استفاده می‌شود (Cortignani and Severini, 2009; Parhizkari; 2017). قاعده کار بدین صورت است که با درنظر گرفتن تعداد مشخصی محدودیت و تعداد معینی نقاط پشتیبان[9]، متغیر آنتروپی (یا H) حداکثر می‌گردد. انتخاب نقاط کمکی تا حد زیادی اختیاری است، اما در تعریف آن‌ها بایستی به دو نکته اساسی زیر توجه نمود:

۱- با توجه به مجموعه محدودیت‌هایی که در مدل برنامه‌ریزی تعریف می‌شوند، امکان ورود نقاط کمکی یا پشتیبان در داخل مدل وجود داشته باشد.

۲- نقاط پشتیبان تعریف‌شده در تخمین ضرایب تابع هزینه غیرخطی خنثی باشند، مگر در حالتی که فرد بخواهد اطلاعات خاصی را از این طریق وارد مدل نماید (Cortignani and Severini, 2009; Parhizkari; 2017). با توجه به نکات فوق، در مطالعه حاضر نقاط کمکی برای بردار d و ماتریس Q به صورت زیر تعریف شدند:

$$Zq_i = \begin{bmatrix} -1.50 \\ -0.75 \\ 0.00 \\ 0.75 \\ 1.50 \vdots \end{bmatrix} \quad \forall i \quad . \quad Zd_i = \begin{bmatrix} 0.05 \\ 0.20 \\ 0.35 \\ 0.70 \\ 1.00 \vdots \end{bmatrix} \quad \forall i \neq j \qquad (۹)$$

در صورتی که k نقطه پشتیبان لحاظ شود و احتمال وقوع نقاط پشتیبان Zd_i و $Zq_{i,j}$ به ترتیب با $pd_{k,i}$ و $pq_{k,i,j}$ نشان داده شود، آنگاه ارزش تخمینی حاصل از عناصر بردار d و ماتریس Q به وسیله روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$d_i = \sum_{k=1}^{k} pd_{k.i} Zd_{k.i} \qquad \forall i \qquad (۱۰)$$

$$q_{i.j} = \sum_{k=1}^{k} pd_{k.i.j} Zd_{k.i.j} \qquad \forall i.j \qquad (۱۱)$$

با توجه به توضیحات بالا، روابط ریاضی مربوط به روش حداکثر بی‌نظمی برای تخمین پارامترهای بردار d و ماتریس Q به صورت روابط (۱۲) تا (۱۸) قابل ارائه هستند:

$$\text{Max } H(p) = \sum_{k=1}^{k} \sum_{i=1}^{n} pd_{k.i} * \ln pd_{k.i} - \sum_{k=1}^{k} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{f} pd_{k.i} * \ln pd_{k.i.j} \qquad (۱۲)$$

$$d_i + \sum_{j=1}^{f} q_{i.j} x_j^{`} = c_i + \mu_i \qquad \forall i \qquad (۱۳)$$

$$d_i = \sum_{k=1}^{n} pd_{i.j} Zd_{k.i} \qquad (۱۴)$$

$$q_{i.j} = \sum_{k=1}^{k} pd_{k.i.j} Zd_{k.i.j} \qquad \forall i.j \qquad (۱۵)$$

$$\sum_{k=1}^{k} pd_{k.i} = 1 \qquad \forall i \qquad (۱۶)$$

$$\sum_{k=1}^{k} pq_{k.i.j} = 1 \qquad \forall i.j \qquad (۱۷)$$

$$q_{i.j} = q_{j.i} \qquad \forall i.j \qquad (۱۸)$$

در روابط بالا، H نمایانگر آنتروپی یا بی‌نظمی مدل است که بایستی حداکثر گردد. تساوی آخر برای متقارن بودن ماتریس Q اضافه شده است. با استفاده از روابط بالا می‌توان کلیه عناصر بردار d و ماتریس Q را به دست آورد، اما این روابط تضمین نمی‌کنند که شرایط مرتبه دوم برای تابع هزینه به‌دست آمده، صادق باشد. بنابراین، لازم است تا ماتریس هشین تابع هزینه، معین و منفی باشد که لازمه آن معین و مثبت بودن ماتریس Q است. برای تحقق این مهم از قضیه تجزیه چولسکی[10] استفاده می‌شود. با توجه به این قضیه یک ماتریس مربع دارای تجزیه چولسکی است، تنها در شرایطی که یک ماتریس مثبت، نیمه‌معین و متقارن باشد (Cortignani and Severini, 2009; Graveline, 2016; Parhizkari, 2017).

۲-۴-۳- مرحله سوم: تبیین مدل PMP واسنجی‌شده نهایی

در مرحله پایانی واسنجی مدل PMP، با استفاده از تابع هزینه غیرخطی برآورد شده در مرحله قبل (مرحله دوم) و مجموعه محدودیت‌های مدل (به جز محدودیت واسنجی) یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی مطابق با روابط (۱۹) تا (۲۱) ساخته می‌شود؛ به طوری که بتواند دقیقاً اطلاعات سال پایه یا مبنا را بازسازی نماید (Cortignani and Severini, 2009; Graveline, 2016; Parhizkari, 2017):

$$\text{Max } Z = GM^{`}X - d^{`}X - \frac{1}{2}X^{`}QX \qquad (۱۹)$$

Subject to:

$$AX \leq b \qquad [\pi] \qquad (۲۰)$$

$$X \geq 0 \qquad (۲۱)$$

جواب مدل نهایی فوق، دقیقاً سطوح فعالیت‌های سال پایه را محقق می‌سازد. این امر صحت و سقم مدل PMP را در آزمون واسنجی سه مرحله‌ای فوق جهت تحلیل سیاست نشان می‌دهد. لذا، می‌توان با تغییر شرایط و تعریف سناریوهای مختلف با استفاده از این مدل واسنجی شده به تحلیل سیاست پرداخت و بسته به شرایط تغییر مقادیر مربوط به هر سیاستی، سناریوهای مختلف را آزمون نمود. به طور کلی، در تحقیق حاضر پس از ارزیابی مالی طرح انتقال آب از رودخانه شاهرود به دشت قزوین، اثرات بالقوه اجرای این طرح بر الگوی کشت، سود ناخالص کشاورزان و ارزش اقتصادی آب کشاورزی مورد ارزیابی قرار گرفت. بررسی‌های به عمل آمده و گزارشات مصوب کارشناسان شرکت آب منطقه‌ای استان قزوین، حاکی از آن است که پس از اجرای طرح انتقال آب به دشت قزوین از طریق رودخانه شاهرود و سرشاخه‌های الموت‌رود (که طرحی اجرایی با پنج بند انحرافی و رسوب‌گیر در دره الموت‌رود، سد مخزنی به ظرفیت ۲۱۰ میلیون متر مکعب در دره طالقان‌رود و تونل‌های انتقال آب مجموعاً به طول ۳۷/۵ کیلومتر است)، میزان منابع آب دردسترس کشاورزان این دشت از ۲۳۵ میلیون مترمکعب در سال پایه به حدود ۲۸۰ تا ۳۵۰ میلیون مترمکعب خواهد رسید. این امر حاکی از افزایش حدود ۲۰ تا ۵۰ درصدی منابع

www.SID.ir

Archive of SID

آب در دسترس کشاورزان دشت قزوین پس از اجرای طرح آب‌رسانی مذکور است. بدین ترتیب، در این مطالعه ابتدا اثرات کاهش منابع آب دردسترس کشاورزان دشت قزوین به میزان سناریوهای مذکور مورد ارزیابی قرار گرفت و سپس، اثرات معکوس آن که ناشی از افزایش منابع آب در دسترس کشاورزان پس از اجرایی شدن طرح انتقال آب در حوضه مقصد (دشت قزوین) است، مدنظر قرار گرفت.

۲-۵- روش جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها

داده‌ها و اطلاعات موردنیاز در این تحقیق مربوط به سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ می‌باشند که در دو بخش کشاورزی و منابع آب و از طریق مراجعه به ادارات ذیربط در استان قزوین (سازمان جهاد کشاورزی و شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان قزوین) جمع‌آوری شدند. برای دسته‌بندی و مرتب نمودن داده‌ها و اطلاعات آماری خام جمع‌آوری شده از سازمان‌ها و ادارات ذی‌ربط، از نرم‌افزار کاربردی Excel استفاده شد. پس از جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات موردنیاز، کالیبراسیون مدل برنامه‌ریزی ریاضی ارائه شده در محیط نرم‌افزاری GAMS صورت گرفت.

۳- نتایج و بحث

جدول ۱، داده‌ها و اطلاعات آماری مربوط به محصولات منتخب زراعی و جدول ۲ میزان آب دردسترس حاصل از منابع آبی مختلف (رودخانه‌ها، چاه‌ها، قنات‌ها، سدها و چشمه‌ها) را طی سال مبنا یا پایه (۱۳۹۸-۱۳۹۷) تحت شرایط متفاوت آب و هوایی در دشت قزوین نشان می‌دهد.

به منظور برآورد هزینه‌ها و درآمدهای ناشی از اجرای طرح انتقال آب از رودخانه شاهرود به دشت قزوین، از آمار و اطلاعات اولیه ثبت شده توسط پیمانکاران اجرایی در سازمان آب منطقه‌ای و جهاد کشاورزی استان تهران استفاده شد. جدول ۳، برآورد حدودی درآمدها و هزینه‌های ناشی از عملیاتی شدن این طرح را طی سال‌های اجرا (دو سال اول از عمر بیست و پنج ساله طرح) بازگو می‌کند. اطلاعات برآورد شده با توجه به درآمد یا بازده ناخالص کشاورزان دشت قزوین در الگوی سال پایه یا مبنا می‌باشند. فروض این طرح توجیهی بدین صورت است که میزان نرخ تنزیل مطابق با تغییرات نرخ بهره بازار در شرایط کنونی ۱۸ درصد و دوره اجرا (سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۸ و ۱۴۰۰-۱۳۹۹) و بهره‌برداری (۱۴۰۱-۱۴۰۰ الی ۱۴۲۴-۱۴۲۳) از طرح جمعاً بیست و پنج سال می‌باشد.

Table 1- Statistical information related to selected products in Qazvin plain for the base year (2017-2018)

جدول ۱- داده‌ها و اطلاعات آماری مربوط به محصولات منتخب زراعی دشت قزوین طی سال پایه (۹۸-۱۳۹۷)

Products/Variables	Acreage (ha)	Yield (kg/ha)	Price (rial/kg)	Water.req* (m^3/ha)	Capital** (Kg)	Labor (h/ha)
Wheat	12825	4631	29000	4945	1375	2400
Barley	10400	4250	26250	4460	1360	2250
Corn	7380	10638	34500	7438	1453	2910
Tomato	6253	37400	17500	8635	1437	4120
Sugar beet	2637	40760	12700	8480	1420	2720
Alfalfa	5920	11485	10530	9360	1518	2140
Canola	2650	2870	37500	7327	1390	2830

*: Calculated using NETWAT statistical software and brother

**: The sum of chemical inputs (fertilizers and toxins) is required by the farmer

Reference: Qazvin Province Agricultural Jihad Organization, 2018

Table 2- Total available water in Qazvin province during the crop year of 2018-2019 (million m3)

جدول ۲- مجموع آب قابل دسترس در استان قزوین طی سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ (برحسب میلیون مترمکعب)

Type of water source	Surface water	Ground water	Available water	Share of supply*
Deep private wells	0.00	142.6	142.6	16.8
Private semi-deep wells	0.00	80.50	80.50	9.50
Deep public wells	0.00	97.20	97.20	11.4
Diversion canals and dams	193.8	0.00	193.8	11.4
River and accumulated water	266.3	0.00	266.3	22.9
Aqueducts and springs	0.00	65.40	65.40	31.5
Total available water	460.1	375.7	845.8	100

*: In term of percentage

Reference: Qazvin Province Regional Water Company, 2018

www.SID.ir

Archive of SID

Table 3- Revenues and expenses of the water transfer project to Qazvin plain
جدول ۳- درآمدها و هزینه‌های حاصل از اجرای طرح انتقال آب به دشت قزوین طی سال‌های اجرای طرح

Crop year	Revenues*	Amount	Expenses**	Amount
1398-1399	Agricultural income	578691.65	Initial capital for implementation	513749.117
	Replace's wells drilling income	586.72	Scrapping and repairs costs	186.210
	Adjusted income	429.235	Operation and maintenance costs	460.594
	Total revenues	579707.605	Total expenses	514395.921
1399-1400	Agricultural income	603348.21	Initial capital for implementation	530826.43
	Replace's wells drilling income	598.164	Scrapping and repairs costs	192.660
	Adjusted income	457.200	Operation and maintenance costs	517.249
	Total revenues	604403.574	Total expenses	531536.339

* and **: in terms of million rial (For the first and second years, which are the performance years)
Reference: research findings

با توجه به نتایج جدول ۳ و محاسبه شاخص CBR، می‌توان نسبت فایده- هزینه را طی سال‌های عمر مفید پروژه (بیست و پنج سال) و براساس متوسط نرخ تنزیل ۱۸ درصد محاسبه نمود:

$$\sum_{t=1}^{25}\frac{B_t}{(1+r)^t}=\frac{B_1}{(1+r)^1}+\ldots+\frac{B_2}{(1+r)^{25}}=\frac{579707.605}{(1+0.18)^1}+\frac{604403.574}{(1+0.18)^2}+\ldots+\frac{1723599/063}{(1+0.18)^{25}}=4136291.117 \quad (۲۲)$$

$$\sum_{t=1}^{25}\frac{C_t}{(1+r)^t}=\frac{C_1}{(1+r)^1}+\ldots+\frac{C_{25}}{(1+r)^{25}}=\frac{514395.921}{(1+0.1)^1}+\frac{531536.339}{(1+0.1)^2}+\ldots+\frac{1517625/842}{(1+0.1)^{25}}=3700721/315 \quad (۲۳)$$

$$CBR=\frac{\sum_{t=1}^{2}\frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{2}\frac{C_t}{(1+r)^t}}=\frac{4136291/117}{3700721/315}=1.118 \quad (۲۴)$$

مطابق با محاسبات انجام شده، ملاحظه می‌شود که مقدار شاخص اقتصادی نسبت فایده- هزینه برای پروژه یا طرح انتقال آب معادل با ۱/۱۱۸ به‌دست آمده است. یافته‌ها حاکی از آن است که اجرا و بهره‌برداری از طرح انتقال آب به دشت قزوین از طریق سرشاخه‌های الموت‌رود، به لحاظ مالی توجیه‌پذیر بوده و صرفه اقتصادی دارد؛ چرا که مقدار مجموع عایدی طرح همواره از مقدار مجموع هزینه بالاتر بوده و نسبت منافع به هزینه مقداری بیش از واحد (یا یک) می‌باشد. بنابراین، با توجه به این که در این تحقیق مقدار نرخ تنزیل معادل با نرخ بهره بانکی یا نرخ سود مؤسسات (۱۸ درصد) درنظر گرفته شده است، لذا می‌توان فرض توجیه‌پذیری اقتصادی طرح مذکور را پذیرفت.

با توجه به توجیه‌پذیری مالی طرح انتقال آب از رودخانه شاهرود و سرشاخه‌های الموت رود به دشت قزوین، نیاز است تا اثرات اجرای آن را با استفاده از الگوی مدل‌سازی ارائه شده در این تحقیق بر تولیدات کشاورزی، الگوی کشت و سود ناخالص کشاورزان ارزیابی نمود و همچنین، ارزش اقتصادی آب را در شرایط کنونی دشت قزوین و پس از اجرای طرح انتقال آب به آن پیش‌بینی کرد؛ اگرچه که اجرای طرح مذکور می‌تواند به لحاظ زیست‌محیطی اثرات سویی را به ویژه در حوضه مبدأ (منطقه الموت) به دنبال داشته باشد. کاهش منابع آب دردسترس شالیکاران، تخریب زیست‌بوم، اثرگذاری بر فعالیت‌های باغداری و زراعت، کاهش نیروی کار و مهاجرت افراد روستایی به نواحی شهری اطراف در منطقه الموت، از جمله مهم‌ترین اثرات زیست‌محیطی محتمل پس از اجرای این طرح است که در مجموع به لحاظ کیفی می‌تواند شرایط زندگی کشاورزان حوضه مبدأ را تا حدودی تحت تأثیر قرار دهد. افزون بر این، اجرایی شدن طرح انتقال آب، به دلیل نیاز به سازه‌هایی چون احداث سد ذخیره‌ای، حفر تونل و کانال‌های انتقال آب تا حدودی می‌تواند مخاطرات زیست‌محیطی را در هر دو حوضه مبدا و مقصد به دنبال داشته باشد. به طور کلی، می‌توان احتمال رویداد پیامدهای زیست‌محیطی اشاره شده را با مدیریت صحیح بهره‌برداری از ذخایر آبی در حوضه مبدأ (منطقه الموت) و مصرف بهینه منابع آب انتقالی به حوضه مقصد (دشت قزوین) به حداقل میزان ممکن کاهش داد.

ارزش اقتصادی آب آبیاری که بیانگر قیمت سایه‌ای نهاده آب یا قیمت واقعی این نهاده کمیاب است، پس از حل مدل PMP برای حوضه مقصد در این مطالعه (دشت قزوین) معادل با ۱۹۵۲ ریال برآورد شد. شکل ۳ که خروجی حاصل از حل مرحله اول مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی است، میزان ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب آبیاری را در دشت قزوین نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

---- EQU RESOURCE CONSTRAINED RESOURCES

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
LAND	-INF	48.065	48.065	236225.0
WATER	-INF	5064.500	5064.500	3720.0
LABOR	-INF	192.0	192.0	0.00
CAPITAL	-INF	2953.0	2953.0	0.00

Fig. 3- Estimation of water economic value in Qazvin plain before implementation of the project

شکل ۳- برآورد ارزش اقتصادی آب در دشت قزوین قبل از اجرای طرح انتقال آب

مطابق با شکل ۳، ارزش اقتصادی هر متر مکعب آب آبیاری در خروجی نرم‌افزار GAMS تحت عنوان مارجینال[11] نهاده آب نشان داده شده است. این میزان حاکی از آن است که ارزش واقعی هر مترمکعب آب در شرایط کنونی (قبل از اجرای طرح انتقال آب به دشت قزوین) که کشاورزان با محدودیت این نهاده کمیاب در سطح اراضی فاریاب خود مواجه هستند معادل با ۳۷۲۰ ریال است. این در حالی است که براساس مطالعات انجام شده و بررسی‌های به عمل آمده، کشاورزان دشت قزوین در شرایط کنونی به طور میانگین تنها مبلغی معادل با ۶۵۰ ریال در مترمکعب (حدود ۱۹/۸ درصد از کل ارزش اقتصادی آب آبیاری) را به عنوان آب‌بهاء پرداخت می‌کنند و این نهاده علی‌رغم کمیاب بودن به صورت تقریباً رایگان تحت مصرف بهره‌برداران کشاورزی در دشت قزوین قرار دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، ملاحظه می‌شود که با وجود کمیابی نهاده آب در دشت قزوین، کشاورزان با طرز تلقی رایگان بودن هر مترمکعب آب آبیاری، این نهاده کمیاب را بدون توجه به نیاز آبی محصولات و میزان مصرف بهینه در واحد سطح اراضی به کار می‌گیرند. لذا، به نظر می‌رسد با توجه به ارزش اقتصادی نهاده آب آبیاری در دشت قزوین (۳۷۲۰ ریال)، تعیین یک قیمت منطقی و معقولانه به عنوان نرخ آب‌بهاء منجر به کاهش مصرف آب در واحد سطح محصولات زراعی شده و به پایداری منابع آب در این منطقه کمک می‌کند.

شکل ۴، نتایج حاصل از آزمون صحت و سقم مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP) را پس از واسنجی در محیط نرم‌افزاری GAMS نشان می‌دهد. با توجه به این شکل، ملاحظه می‌شود که مدل برنامه‌ریزی ارائه شده پس از حل در مرحله اول خود، داده‌ها و اطلاعات موجود (پارامتر LEVEL در شکل) را به سطح داده‌ها و اطلاعات سال پایه (پارامتر UPPER در شکل) می‌رساند. به عبارت دیگر، مدل برنامه‌ریزی ارائه شده داده‌ها و اطلاعات سال پایه یا مبنا را بازسازی می‌کند. حصول مقادیر صفر برای مارجینال نهاده زمین پس از تخصیص آن بین سطوح کشت محصولات منتخب در الگوی بهینه زراعی حوضه مقصد (دشت قزوین) نیز پایایی آزمون صحت و سقم مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی را برای آماده‌سازی جهت تحلیل سیاست بازگو می‌کند.

جدول ۴ نتایج حاصل از اثرات اجرایی شدن طرح انتقال آب به دشت قزوین را از طریق رودخانه شاهرود و سرشاخه‌های الموت‌رود بر الگوی کشت محصولات منتخب زراعی این دشت نشان می‌دهد. با توجه به نتایج این جدول، ملاحظه می‌شود که با اجرای طرح مذکور اضافه شدن منابع آب قابل دسترس در این دشت به میزان ۲۰ تا ۵۰ درصد نسبت به سال پایه، کشاورزان به سمت توسعه سطح زیرکشت محصولات با صرفه اقتصادی بالا ولو با نیاز آبی بیشتر مانند چغندرقند، ذرت، گوجه‌فرنگی و یونجه تمایل پیدا می‌کنند و از سطح زیرکشت محصولات غله‌ای گندم و جو آبی و محصول روغنی کلزا که سود ناخالص کمتری به ازای مصرف یک واحد بیشتر آب در هکتار دارند، می‌کاهند. بدین ترتیب ملاحظه می‌شود که سطح زیرکشت محصولات غله‌ای گندم و جو آبی در الگوی زراعی دشت قزوین به ترتیب از ۱۲۳۱۲ به ۱۱۵۵۳ هکتار و از ۹۹۷۸ به ۹۱۹۵ هکتار می‌رسد که کاهشی به میزان ۴/۱۷ تا ۱۱/۰۱ درصد را برای محصول گندم آبی و کاهشی به میزان ۴/۰۳ تا ۱۱/۶ درصد را برای محصول جو آبی به همراه دارد. سطح زیرکشت محصول روغنی کلزا نیز با افزایش منابع آب دردسترس کشاورزان دشت قزوین به میزان ۲۰ تا ۵۰ درصد نسبت به شرایط سال پایه، کاهش می‌یابد و از ۲۵۳۶ به ۲۳۶۷ هکتار می‌رسد. به عبارت دیگر، کشاورزان قزوینی پس از اجرایی شدن طرح انتقال آب با دسترسی به منابع آب بیشتر نسبت به شرایط سال پایه، تمایل خود را برای کشت کلزا که بازده درآمدی کمتری نسبت به محصولاتی مانند چغندرقند، گوجه‌فرنگی و یونجه دارد می‌کاهند و ۴/۳۳ تا ۱۰/۷ درصد از اراضی تحت کشت کلزا را با کشت محصولات با صرفه اقتصادی بالاتر جایگزین می‌کنند.

www.SID.ir

Archive of SID

---- EQU CALIBU UPPER CALIBRATION CONSTRAINTS

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
GANDOM	-INF	12.826	12.826	71.647
JO	-INF	10.399	10.401	0.00
ZORAT	-INF	7.381	7.381	278.232
GOJE	-INF	6.254	6.254	289.445
GHOGHONDAR	-INF	2.637	2.637	32.909
YONJE	-INF	5.918	5.921	0.00
KOLZA	-INF	2.650	2.650	200.374

---- VAR LX LAND ALLOCATED

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
GANDOM	0.00	12.826	+INF	0.00
JO	0.00	10.399	+INF	0.00
ZORAT	0.00	7.381	+INF	0.00
GOJE	0.00	6.254	+INF	0.00
GHOGHONDAR	0.00	2.637	+INF	0.00
YONJE	0.00	5.918	+INF	0.00
KOLZA	0.00	2.650	+INF	0.00

Fig. 4- Accuracy test of the proposed planning model and reconstruction of baseline data

شکل ۴- آزمون صحت و سقم مدل برنامه‌ریزی ارائه شده و بازسازی داده‌های سال پایه

Table 4- Effects of water transfer project from Alamut River tributaries to Qazvin plain on cultivation pattern

جدول ۴- اثرات اجرایی شدن طرح انتقال آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین بر الگوی کشت

Products	Acreage (ha)	The changes	Scenarios of increasing water resources			
			20 %	30 %	40 %	50 %
Wheat	12825	Amount	12312	12071	11809	11553
		Percent	-4.17	-6.25	-8.60	-11.01
Barley	10400	Amount	9978	9676	9436	9195
		Percent	-4.03	-6.95	-9.27	-11.6
Corn	7380	Amount	7381	7386	7392	7398
		Percent	0.02	0.08	0.16	0.25
Tomato	6253	Amount	6314	6346	6384	6416
		Percent	0.98	1.48	2.09	2.61
Sugar beet	2637	Amount	3065	3318	3544	3771
		Percent	16.2	25.8	34.4	43.0
Alfalfa	5920	Amount	6483	6794	7085	7376
		Percent	9.50	16.7	19.7	24.6
Canola	2650	Amount	2536	2480	2424	2367
		Percent	4.33	-6.41	08.52	-10.7

Reference: research findings

www.SID.ir

Archive of SID

افزون بر یافته‌های فوق، مطابق با نتایج جدول ۴ ملاحظه می‌شود که پس از اجرای طرح آبرسانی به دشت قزوین، سطح زیرکشت محصول علوفه‌ای یونجه از ۶۴۸۳ به ۷۳۷۶ هکتار، سطح زیرکشت محصول چغندرقند از ۳۰۶۵ به ۳۷۷۱ هکتار و سطح زیرکشت محصول صیفی گوجه‌فرنگی از ۶۳۱۴ به ۶۴۱۶ هکتار افزایش می‌یابد. علت افزایش سطح زیرکشت محصولات مذکور، افزایش حجم منابع آب دردسترس کشاورزان دشت قزوین پس از اجرای طرح آبرسانی به این دشت می‌باشد که زارعین منطقه را به سمت محصولات با صرفه اقتصادی بالاتر و بازده ناخالص بیشتر سوق می‌دهد. در این شرایط با توجه به این‌که محصولات گندم آبی، جو آبی و کلزا سود ناخالص کمتری را برای کشاورزان دشت قزوین در مقایسه با دیگر محصولات الگو دارند، لذا کشاورزان قزوینی ترجیح می‌دهند که منابع آب دردسترس خود را که حاصل از اجرایی شدن طرح انتقال آب به این منطقه است؛ بیشتر برای محصولاتی مانند چغندرقند، گوجه‌فرنگی، یونجه و ذرت که سود بیشتری را به ازای مصرف آب مازاد در پی دارند، تخصیص دهند. افزون بر این، نتایج به دست آمده در جدول ۴ حاکی از آن است که محصول چغندرقند بیشترین میزان تغییرات سطح زیرکشت را در صورت اجرایی شدن طرح انتقال آب به خود اختصاص می‌دهد. محصول گوجه‌فرنگی نیز با تغییرات ۲/۶۱ درصدی سطح زیرکشت، کمترین سهم تغییرات را در الگوی کشت پس از اجرایی شدن طرح مذکور دارد. در بین محصولات منتخب زراعی، ذرت دانه‌ای تنها محصولی است که نسبت به شرایط اجرای طرح انتقال آب به دشت قزوین تغییرات بسیار ناچیزی را همراه دارد. مطابق با نتایج به دست آمده، ملاحظه می‌شود که کشاورزان دشت قزوین پس از اجرای طرح انتقال آب به این دشت، در الگوی زراعی بهینه از سطح زیرکشت محصول ذرت دانه‌ای نمی‌کاهند؛ اما تمایلی نیز برای افزایش سطح زیرکشت آن به بیش از مقداری که در سال پایه در الگوی کشت تخصیص یافته است، ندارند. علت اصلی این امر می‌تواند پایداری و ثبات قیمت محصول مذکور و در نهایت تغییرات ناچیز به وجود آمده در بازده ناخالص حاصل از هر هکتار از این محصول قبل و پس از اجرای طرح آبرسانی باشد. از دلایل دیگر این امر، می‌توان به ثابت بودن نسبت سود به آب مصرفی این محصول در واحد سطح تحت شرایط قبل و بعد از اجرای طرح آبرسانی اشاره نمود، اگرچه که تأثیر به مراتب کمتری نسبت به دلیل قبل دارد. بدین ترتیب، از آن‌جایی که این محصول در مقایسه با محصولات غله‌ای گندم و جو آبی و همچنین، محصول صنعتی کلزا بازده ناخالص بیشتری را برای کشاورزان در واحد سطح به همراه دارد، لذا کشاورزان به حفظ این محصول در الگوی زراعی منطقه بدون تغییرات کاهنده و یا فزآینده مبادرت دارند. این امر می‌تواند علت تغییرات ناچیز سطح زیرکشت محصول ذرت دانه‌ای در الگوی زراعی دشت قزوین پس از اجرایی شدن طرح انتقال آب باشد. تغییرات افزایشی سطح زیرکشت محصول چغندرقند ناشی از تمایل زیاد کشاورزان دشت قزوین جهت تولید این محصول در سطوح وسیع و تأمین نیاز شرکت کارخانجات قند استان قزوین است که طی سال‌های اخیر مشوقی برای زارعین منطقه در جهت توسعه سطح سبز محصول چغندرقند بوده است. صرفه اقتصادی زیاد این محصول به دلیل وجود بازار مناسب در منطقه و نسبت سود به آب مصرفی بیشتر این محصول در مقایسه با دیگر محصولات الگو (ذرت دانه‌ای، گوجه‌فرنگی و یونجه) سبب متمایل شدن کشاورزان قزوینی جهت کشت این محصول و توسعه سطح آن به مقادیری بیشتر از آن‌چه که در شرایط سال پایه وجود دارد، پس از اجرای طرح آبرسانی می‌شود.

جدول ۵ تغییرات به وجود آمده در سود ناخالص کشاورزان دشت قزوین را پس از اجرایی شدن طرح انتقال آب نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که با اجرای طرح، منابع آب دردسترس کشاورزان نسبت به شرایط فعلی (قبل از اجرای طرح آبرسانی) به میزان ۲۰ تا ۵۰ درصد افزایش پیدا می‌کند. این میزان افزایش منابع آب دردسترس، به کشاورزان دشت قزوین فرصت آن را داده که سطح بیشتری از اراضی فاریاب خود را برای کشت محصولات پرسودتر و با صرفه اقتصادی بالاتر و همچنین، جایگزین نمودن محصولات پرآب مانند چغندرقند، گوجه‌فرنگی، ذرت دانه‌ای و یونجه به جای گندم آبی، جو آبی و کلزا تخصیص دهند. با تحقق این نتیجه، مسلم است که میزان نهاده‌های مصرفی در واحد سطح محصولات با بازده بیشتر و پرآب‌تر افزایش پیدا کرده و از طرف دیگر مطابق با ارزش اقتصادی نهاده آب آبیاری مقادیر حقابه یا آب بهاء برای کشاورزان این دشت از طریق سازمان‌های مدیریت منابع آب و کشاورزی تصویب و به اجرا خواهد درآمد که این امر نیز سهم هزینه‌های تولید محصولات پرآب مانند چغندرقند و یونجه را افزایش می‌دهد. بر همین اساس، مطابق با نتایج جدول ۶ ملاحظه می‌شود که میزان سود ناخالص کشاورزان دشت قزوین در واحد سطح محصولات چغندرقند و یونجه پس از اجرایی شدن طرح آبرسانی به این دشت نسبت به شرایط سال پایه کاهش می‌یابد. نتایج گویای آن است که کاهش سود ناخالص در واحد سطح محصولات با نیاز آبی بالاتر، بیشتر و محسوس‌تر می‌باشد. مطابق با یافته‌های به دست آمده، محصول چغندرقند بیشترین میزان کاهش سود ناخالص (۴/۹۷ تا ۸/۰۱ درصد) را در واحد سطح برای کشاورزان دشت قزوین به دنبال دارد. محصولات علوفه‌ای یونجه نیز به دلیل پرآب بودن و نیاز به سرمایه (کود، بذر، سموم و غیره) بالا طی مراحل کاشت و داشت، پس از چغندرقند بیشترین میزان کاهش سود در واحد سطح را به خود اختصاص داده است.

www.SID.ir

Archive of SID

Table 5- Effects of water transfer project from Alamut River to Qazvin plain on farmers' gross margin
جدول ۵- اثرات اجرای طرح انتقال آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین بر سود ناخالص کشاورزان

Products	Gross margin*	The changes	Scenarios of increasing water resources			
			20 %	30 %	40 %	50 %
Wheat	322.234	Amount	397.108	401.783	406.396	410.991
		Percent	23.2	24.7	26.1	27.5
Barley	252.199	Amount	262.630	267.946	273.084	278.172
		Percent	4.13	6.24	8.28	10.3
Corn	551.998	Amount	546.918	559.033	561.972	565.208
		Percent	0.97	1.27	1.80	2.39
Tomato	577.108	Amount	576.409	578.528	579.804	581.492
		Percent	0.12	0.25	0.47	0.75
Sugar beet	388.921	Amount	369.681	363.961	388.921	357.88
		Percent	-9.97	-6.41	-7.61	-8.01
Alfalfa	295.119	Amount	285.620	282.996	280.304	278.506
		Percent	-3.25	-4.11	-5.02	-5.62
Canola	339.590	Amount	348.992	359.016	367.352	378.834
		Percent	2.79	5.82	8.14	11.5
Total gross margin**	1864.108	Amount	1982.371	2017.998	2047.064	2079.043
		Percent	6.34	8.25	9.81	11.5

* and **: In terms of 100 thousand rial/hectar and 100 thousand rial

Reference: research findings

افزون بر یافته‌های فوق، نتایج جدول ۵ گویای آن است که با اجرای طرح به دلیل افزایش سطح زیرکشت محصولات با صرفه اقتصادی بالاتر مانند چغندرقند، گوجه‌فرنگی، ذرت دانه‌ای و یونجه و همچنین جایگزین شدن این محصولات در الگوی کشت به جای محصولات کم بازده گندم آبی، جو آبی و کلزا میزان مجموع سود ناخالص کشاورزان قزوینی در الگوی زراعی تدوین شده نسبت به شرایط سال پایه (قبل از اجرایی شدن طرح آبرسانی) ۶/۳۴ تا ۱۱/۵ درصد افزایش می‌یابد و از ۱۰۵*۱۹۸۲/۳۷۱ به ۱۰۵*۲۰۷۹/۰۴۳ ریال می‌رسد.

این نتیجه مهم، اصلاح الگوی بهینه کشت و اثرات مثبت طرح آبرسانی به دشت قزوین را پس از اجرایی شدن بازگو می‌کند که به بهبود وضعیت درآمدی کشاورزان این منطقه کمک شایانی می‌نماید؛ چراکه اجرایی شدن این طرح آبرسانی، افزون بر این که منطقه مورد مطالعه را از خطرات و تهدیدهایی مانند خشکسالی و تخلیه شدن جمعیت مصون نگه می‌دارد؛ منجر به افزایش بازده ناخالص کشاورزان و اصلاح الگوی کشت در جهت توسعه سطح زیرکشت محصولات پر بازده ولو آب‌بر مانند چغندرقند، ذرت دانه‌ای، گوجه‌فرنگی و یونجه می‌گردد. توسعه سطح زیرکشت محصولات مذکور مسلماً به افزایش دامنه اشتغال در واحد سطح اراضی منطقه و کاهش مسأله بیکاری و مهاجرت نیز منجر می‌شود. جدول ۶ اثرات اجرایی شدن طرح انتقال آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین را بر ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب آبیاری نشان می‌دهد.

با توجه به نتایج جدول ۶ ملاحظه می‌شود که ارزش برآورد شده برای هر مترمکعب آب آبیاری به لحاظ اقتصادی در شرایط سال پایه (یعنی قبل از اجرایی شدن طرح انتقال آب به دشت قزوین از طریق جریانات سطحی الموت‌رود و در شرایطی که کشاورزان این دشت با محدودیت نهاده آب مواجه هستند) معادل با ۳۷۲۰ ریال است. در حالی که پس از اجرایی شدن طرح آبرسانی به دشت قزوین و با افزایش حجم منابع آب دردسترس کشاورزان این دشت به میزان ۲۰ تا ۵۰ درصد بیشتر از شرایط فعلی، ارزش اقتصادی آب آبیاری تنزیل می‌یابد و از ۳۷۲۰ ریال در سال پایه به ۸۳۸ ریال می‌رسد.

www.SID.ir

Archive of SID

Table 6- Effects of water transfer project from Alamut River to Qazvin plain on economic value of water
جدول ۶- اثرات اجرای طرح انتقال آب از سرشاخه‌های الموت‌رود به دشت قزوین بر ارزش اقتصادی آب کشاورزی

Economic value of water in base year*	The changes	Scenarios of increasing water resources			
		20 %	30 %	40 %	50 %
3720	Amount	2837	1989	1413	838
	Percent	-23.72	-46.53	-62.01	-77.47

*: In terms of rial/m^3

Reference: research findings

کاهش ارزش اقتصادی آب آبیاری پس از اجرایی شدن طرح آبرسانی به دشت قزوین به این دلیل است که با افزایش منابع آب دردسترس، کشاورزان قزوینی با محدودیت کمتری برای تخصیص نهاده آب در سطح اراضی زراعی خود مواجه می‌شوند. در واقع، با افزایش میزان آب قابل دسترس کشاورزان که حاصل از اجرایی شدن طرح آبرسانی است، محدودیت نهاده آب در سطح اراضی زراعی برای بهره‌برداران کم‌رنگ‌تر و غیر ملموس‌تر شده و لذا ارزش واقعی نهاده آب در این حالت نسبت به شرایطی که کشاورزان با محدودیت جدی این نهاده مواجه هستند، کاهش می‌یابد. این نتیجه مهم، رابطه غیرمستقیم یا معکوس بین حجم منابع آب دردسترس کشاورزان و ارزش اقتصادی نهاده آب را بازگو می‌کند.

مطابق با یافته‌های جدول ۶، ملاحظه می‌شود که با افزایش منابع آب دردسترس کشاورزان دشت قزوین به میزان سناریوی ۵۰ درصد، ارزش اقتصادی آب آبیاری تا ۷۷/۵ درصد نسبت به شرایط سال پایه کاهش می‌یابد. این امر بیانگر آن است که درصورت افزایش منابع آب دردسترس کشاورزان دشت قزوین به بیش از نیمی از منابع آبی که در شرایط کنونی دردسترس آن‌ها است، نهاده آب ارزش اقتصادی چندانی نداشته و به صورت رایگان (با قیمت واقعی نزدیک به صفر) بهره‌برداری شده و در سطح اراضی بین محصولات منتخب زراعی تخصیص می‌یابد.

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج به دست آمده در این تحقیق نشان داد که اجرای طرح آبرسانی به دشت قزوین از طریق رودخانه شاهرود یک طرح با توجیه‌پذیری مالی و دارا بودن صرفه اقتصادی به شمار می‌رود؛ چراکه در مقادیر عایدی طرح همواره از مقادیر هزینه‌ها بالاتر بوده و نسبت منافع به هزینه مقداری بیش از واحد (یا یک) برآورد شده است. افزون بر این، ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب آبیاری که بیانگر قیمت سایه‌ای یا قیمت واقعی این نهاده کمیاب است، پس از حل مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی در این مطالعه معادل با ۳۷۲۰ ریال برآورد شد. این میزان حاکی از آن است که ارزش واقعی هر مترمکعب آب در شرایط کنونی (قبل از اجرای طرح انتقال آب به دشت قزوین) که کشاورزان با محدودیت این نهاده کمیاب در سطح اراضی خود مواجه هستند معادل با ۳۷۲۰ ریال است. این در حالی است که براساس مطالعات انجام شده و بررسی‌های به عمل آمده، کشاورزان دشت قزوین در شرایط کنونی تنها مبلغ ناچیزی (۶۵۰ ریال) را به عنوان آب‌بهاء یا حقابه پرداخت می‌کند و این نهاده علی‌رغم کمیاب بودن به صورت تقریباً رایگان تحت مصرف بهره‌برداران کشاورزی دشت قزوین قرار دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، ملاحظه می‌شود که با وجود کمیابی نهاده آب در دشت قزوین، کشاورزان با طرز تلقی رایگان بودن آب آبیاری، این نهاده کمیاب را بدون توجه به نیاز آبی محصولات و میزان مصرف بهینه در واحد سطح اراضی به کار می‌گیرند.

بخش دیگری از یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که با اجرای طرح انتقال آب و اضافه شدن منابع آب دردسترس کشاورزان حوضه مقصد (دشت قزوین) به میزان ۲۰ تا ۵۰ درصد بیشتر نسبت به سال پایه، کشاورزان قزوینی به سمت توسعه سطح زیرکشت محصولات با صرفه اقتصادی بالا ولو با نیاز آبی بیشتر مانند چغندرقند، گوجه‌فرنگی و یونجه تمایل پیدا می‌کنند و از سطح زیرکشت محصولاتی مانند گندم آبی، جو آبی و کلزا که سود ناخالص کمتری در واحد سطح دارند، می‌کاهند. علت افزایش سطح زیرکشت محصولات مذکور، افزایش حجم منابع آب دردسترس کشاورزان دشت قزوین پس از اجرای طرح آبرسانی به این منطقه است که کشاورزان را به سمت محصولات با بازده ناخالص بیشتر سوق می‌دهد.

در این شرایط با توجه به این‌که محصولات غله‌ای گندم و جو آبی سود ناخالص کمتری را برای کشاورزان قزوینی در مقایسه با دیگر محصولات الگو دارند، لذا کشاورزان ترجیح می‌دهند که منابع آب دردسترس خود را که حاصل از اجرایی شدن طرح انتقال آب است، بیشتر برای محصولاتی مانند چغندرقند، گوجه‌فرنگی، ذرت دانه‌ای و یونجه که سود بیشتری را به ازای مصرف هر واحد آب در پی دارند، تخصیص دهند. همچنین، نتایج این تحقیق گویای آن بود که با اجرای طرح انتقال آب، به دلیل افزایش سطح زیرکشت محصولات با صرفه اقتصادی بالاتر مانند چغندرقند، گوجه‌فرنگی، ذرت دانه‌ای و یونجه و

www.SID.ir

Archive of SID

جایگزین شدن این محصولات در الگوی کشت به جای محصولات کم بازده گندم آبی، جو آبی و کلزا میزان مجموع سود ناخالص کشاورزان دشت قزوین در الگوی زراعی تدوین شده نسبت به شرایط سال پایه (قبل از اجرایی شدن طرح آبرسانی) ۶/۴۳ تا ۱۱/۵ درصد افزایش می‌یابد.

این نتیجه مهم، اصلاح الگوی بهینه کشت و اثرات مثبت طرح آبرسانی به دشت قزوین را پس از اجرایی شدن بازگو می‌کند که به بهبود وضعیت درآمدی کشاورزان این منطقه کمک شایانی می‌نماید. بخش پایانی نتایج تحقیق حاضر نیز حاکی از کاهش ارزش اقتصادی آب آبیاری پس از اجرای طرح آبرسانی به دشت قزوین بود. بدین علت که کشاورزان این منطقه با افزایش منابع آب دردسترس خود، با محدودیت کمتری برای تخصیص نهاده آب در سطح اراضی زراعی مواجه می‌شوند و از این رو، هر واحد (مترمکعب) آب آبیاری را با قیمتی کمتر نسبت به شرایط سال پایه خریداری و در سطح اراضی زراعی خود تخصیص می‌دهند.

در پایان، با توجه به ارزش اقتصادی برآورد شده برای نهاده آب آبیاری در دشت قزوین (حوضه مقصد)، به نظر می‌رسد که پذیرش یک قیمت منطقی و معقولانه توسط کشاورزان این منطقه به عنوان نرخ آب‌بهاء منجر به کاهش مصرف آن در واحد سطح محصولات زراعی شده و به پایداری منابع آب در این منطقه کمک می‌کند.

همچنین، اصلاح نظام قیمت‌گذاری منابع آب در این منطقه از کشور بر اساس روند تغییرات ارزش اقتصادی نهاده آب آبیاری، جهت پایداری منابع آب و مصون ماندن بهره‌برداران زراعی از خطراتی مانند خشکسالی به مسئولان سازمان‌ها و ارگان‌های ذیربط (سازمان جهاد کشاورزی و مدیریت منابع آب) پیشنهاد می‌شود. اجرای طرح مذکور می‌تواند به توسعه سطح زیرکشت محصولات علوفه‌ای (یونجه)، صنعتی (ذرت دانه‌ای و چغندرقند) و صیفی (گوجه‌فرنگی) که از نظر اقتصادی جایگاه بالاتری را در بین محصولات منتخب الگوی زراعی دشت قزوین دارند، کمک شایانی نماید.

لذا، می‌توان با اصلاح نظام قیمت‌گذاری آب، بهبود مدیریت توزیع این نهاده کمیاب و جلوگیری از هدررفت آن در طول مسیر انتقال، سطح زیرکشت محصولات را توسعه داده و از این طریق وضعیت درآمدی کشاورزان منطقه را بهبود بخشیده و سود ناخالص آن‌ها را در الگوی کشت محصولات زراعی افزایش داد. پیشنهاد می‌شود که در کنار افزایش سطح زیرکشت محصولات صیفی، صنعتی و علوفه‌ای پس از اجرای طرح آبرسانی به دشت قزوین، به بهبود وضعیت اراضی، تسطیح آن‌ها و رفع مشکلات زهکشی اراضی پرداخته شود و سیستم انتقال آب در فواصل بین اراضی به نحو احسن تجهیز و مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

از این رو، پیشنهاد می‌شود که نهادهای دولتی ذیربط، مسئولین و پیمانکاران اجرای طرح انتقال آب به دشت قزوین با اهتمام بیشتر به اهداف چندگانه این طرح، توسعه و پیشبرد آن را به لحاظ فیزیکی در اولویت مجموعه اقدامات خود قرار دهند.

پی‌نوشت‌ها

1- Soil and Water Assessment Tool
2- Positive Mathematical Programming
3- Cost-Benefit Ratio
4- Normative Mathematical Programming
5- Liner Programming
6- Dual Value
7- Maximum Entropy
8- Ill-posed Problem
9- Support Points
10- Cholesky
11- Marginal

www.SID.ir

Archive of SID

۵- مراجع

Alfarra A (2004) Modeling water resource management in Lake Naivasha. Thesis submitted to the International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Pp:73

Byrd WA, Gildestad B (2011) The socio-economic impact of mine action in Afghanistan, A cost-benefits analysis. World Bank Pp:19

Cortignani R, Severini S (2009) Modeling farm-level adoption of deficit irrigation using Positive Mathematical Programming. Agricultural Water Management 96(1):1785-1791

Dehghani Monshadi H, Nik Sokhan MH, Ardestani M (2013) Estimation of watershed virtual water and its role in inter-basin water transfer systems. Water Resources Engineering 6(4):113-101 (In Persian)

Ehsani M, Dashti Q, Hayati B, Ghahramanzadeh M (2010) Estimation of economic value of water in Qazvin plain irrigation network: Application of dual approach. Journal of Agricultural Economics and Development (Agricultural Sciences and Industries) 25(2):237-245 (In Persian)

Emami Meybodi A, Khos Kalam Khosroshahi M (2013) Economic evaluation of the plan for simultaneous production of electricity and heat in Mashhad. Energy Economics Studies 26(7):55-87 (In Persian)

Graveline N (2016) Economic calibrated models for water allocation in agricultural production: A review. Environmental Modelling and Software 81:12-25

Griffin RC (2006) Water resource economics: The analysis of scarcity policies and projects. MIT Press, Cambridge, Mass 68 Pp

Halabian A, Shabankari M (2010) Water resources management in Iran (Case study: Challenges of water transfer from Beheshtabad to Zayandrood. 4th International Congress of Geographers of the Islamic World, Iran, Zahedan 25 April (In Persian)

Heckelei T (2002) Calibration and estimation of programming models for agricultural supply analysis. University of Bonn No:159

Howitt RE (2005) PMP based production models-development and integration. 2005 International Congress, August 23-27, 2005, Copenhagen, Denmark 24484, European Association of Agricultural Economists

Howitt RE, Medellin-Azuara J, MacEwan D, Lund R (2012) Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management. Science of the Environmental Modeling and Software 38:244-258

Howitt RE, MacEwan D, Medellin-Azuara J, Lund R, Sumner D (2015) Economic analysis of the 2015 drought for California agriculture. UC Davis Center for Watershed Sciences, ERA Economics, UC Agricultural Issues Center, University of California Pp:1-31

Jafarian M, Mohseni M (2015) Financial and economic evaluation of the implementation of wastewater projects for the production of effluent usable in agriculture and industry. Journal of Water and Sustainable Development 1(3):8-1 (In Persian)

Mahmoodi A, Parhizkari A (2016) Economic analysis of the effects of climate change on crop yield, cultivation pattern and farmers' gross profit. Special Issue of Quarterly Journal of Economic Growth and Development Research 1(2):25-40 (In Persian)

Medellan-Azuara J, Harou J, Howitt R (2011) Predicting farmer responses to water pricing, rationing and subsidies assuming profit maximizing investment in irrigation technology. Science of the Agricultural Water Management 108:73-82

Mehrshad F, Ismailian M (2015) Evaluation of the effects of inter-basin water transfer projects on the future of water resources of source basins (Case study of Beheshtabad basin). Thesis for Master's Degree, Department of Knowledge Strategy, Faculty of Modern Sciences and Technologies, University of Isfahan (In Persian)

Ministry of Energy (2018) Basic studies of water resources. Water Transfer Projects of Alamut River Basin to Qazvin plain, Qazvin Regional Water Company (In Persian)

Mohammadi H, Hakimi KH, Ahmadi A (2019) Feasibility study of implementing inter-basin water transfer projects in Iran (Case study: Beheshtabad-Central Plateau water transfer project). Human Geography Research (Geographical Research) 51(4):1073-1092

Parhizkari A (2013) Determining the economic value of irrigation water and farmers' response to price and non-price policies in Qazvin province. Master Thesis in Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Zabol University 135 pp (In Persian)

Parhizkari A, Taghizadeh Ranjbari H, Shaukat Fadaei M, Mahmoudi A (2015) Evaluation of economic losses of transfer between water basins on cultivation pattern and income status of farmers in the source basin (Case study: Water transfer from Alamut River tributaries to Qazvin plain). Journal of Agricultural

www.SID.ir

Archive of SID

Economics and Development 29(3):333-319 (In Persian)

Parhizkari A, Badi Barzin H (2017) Determining the economic value of irrigation water and simulating the response of farmers in Takestan to the policy of reducing available water. Journal of Water Research in Agriculture 31(1):105-118 (In Persian)

Parhizkari A (2017) Economic analysis of the effects of participation of farmers in Alamut region in rice solibit project. Journal of Agricultural Economics Research 24(9):92-57 (In Persian)

Qazvin Regional Water Company (2018) Qazvin Province water statistics. Statistics and Information Technology Office (In Persian)

Rohm O, Dabbert S (2003) Integrating agricultural-environmental programs into regional production models: An extension of positive mathematical programming. American Journal of Agricultural Economics 85(1):254-265

Rofi Y (2013) Evaluation of the effects of transfer projects between water basins using a combination of water resources planning simulation model and fuzzy system (Case study of Beheshtabad project). Master Thesis, Faculty of Civil Engineering and Environment, University of Water and Power Industry, Shahid Abbaspour (In Persian)

Schuol J, Abbaspour KC, Srinivasan R, Yang H (2008) Estimation of freshwater availability in the West African sub-continent using the SWAT hydrologic model. Journal of Hydrology 352:30-49

Shahraki A, Mohammadi H (2017) Financial evaluation of water supply project to Sistan plain. Master Thesis in Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Zabol University (In Persian)

Shamsai MR, Samadi Borujeni H, Basirzadeh H (2013) Evaluation of inter-basin water transfer projects from the perspective of national security and sustainable development of the country. 5th Iranian Water Resources Management Conference, Tehran, Iranian Water Resources Science and Engineering Association, Shahid Beheshti University (In Persian)

Soltani N, Mousavin N, Iqbal A (2017) Evaluation of possible consequences of water transfer from Zab basin to Lake Urmia. Journal of Geography and Environmental Sustainability 19(6):35-51 (In Persian)

Worakijthamrong S, Cluckie I (2013) Groundwater–river interaction and management in the context of inter-basin transfers, Journal of Environmental Earth Sciences 70:2039-2045

www.SID.ir