University of Tehran Press

Journal of Water and Irrigation Management **Online ISSN: 2382-9931**

Homepage: https://jwim.ut.ac.ir/

Evaluation of Water Productivity Improvement Strategies in Upstream and Downstream of the Qazvin Irrigation Network

Hadiseh Paziresh[1] | Bijan Nazari[2]✉ | Abbas Sotoodehnia[3]

1. Department of Water Science and Engineering Faculty of Agriculture and Natural Resources Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran. E-mail: hds_paziresh@yahoo.com
2. Corresponding Author, Department Faculty of Agriculture and Natural Resources Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran. E-mail: b.nazari@eng.ikiu.ac.ir
3. Department of Water Science and Engineering Faculty of Agriculture and Natural Resources Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran. E-mail: absotoodehnia@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: May 3, 2022
Received in revised form: August 6, 2022
Accepted: September 27, 2022
Published online: April 14, 2023

Keywords:
Irrigation and Drainage Network,
Productivity,
Sustainability,
Water Management.

ABSTRACT

Adaptation to water shortage requires systematic planning for water productivity improvement. In this research, some solutions were presented and were prioritized to increase water productivity in the eastern and western regions of the Qazvin irrigation network. The gross biomass water productivity and the net biomass water productivity was obtained 0.8-3 and 1.7-4 Kg/m^3, respectively. The provided solutions were considered in four categories of technical, management, organizational and agricultural solutions. Data were analyzed using the average and the standard deviation indices and independent t-test. The importance and impact of solutions to improve productivity in the upstream and downstream of the network were obtained 4.08±0.8 and 4.26±0.75 (out of five points), respectively which shows that the impact of these solutions in improving the productivity of the downstream area of the network is more than the upstream area of the network. T-test showed that some of these factors have significant differences in the east and west of the network and Solutions can be provided separately upstream and downstream of the network to improve productivity. By analyzing the results obtained from the independent T-test, A2, A3, A6, A13 and A17 are effective factors in improving the water productivity in the downstream of the network, and by using these factors in the upstream. The results of this study and the downstream and upstream productivity analysis approach can be used by researchers and managers in planning to improve water productivity in the agricultural sector.

Cite this article: Paziresh, H., Nazari, B., & Sotoodehnia, A. (2023). Evaluation of Water Productivity Improvement Strategies in Upstream and Downstream of the Qazvin Irrigation Network. *Journal of Water and Irrigation Management*, 13 (1), 141-156. DOI: https://doi.org/10.22059/jwim.2022.342528.987

© The Author(s).
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jwim.2022.342528.987

انتشارات دانشگاه تهران

مدیریت آب و آبیاری

شاپا الکترونیکی: ۹۹۳۱-۲۳۸۲

Homepage: https://jwim.ut.ac.ir/

ارزیابی راه‌کارهای ارتقای بهره‌وری آب در محدوده بالادست و پایین‌دست شبکه آبیاری قزوین

حدیثه پذیرش[۱] | بیژن نظری[۲]✉ | عباس ستوده‌نیا[۳]

۱. گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران. رایانامه: hds_paziresh@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران. رایانامه: b.nazari@eng.ikiu.ac.ir

۳. گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین، ایران. رایانامه: absotoodehnia@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۵/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۰۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۱/۲۵

کلیدواژه‌ها:
بهره‌وری،
پایداری،
شبکه آبیاری و زهکشی،
مدیریت آب.

چکیده

سازگاری با کم‌آبی نیازمند برنامه‌ریزی منسجم و هدف‌مند در ارتقای بهره‌وری آب است. در این پژوهش با تحلیل نقشه‌های بهره‌وری، راه‌کارهایی برای افزایش بهره‌وری به تفکیک محدوده شرقی و غربی شبکه ارائه و اولویت‌بندی شد. بهره‌وری آب زیست‌توده ناخالص از ۰/۸ تا ۳ کیلوگرم بر مترمکعب و بهره‌وری آب زیست‌توده خالص از ۱/۷ تا ۴ کیلوگرم بر مترمکعب به‌دست آمد. راه‌کارها در چهار دسته راه‌کارهای فنی، مدیریتی، تشکیلاتی و زراعی طبقه‌بندی شد. در تحلیل داده‌ها از شاخص‌های میانگین، انحراف معیار و آزمون t مستقل استفاده شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده از محاسبه میانگین راه‌کارها، میزان اهمیت و تأثیر راه‌کارها برای بهبود بهره‌وری در دو محدوده بالادست و پایین‌دست شبکه به‌ترتیب ۰/۸± ۴/۰۸ و ۰/۷۵±۴/۲۶ (از امتیاز کل پنج) به‌دست آمد که نشان‌دهنده این است که تأثیر این راه‌کارها در ارتقای بهره‌وری محدوده پایین‌دست شبکه بیش‌تر از محدوده بالادست شبکه می‌باشد. با آزمون t مشخص شد که تعدادی از این عوامل در محدوده شرقی و غربی شبکه دارای تفاوت معناداری هستند و می‌توان راه‌کارهایی به تفکیک بالادست و پایین‌دست شبکه برای ارتقای بهره‌وری ارائه داد. با تحلیل و بررسی نتایج به‌دست‌آمده از آزمون t مستقل، گویه‌های A2، A3، A6، A13 و A17، عوامل مؤثر بر بهبود بهره‌وری آب در پایین‌دست شبکه می‌باشند که با به‌کارگیری این عوامل در بالادست شبکه، می‌توان بهره‌وری آب را در این محدوده بهبود بخشید. نتایج پژوهش و رویکرد تحلیل بهره‌وری در مناطق بالادست و پایین‌دست، می‌تواند در برنامه‌ریزی ارتقای بهره‌وری آب در بخش کشاورزی مورداستفاده پژوهش‌گران و مدیران قرار گیرد.

استناد: پذیرش، ح.، نظری، ب. و ستوده‌نیا، ع (۱۴۰۲). ارزیابی راه‌کارهای ارتقای بهره‌وری آب در محدوده بالادست و پایین‌دست شبکه آبیاری قزوین. *نشریه مدیریت آب و آبیاری*، ۱۳ (۱)، ۱۴۱-۱۵۶. DOI: https://doi.org/10.22059/jwim.2022.342528.987

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

بحران آب یکی از اساسی‌ترین چالش‌های قرن حاضر می‌باشد که می‌تواند منشأ بسیاری از مسائل و مشکلات باشد. هر چقدر که فاصله بین توان تأمین آب و شدت تقاضا بیش‌تر شود عمق بحران افزایش می‌یابد. درصورتی‌که این عدم تعادل با راه‌کارهای مدیریتی منطقی و مطلوب مهار نشود تبدیل به چالش خواهد شد (Soleimanzade, 2016).

شاخص‌های مربوط به بررسی بحران آب در جهان مانند، شاخص فالکن مارک و شاخص سازمان‌ملل نشان‌دهنده شدت بالای بحران آب در منطقه شمال آفریقا، خاورمیانه و آسیای مرکزی بوده و پیش‌بینی‌ها نشان‌دهنده این است که در دهه‌های آینده بر شدت بحران‌های آب و تبعات زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی آن افزوده خواهد شد. در نتیجه کشورهای واقع در این مناطق باید در حال حاضر برنامه‌هایی برای کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت برای مقابله با تبعات ناشی از بحران آب و کاهش اثرات سوء این بحران‌ها تهیه کرده و در زمینه ارتقای بهره‌وری در مصرف به‌ویژه در بخش آب اقدامات اساسی انجام دهند (Soleimanzade, 2016).

افزایش روزافزون جمعیت و نیاز فزاینده به مواد غذایی، حداکثر استفاده از منابع و امکانات موجود برای تولید پایدار محصولات کشاورزی را ضروری ساخته است. آب به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تولید در کشاورزی، نقشی کلیدی در مجموعه عوامل محدودکننده تولید دارد. امکان ناپذیری کشت دیم در بسیاری از مناطق و یا بازده بسیار اندک آن در مقایسه با کشاورزی فاریاب، به طرح‌های توسعه منابع آب و آبیاری و زهکشی اهمیت ویژه‌ای بخشیده است. در همین راستا طی دهه‌های اخیر گام‌های بلندی برای اجرای طرح‌های توسعه آبیاری در کشور برداشته شده است، که امروزه بهره‌وری بسیاری از آن‌ها مشاهده می‌شود (Siahi *et al*., 1998).

بهره‌وری معیار سنجش فعالیت‌هاست. یکی از مهم‌ترین مسائل کشورهای مختلف، افزایش بهره‌وری و کارایی مصرف آب می‌باشد. بدیهی است که استفاده هرچه بهتر از منابع محدود آب در شرایط فعلی باید در اولویت قرار گیرد. در سنجش بهره‌وری علاوه بر این‌که مفید و مؤثر بودن فعالیت در رسیدن به هدف مورد سؤال است، راندمان فعالیت نیز باید مطرح شود (Nazari & Liaghat, 2016).

پژوهش‌های صورت‌گرفته در جهان نشان می‌دهد که تا سال ۲۰۲۵ بیش از ۱۵ درصد مردم جهان، که بیش‌تر در خاورمیانه و شمال آفریقا (منطقه منا) هستند، بحران و کمبود شدید آب را تجربه خواهند کرد. ایران به‌عنوان کشوری با تنش‌های آبی فراوان و واقع شده در منطقهٔ بحرانی خاورمیانه، با دورنمایی نگران‌کننده روبه‌روست که در صورت نبود مدیریت صحیح و تنظیم سیاست‌های داخلی و بین‌المللی مطلوب برای آینده، با بحران‌های زیست‌محیطی، سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و حتی نظامی و امنیتی در داخل و خارج از مرزهای سیاسی مواجه خواهد شد. ابعاد و پیامدهای این بحران می‌تواند استقلال و تمامیت ارضی کشور را به چالش بکشاند (Rezayan and Rezayan, 2015).

خشکسالی و کم‌آبی در ایران یک واقعیت اقلیمی است و با توجه به روند روزافزون نیاز بخش‌های مختلف به آب، مشکل خشکسالی در سال‌های آینده حادتر نیز خواهد شد. به‌طوری‌که براساس گزارش مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب (IWMI)، کشور ایران برای حفظ وضع فعلی خود تا سال ۲۰۲۵ باید بتواند ۱۱۲ درصد به منابع آب قابل استحصال خود بیفزاید. لذا، در چنین شرایطی یکی از راه‌کارهای مؤثر و عملی استفاده بهینه و صرفه‌جویی در مصرف آب است. در این میان، مدیریت مصرف آب در بخش کشاورزی که بخش عمده‌ای از مصارف آب در ایران و جهان را نیز شامل می‌شود، می‌تواند بسیار مؤثر و راه‌گشا باشد (Abbasi *et al*., 2015).

دشت قزوین، از مهم‌ترین دشت‌های مرکزی ایران به‌دلیل خشکسالی و افزایش مصارف بخش‌های مختلف، با بحران کمبود آب مواجه شده است. یکی از دلایل این بحران، افزایش سطح کشت محصولات کشاورزی است. به‌طوری‌که

سالانه صادرات آب مجازی به‌واسطه صادرات محصولات کشاورزی به میزان ۱۰۲۲ میلیون مترمکعب برآورد شده است (Ramezani Etedali *et al*., 2016). کشاورزان با توجه به کاهش سهم منابع آب سطحی، برداشت از آب زیرزمینی را افزایش داده‌اند. برداشت بی‌رویه از آب زیرزمینی برای آبیاری اراضی کشاورزی باعث افت شدید سطح آب در آبخوان شده است. بحران ایجادشده در دشت قزوین، مدیریت آب به‌طور عام (Shokoohi, 2012) و در بخش کشاورزی و اصلاح الگوی کشت را به‌طور خاص ضروری ساخته است (Ramezani Etedali *et al*., 2014).

Habibi Kandbon *et al*. (2017)، به بررسی توزیع آب در شبکه آبیاری قزوین و شاخص‌های خارجی آن با استفاده از تکنیک فرایند ارزیابی سریع پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که از منابع آب موجود در منطقه به‌صورت هدف‌مند استفاده نمی‌شود و برنامه‌ریزی برای بهره‌برداری از کل منابع آب موجود در منطقه وجود نداشته است و تنها حدود ۲۸ درصد از کل آب موجود در سال در اختیار مسئولین قرار داشته و توزیع شده که عامل مهم تلفات زیاد آب در منطقه بوده است. هم‌چنین به این موضوع دست یافتند که توزیع زمانی آب به‌درستی در شبکه انجام نمی‌گیرد و تلفات آب در شبکه به‌دلیل عدم وجود اطلاعات لازم، ضعف زیرساخت‌ها و یا برای جبران بخشی از تلفات انتقال آب بوده است.

Azimi Dezfuli (2020)، با تکیه بر این موضوع که برآورد حجم آب موردنیاز تولید ملی محصولات کشاورزی در چارچوب حسابداری آب مبتنی بر محصول قابل‌بررسی است، مصرف آب محصولات زراعی را برآورد نمود. با بررسی نتایج به‌دست‌آمده، متوجه شد که حجم مصرف آب تولید ملی گندم متأثر از گستردگی اراضی کشت گندم آبی در کشور است. بنا به این‌که با افزایش بهره‌وری آب، می‌توان حجم آب مصرفی تولید محصولات راهبردی را کاهش داد، به‌نظر می‌رسد مطلوبیت اجتماعی اقتصادی حجم آب مصرف‌شده جهت تولید محصولات راهبردی نسبت به هزینه‌های آن، ارجحیت داشته باشد.

Mahdavi *et al*. (2019) در پژوهشی به ارزیابی یکپارچه سیستم منابع آب محدوده مطالعاتی عجب‌شیر براساس چارچوب حسابداری SEEAW پرداختند. در این مطالعه، با استفاده از خروجی‌های حساب‌های آب و با توجه به نشانگرهای بعد منابع آب دریافتند که بخش کشاورزی با بیش از ۹۶ درصد مصرف آب بیش‌ترین تأثیر را در تشدید تنش آبی محدوده دارد. هم‌چنین باتوجه به نشانگر شدت مصرف آب در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۵ با مقایسه میزان منابع آب موجود و مصرف‌شده، ناپایداری کامل در محدوده وجود دارد. سهم سرانه منابع آب تجدیدپذیر این محدوده از ۸۳۵ مترمکعب به‌ازای هر نفر در سال ۱۳۸۵ به ۱۱۷۹ مترمکعب به‌ازای هر نفر در سال ۱۳۹۵ افزایش یافته است. این موضوع به‌دلیل کاهش ۱۷ درصد جمعیت در سال ۱۳۹۵ نسبت به سال ۱۳۸۵ و سپس به‌دلیل کاهش خروجی به دریاچه ارومیه و مهار سیلاب‌ها در اثر بهره‌برداری از سد قلعه چای و انتقال بیش‌تر آب از خارج محدوده بوده است. باوجود کاهش روند مصرف آب در بخش خدمات و ثابت‌بودن مصرف آب در صنعت، افزایش درآمد بخش خدمات و صنعت منجر به افزایش بهره‌وری اقتصادی آب در این بخش‌ها شده است. به‌کارگیری چارچوب حسابداری آب در این محدوده روند گزارش‌دهی در محدوده را تسهیل کرد و می‌تواند در آینده برای تحلیل اثرات اقدامات سیاست آب بسیار مفید باشد.

Akbari *et al*. (2019) اثرات تغییر اقلیم و خشکسالی را بر الگوی کشت و اثرات ریسک درآمدی آن را در دشت قزوین بررسی کردند. نتایج پژوهش نشان داد که ریسک درآمدی و بازده برنامه‌ای هم‌زمان با افزایش دما و کاهش بارش به‌صورت غیرخطی کاهش می‌یابد و در بدبینانه‌ترین سناریو به‌ترتیب ۶/۳۷۷ و ۱/۴۸۸ نسبت به سال پایه کاهش یافته است. آن ها دریافتند که تغییرات اقلیم بر عملکرد همه محصولات تأثیر منفی ندارد و می‌توان از جنبه‌های مثبت آن برای بهبود عملکرد محصولات و استفاده بهینه از امکانات منطقه بهره برد. در نتیجه، پیشنهاد نمودند برای افزایش تولید محصولات کشاورزی در منطقه بهبود عملکرد محصولات در هر هکتار در وهله اول و توسعه سطح زیرکشت محصولات اقتصادی در وهله دوم مورد توجه قرار گیرد.

Kazem Attar *et al.* (2020) در پژوهشی به بررسی تأثیر قیمت‌گذاری آب در افزایش بهره‌وری محصولات کشاورزی در شبکه آبیاری دشت قزوین با کمک سیستم‌های نوین آبیاری پرداختند. باتوجه به نتایج پژوهش قیمت هر مترمکعب آب در شبکه آبیاری قزوین به‌منظور جبران هزینه‌های این شبکه ۸۲۹۵ ریال بر مترمکعب در سال ۱۳۹۸ تعیین شد از طرفی آب بهای دریافتی از کشاورزان ۹۴۰ ریال بود و باعث شده است که کشاورزان به‌دلیل قیمت پایین آب، تمایلی به صرفه‌جویی ندارند. نتایج نشان داد قیمت‌گذاری آب در شبکه آبیاری، به‌دلیل بالابردن هزینه‌های کشاورزان، منجر به تشویق کشاورزان به اجرای سیستم‌های نوین آبیاری و درنتیجه آن منجر به کاهش مصرف (به شرط عدم افزایش سطح کشت) و افزایش بهره‌وری آب در شبکه آبیاری دشت قزوین می‌شود. هم‌چنین، Chu and Grafton (2020) در پژوهشی به بررسی قیمت‌گذاری و ارزش افزوده آب در ویتنام پرداختند. نتایج نشان داد قیمت‌گذاری آب می‌تواند استفاده از آب را تا ۸۴ درصد کاهش دهد البته این در حالیست که سود کشاورز نیز تا ۱۷ درصد کاهش پیدا خواهد کرد. یافته‌های پژوهش اهمیت قیمت‌گذاری آب را به‌عنوان یک گزینه ممکن در صرفه‌جویی مصرف آب و درنتیجه افزایش بهره‌وری، برجسته می‌کند.

Radmehr *et al.* (2020) در مطالعه‌ای به ارزیابی سناریوهای سیاست‌های مختلف مربوط به مدیریت تأمین آب پرداختند. این سناریوها شامل برآورد تأثیرات هر سیاست بر شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی می‌باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از این سناریوها نه‌تنها باعث کاهش مصرف آب و بهبود بهره‌وری استفاده از آب، بلکه باعث ایجاد اثرات اجتماعی و اقتصادی مطلوب نیز می‌شود.

Nazari *et al.* (2022) راه‌حل بحران آب در محدوده شبکه آبیاری قزوین را اتخاذ تفکر سیستماتیک در برنامه‌ریزی منابع آب بیان نمودند. در پژوهش مذکور، راه‌حل‌های مختلف فنی و مدیریتی مانند ارتقا و بهبود سیستم‌های آبیاری، معرفی روش‌های جدید آبیاری، کم‌آبیاری، بهینه‌سازی الگوی کشت، بهبود کارایی شبکه های آبیاری و ... به‌منظور بهبود بهره‌وری آب در شبکه آبیاری موردارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشان داد توسعه آبیاری تحت فشار در سطح شبکه قزوین، موجب افزایش بهره‌وری فیزیکی آب می‌شود. بر مبنای نتایج به‌دست‌آمده، بهره‌وری آب اقتصادی در سطح شبکه در سناریوهای الگوی کشت CPS 8[1] و CPS 4[2] در مقایسه با بهره‌وری آب اقتصادی الگوی کشت موجود CPS 1[3] به‌ترتیب، ۵۱ و ۵۲/۲ درصد افزایش داشته است و بهره‌وری آب فیزیکی در سطح شبکه در سناریوهای الگوی کشت CPS 4 و CPS 7[4] و CPS 8 در مقایسه با بهره‌وری آب فیزیکی الگوی کشت موجود به‌ترتیب، ۳۵/۴، ۳۵/۱ و ۲۷/۳ درصد افزایش داشته است. باتوجه به این موضوع که الگوی کشت بر روی بهره‌وری اقتصادی و فیزیکی آب در سطح شبکه اثر قابل‌ملاحظه‌ای دارد باید تمهیداتی بر روی کنترل الگوی کشت انجام شود.

۲. مواد و روش‌ها

۲. ۱. منطقه موردمطالعه

شبکه آبیاری قزوین در فاصله ۱۵۰ کیلومتری استان تهران بین ۳۶ درجه تا ۳۶ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است (Liaghat *et al.*, 2015). متوسط بارش بلندمدت سالانه در این منطقه ۳۷۶/۲ میلی‌متر و میزان تبخیر از آن ۱۲۸ میلی‌متر می‌باشد. مساحت خالص اراضی تحت پوشش شبکه آبیاری قزوین ۵۶۰۰۰ هکتار می‌باشد که از محدوده زیاران شروع شده و به اراضی کهک تاکستان منتهی می‌شود (Azizabadi Farahani and Mirzaei, 2020). این شبکه به‌صورت عمده شامل اراضی شهرهای قزوین، آبیک و هم‌چنین بخشی از اراضی شهرستان‌های تاکستان و بوئین‌زهرا می‌شود. شبکه آبیاری و زهکشی دشت قزوین با بیش از

۱۱۰ کیلومتر کانال اصلی و فرعی شامل ۹۴ کیلومتر کانال اصلی، ۱۲ رشته کانال درجه یک به طول ۱۳۰ کیلومتر، ۳۱ رشته کانال درجه دو با ۸۵ کیلومتر، ۹۰ رشته کانال درجه سه با ۲۵۰ کیلومتر و بیش از ۵۰۰ کیلومتر کانال درجه چهار است که از سال ۱۳۵۲ به بهره‌برداری رسیده است و بیش از ۴۵ سال قدمت دارد. شبکه آبیاری با هدف انتقال آب از حوزه آبریز سفیدرود (رودخانه طالقان) به حوزه آبریز مرکزی و برای آبیاری بخشی از اراضی دشت قزوین احداث شده است (Moradinejad, 2019). آب این شبکه درحال‌حاضر از سد مخزنی طالقان و چاه‌های تلفیقی تأمین می‌شود. طبق طرح با تکمیل سد مخزنی طالقان سهمیه آب تنظیمی استان از سدطالقان شامل شرب، کشاورزی، تغذیه مصنوعی و زیست‌محیطی ۲۹۸ میلیون مترمکعب می‌باشد (Qazvin Regional Water Company, 2018).

۲. ۲. روش تحقیق

در این پژوهش مؤلفه داده‌های بارندگی، تبخیروتعرق، بهره‌وری آب زیست‌توده خالص و ناخالص از پایگاه WaPOR استخراج شده است. این پایگاه، پورتال FAO برای نظارت بر بهره‌وری آب از طریق دسترسی آزاد به داده‌های استخراج‌شده سنجش از دور است. باتوجه به نتایج به‌دست‌آمده از حسابداری سریع آب و نقشه‌های بارندگی، تبخیروتعرق، بهره‌وری آب زیست‌توده خالص و ناخالص و حجم آب مصرفی سطحی و زیرزمینی تهیه شده در سطح شبکه آبیاری، راه‌کارهایی برای بهبود بهره‌وری پیشنهاد شد. برای بررسی میزان تأثیر هریک از این راه‌کارها، پرسشنامه‌ای تهیه شد و در اختیار کارشناسان قرار گرفت. این پرسشنامه شامل ۳۵ پرسش می‌باشد که با بررسی پژوهش‌ها و مطالعات پیشین انجام‌شده در سطح جهان، ایران و قزوین طراحی شد. سؤالات پرسشنامه به‌گونه‌ای طراحی شده است که پاسخ کارشناسان میزان تأثیر و اهمیت و اثربخشی هر یک از راه‌کارها را بر روی بهبود و ارتقای بهره‌وری آب در دو محدوده شرقی (بالادست) و غربی (پایین‌دست) شبکه آبیاری قزوین نشان می‌دهد که بدین منظور روش ارزیابی سؤالات پرسشنامه براساس اعداد یک تا پنج است که بر مبنای طیف لیکرت (خیلی کم= عدد یک، کم= عدد دو، متوسط= عدد سه، زیاد= عدد چهار و خیلی زیاد= عدد پنج) استوار است. در جدول (۱) راه‌کارهای ارتقای بهره‌وری آورده شده است.

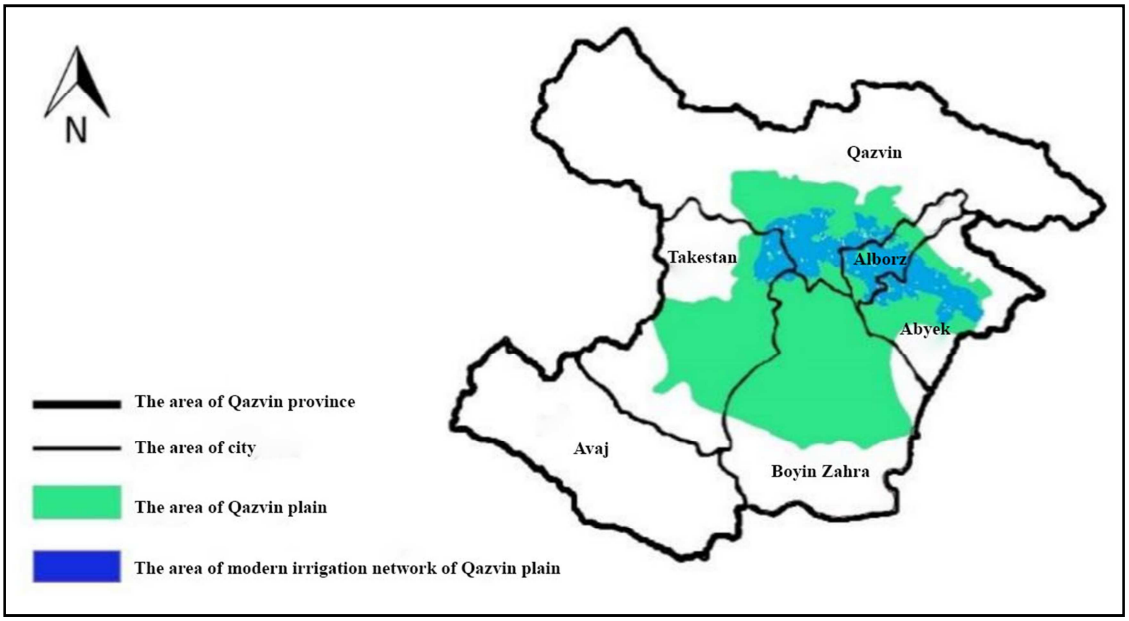

Figure 1. Location of the study area (Roshanfar *et al.*, 2019)

Table 1. Effective strategies for improving irrigation water productivity

Row	Title	Code
1	Increase production and use of water in increasing agricultural production by relying on improving and enhancing productivity through the observance of agricultural water rights, investment in storage and transmission systems.	A1
2	Expanding the level of pressurized irrigation methods and improving the economic productivity of irrigation water	A2
3	Sufficient attention to the necessary investments for the operation and maintenance of water networks and facilities	A3
4	Implement agricultural management along with providing ecosystem services	A4
5	Upgrading the dryland cultivation system; Improving dryer agricultural systems, relying on more use of rainfall or supplementary waterproofing	A5
6	Matching yesterday's irrigation with tomorrow's need; Modernization, the proper combination of technology, and the upgrading of management to improve the response to the needs of the stakeholders, make it possible to increase more and more sustainable production.	A6
7	Earn more crops or incomes with less water consumption	A7
8	Reforming the structure of water and agricultural management	A8
9	Improvement of surface water resources to reduce water harvesting from aquifer	A9
10	Planning and operating volume water delivery (At the requested time and place)	A10
11	Adequate supervision of water withdrawals in the exploitation of watershed resources	A11
12	Establish inter-organizational coordination in the monitoring and quality protection of water and soil resources	A12
13	Distribution of floods and artificial nutrition of aquifers	A13
14	Complete or create quantitative measurement networks in water resources utilization	A14
15	Complete or create qualitative measuring networks in water resources utilization	A15
16	Reuse wastewater to develop specific water resources in conditions of drought crisis	A16
17	Review in Water Distribution Program due to rainfall and evapotranspiration distribution map to achieve user's satisfaction and higher water productivity in Qazvin irrigation network	A17
18	Review in Water Distribution Program in accordance with the water accounting information table to achieve reduction of water harvesting from aquifer and helping to sustain water resources	A18
19	Public notice	A19
20	Production program editing, export and import; Emphasis on self -sufficiency in products whose production based on water productivity has a relative advantage.	A20
21	Production program editing, export and import; Emphasis on the production of export products with less water requirement (consider water economic value)	A21
22	Production program editing, export and import; Emphasis on imports of products with more water requirement	A22
23	Change of thinking about water to achieve three goals of food security, reducing poverty and maintaining ecosystem rather than one -dimensional attitudes to agriculture as a production system and attitudes to it as a consolidated multifaceted system	A23
24	Implementation of correct water pricing policy on Qazvin plain Irrigation Network	A24
25	To work with skilled people as water police	A25
26	Forming and managing database and data processing	A26
27	Establishment of final decision -making, organizational reactions and structural changes needed to manage risk and drought crisis	A27
28	Strengthening the participation and interaction of the users	A28
29	More participation of users in the design, implementation, operation and maintenance of irrigation networks and facilities	A29
30	Supporting water management organizations in network irrigation management	A30
31	Adequate attention to legal issues and traditional water right in the regions	A31
32	Change the policy of land productivity index to water productivity to achieve maximum production per unit of water consumption	A32
33	Development of research activities on crops with less water requirement, shorter growth period and in accordance with suitable climatic conditions, with a physiology tolerant of environmental stresses, especially drought stress	A33
34	Development of agricultural methods with the aim of saving water consumption such as soil conservation methods (low tillage and no tillage), irrigation management in the early stages of growth, seedling cultivation in greenhouses and …	A34
35	Emphasis on issues of cultivation pattern and water requirement and network water capacity	A35

پس از تدوین اولیه پرسشنامه‌ها، روایی پرسشنامه‌ها از روش اعتبار و ارزش محتوایی موردبررسی قرار گرفت. بعد از بررسی نظرات، جمع‌بندی صورت گرفت و پرسشنامه اصلی و نهایی تهیه شد. در ادامه، پرسشنامه‌های نهایی برای پیمایش نظرات کارشناسان خبره استفاده شد. کارشناس خبره فردی است که تسلط کافی بر مبانی علمی و هم‌چنین شرایط منطقه موردمطالعه داشته باشد. در این پژوهش کارشناسان خبره شامل افراد دانشگاهی و تحقیقاتی (با تخصص آبیاری و زهکشی و منابع آب و با حداقل پنج مقاله یا گزارش علمی در مورد شبکه آبیاری دشت قزوین) و کارشناسان اجرایی از سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین (تخصص‌های زراعت، ترویج، خاکشناسی و آبیاری با سابقه کاری حداقل ۱۰ سال و در سمت کارشناس تا مدیر میانی) و شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان قزوین (با تخصص‌های عمران و آبیاری و زهکشی و با سابقه کاری حداقل ۱۰ سال و در سمت کارشناس و مدیر میانی) و تشکل آب‌بران شبکه آبیاری قزوین (کارشناس) بودند. در جدول (۲) مشخصات کارشناسان پژوهش حاضر ارائه شده است. در مجموع در این مطالعه از سیزده نفر کارشناس خبره استفاده شد. در تحلیل نظر خبرگان در مطالعات پرسشنامه‌ای، حداقل تعداد مجاز کارشناس پنج نفر و حداکثر مرسوم ۴۰ کارشناس است. معمولاً افزایش تعداد کارشناسان از ۱۰ نفر در مطالعات تحلیل نظر خبرگان غیرضروری است و تأثیر چندانی در نتایج ندارد (Vakili and Jahangiri, 2018). برای بررسی پایایی پرسشنامه نیز از آزمون آلفای کرونباخ استفاده شد. این آزمون ابتدا برای محدوده شرقی و غربی به‌طور جداگانه انجام شد و سپس برای هر دو محدوده با هم بررسی گردید. مقدار این ضریب برای محدوده شرقی، محدوده غربی و کل شبکه آبیاری به‌ترتیب ۰/۹۱۸، ۰/۹۵۲ و ۰/۹۶۹ به‌دست آمد. براساس این مقادیر پایایی پرسشنامه مورد تأیید قرار گرفت.

برای رتبه‌بندی و اولویت‌بندی راه‌کارها، میانگین امتیاز هر راه‌کار محاسبه شد. هم‌چنین برای تعیین میزان اختلاف نظرها از شاخص انحراف معیار استفاده شد. باتوجه به نقشه‌های بهره‌وری که در ادامه آورده شده است (شکل‌های ۴ و ۵)، بهره‌وری آب در محدوده غربی(پایین‌دست) شبکه بیش‌تر از محدوده شرقی (بالادست) شبکه می‌باشد، درنتیجه با بررسی و مقایسه میانگین امتیاز راه‌کارهای ارتقای بهره‌وری در دو محدوده شرقی (بالادست) و غربی (پایین‌دست)، می‌توان عوامل کارآمد و مؤثر بر بهبود بهره‌وری آب در پایین‌دست شبکه را شناسایی نمود. برای بررسی اختلاف میانگین امتیاز هریک از راه‌کارها بین محدوده بالادست و پایین‌دست شبکه از آزمون t مستقل استفاده شد. براساس این آزمون، اگر اختلاف میانگین امتیازها در یک سری از سؤال‌ها معنی‌دار باشد، نشان‌دهنده آن است که این عوامل در محدوده پایین‌دست شبکه دارای میانگین امتیازی بیش‌تری نسبت به محدوده بالادست شبکه هستند و موجب افزایش بهره‌وری در محدوده پایین‌دست شبکه شده‌اند و می‌توان با به‌کارگیری این عوامل در بالادست شبکه بهره‌وری را در این محدوده بهبود بخشید. هم‌چنین می‌توان نتیجه گرفت که نتایج به‌دست‌آمده از حسابداری آب و نقشه‌های تهیه‌شده در سطح شبکه آبیاری، توانسته به ارائه راه‌کارهای مناسب برای بهبود و ارتقای بهره‌وری آب، متناسب با شرایط شرق و غرب شبکه کمک کند.

Table 2. General characteristics of the participant experts

Characteristics	Number	Percentage of the total sample	Work/Research experience (year)
Education			
B.Sc.	3	23.1	12-15
M.Sc.	6	46.2	7-18
Ph.D.	4	30.8	10-25
Organization			
University and research institute	5	38.5	7-25
Agriculture organization	4	30.8	11-15
Regional water company	2	15.4	12-18
Non-govermentanl water user association	2	15.4	10-13

۳. نتایج و بحث

جدول (۳) گویای میانگین و انحراف معیار راه‌کارها در بالادست و پایین‌دست شبکه آبیاری می‌باشد. راه‌کارهای ارتقای بهره‌وری براساس میزان اهمیت و تأثیر هرکدام، از میانگین امتیازی بالا به پایین اولویت‌بندی شده‌اند.

Table 3. Mean and standard deviation of each of the strategies

Western area (Downstream)					Eastern area (Upstream)				
Rank in standard deviation	Standard deviation	Rank in average	Average	Strategies	Rank in standard deviation	Standard deviation	Rank in average	Average	Strategies
21	0.48	1	4.69	A32	16	0.65	1	4.62	A11
17	0.65	2	4.62	A11	16	0.65	1	4.62	A22
17	0.65	2	4.62	A22	19	0.65	1	4.62	A29
20	0.51	2	4.62	A14	19	0.51	1	4.62	A18
20	0.51	2	4.62	A18	12	0.51	1	4.62	A23
20	0.51	2	4.62	A23	15	0.78	2	4.54	A10
16	0.66	3	4.54	A3	15	0.66	2	4.54	A14
16	0.66	3	4.54	A6	15	0.66	2	4.54	A26
16	0.66	3	4.54	A26	15	0.66	2	4.54	A35
16	0.66	3	4.54	A29	15	0.66	3	4.46	A8
16	0.66	3	4.54	A35	13	0.77	4	4.38	A27
11	0.78	4	4.46	A10	19	0.51	4	4.38	A28
16	0.66	4	4.46	A19	9	0.95	5	4.31	A12
16	0.66	4	4.46	A34	6	1.01	6	4.23	A13
5	0.96	5	4.38	A33	10	0.83	6	4.23	A9
7	0.87	5	4.38	A12	10	0.83	6	4.23	A24
12	0.77	5	4.38	A17	14	0.73	6	4.23	A19
12	0.77	5	4.38	A27	14	0.73	6	4.23	A30
17	0.65	5	4.38	A7	14	0.73	6	4.23	A32
17	0.65	5	4.38	A24	8	0.99	7	4.15	A34
8	0.85	6	4.31	A21	20	0.49	8	4.08	A7
14	0.75	6	4.31	A2	7	1	9	4	A33
18	0.63	6	4.31	A8	11	0.82	9	4	A31
21	0.48	6	4.31	A28	18	0.58	9	4	A6
9	0.83	7	4.23	A9	18	0.58	9	4	A20
15	0.73	7	4.23	A30	9	0.95	10	3.92	A21
19	0.6	7	4.23	A20	17	0.64	10	3.92	A3
4	1.14	8	4.15	A1	21	0.48	11	3.69	A17
10	0.82	9	4	A31	5	1.13	12	3.54	A16
2	1.19	10	3.92	A5	12	0.78	13	3.46	A2
13	0.76	10	3.92	A16	4	1.19	14	3.38	A15
6	0.93	11	3.77	A15	13	0.77	14	3.38	A1
16	0.66	12	3.46	A13	3	1.25	15	3.31	A5
3	1.17	13	3.23	A4	2	1.38	16	3.08	A4
1	1.39	14	2.62	A25	1	1.44	17	2.69	A25
	0.75		4.62	Total average		0.8		4.08	Total average

هم‌چنین برای بررسی و مقایسه دقیق‌تر و راحت‌تر راه‌کارها در دو محدوده شرق و غرب شبکه، نمودارهای مربوط به میانگین امتیاز راه‌کارها و انحراف معیار امتیاز هر یک، به‌ترتیب در شکل‌های (۲) و (۳) ارائه شده است.

براساس نتایج به‌دست‌آمده از جداول میانگین و انحراف معیار، پنج راه‌کار با کدهای A11، A18، A22، A23 و A29 با میانگین امتیازی ۴/۶۲ (از پنج امتیاز) دارای بیش‌ترین تأثیر در ارتقای بهره‌وری در محدوده شرقی شبکه می‌باشند. در محدوده غربی، راه‌کار "تغییر سیاست شاخص بهره‌وری زمین به بهره‌وری آب برای دستیابی به حداکثر تولید به‌ازای واحد مصرف آب" با میانگین امتیازی ۴/۶۹ دارای بیش‌ترین امتیاز می‌باشد. همان‌طورکه در بخش مقدمه نیز گفته شده است، Habibi Kandbon *et al*. (2017) در پژوهش خود بیان نمودند که از منابع آب موجود در شبکه آبیاری قزوین به‌صورت هدف‌مند استفاده نمی‌شود و به‌دلیل عدم توزیع زمانی مناسب آب، عدم وجود برنامه‌ریزی برای بهره‌برداری از کل منابع آب و ضعف زیرساخت‌ها، تلفات آب در منطقه زیاد بوده است و برای کاهش تلفات و بهبود

بهره‌وری نیاز به نظارت کافی بر برداشت‌های آب و مشارکت بیش‌تر بهره‌برداران در فازهای طراحی و اجرا و بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌ها و تأسیسات آبیاری می‌باشد که بیانگر همان گویه‌های A11 و A29 می‌باشد. هم‌چنین Azimi Dezfuli (2020) بیان نمودند که بنا به این‌که با افزایش بهره‌وری آب، می‌توان حجم آب مصرفی تولید محصولات راهبردی را کاهش داد، به‌نظر می‌رسد مطلوبیت اجتماعی اقتصادی حجم آب مصرف‌شده جهت تولید محصولات راهبردی نسبت به هزینه‌های آن، ارجحیت داشته باشد که این موضوع همان تغییر تفکر در مورد آب و نگرش چندوجهی تلفیقی به سیستم کشاورزی به جای نگرش یک بعدی به کشاورزی (راه‌کار A23) است.

همان‌طورکه از نتایج مشخص است، راه‌کار "به‌کار گماردن افراد کاردان و ماهر به‌عنوان پلیس آب" در هر دو محدوده دارای کم‌ترین امتیاز می‌باشد و تأثیر چندانی در ارتقای بهره‌وری کل شبکه ندارد. هم‌چنین با توجه به نمودار میانگین امتیاز، امتیاز همه عوامل به‌غیر از این یک عامل یعنی "به‌کار گماردن افراد کاردان و ماهر به‌عنوان پلیس آب" از مقدار متوسط (امتیاز سه) بیش‌تر است.

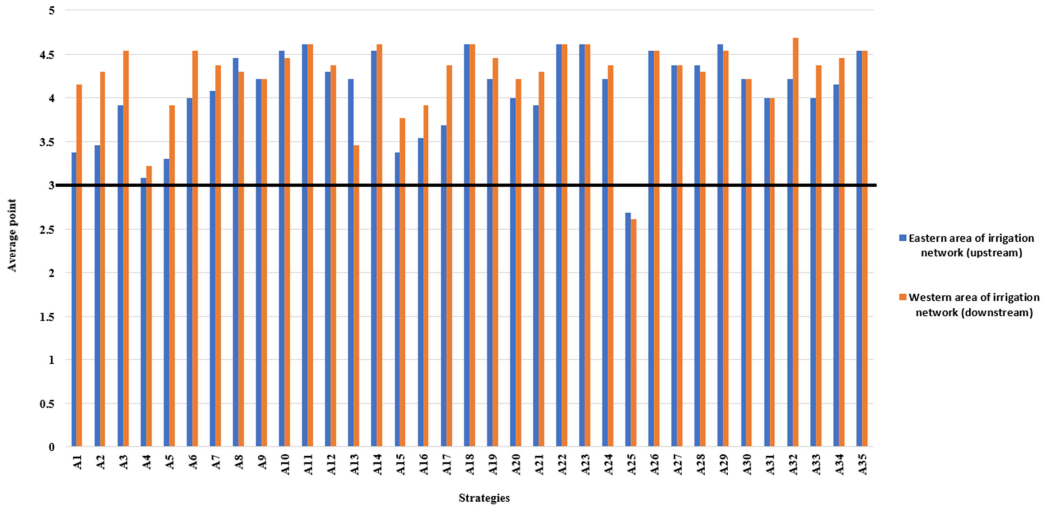

Figure 2. Graph of average points of strategies in the eastern and western areas of Qazvin irrigation network

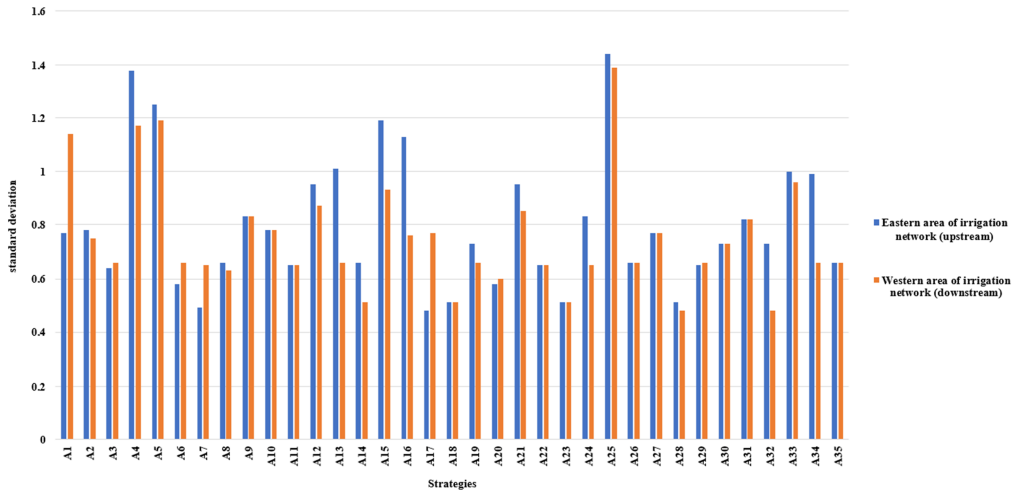

Figure 3. Graph of standard deviation of strategies in the eastern and western areas of Qazvin irrigation network

میزان اهمیت و تأثیر راه‌کارها برای بهبود بهره‌وری در دو محدوده بالادست و پایین‌دست شبکه به‌ترتیب ۰/۸± ۴/۰۸ و ۰/۷۵±۴/۲۶ (از امتیاز کل پنج) به‌دست‌آمده است.

همان‌طورکه در نقشه‌های بهره‌وری (شکل‌های ۴ و ۵) قابل مشاهده است، بهره‌وری آب در محدوده غربی (پایین‌دست) شبکه بیش‌تر از محدوده شرقی (بالادست) شبکه می‌باشد. در نتیجه با توجه به نتایجی که از آزمون t به‌دست آمد و در جدول (۴) نیز آورده شده است و با بررسی و مقایسه میانگین امتیاز راه‌کارهای ارتقای بهره‌وری در دو محدوده شرقی (بالادست) و غربی (پایین‌دست)، می‌توان عوامل کارآمد و مؤثر بر بهبود بهره‌وری آب در پایین‌دست شبکه را شناسایی نمود.

با تحلیل و بررسی نتایج به‌دست‌آمده از آزمون t مستقل، گویه‌های "گسترش سطح روش‌های آبیاری تحت‌فشار و بهبود بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری"، "توجه کافی به سرمایه‌گذاری‌های لازم برای عملیات بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌ها و تأسیسات آبی"، "تطبیق آبیاری دیروز با نیاز فردا؛ مدرن‌سازی، ترکیب مناسب فناوری و ارتقای مدیریت برای بهبود پاسخ به نیاز ذی‌نفعان، امکان افزایش تولید بیش‌تر و پایدار را فراهم می‌کند"، "پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی سفره‌ها (آبخوان‌داری)" و "بازنگری در برنامه توزیع آب با توجه به نقشه توزیع بارش و تبخیروتعرق برای دستیابی به رضایت بهره‌برداران و بهره‌وری آب بالاتر در شبکه آبیاری قزوین" عوامل کارآمد و مؤثر بر بهبود بهره‌وری آب در پایین‌دست شبکه می‌باشند که با به‌کارگیری این عوامل در بالادست شبکه، می‌توان بهره‌وری آب را در این محدوده ارتقا و بهبود بخشید.

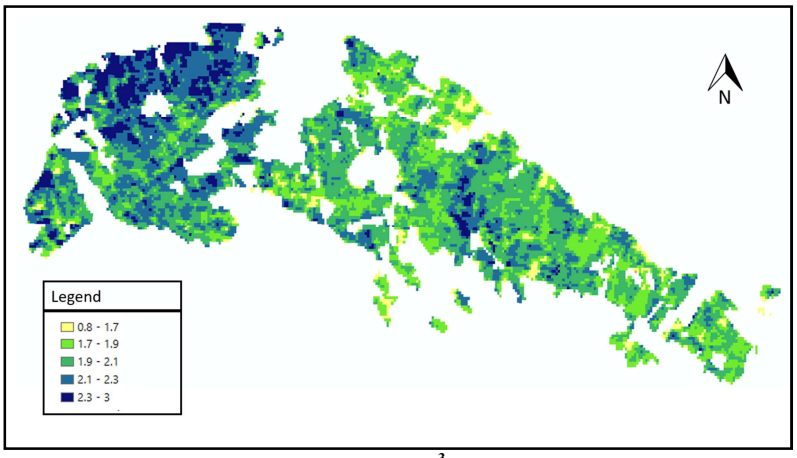

Figure 4. Gross biomass water productivity (Kg/m^3) in the Qazvin irrigation network in 2020

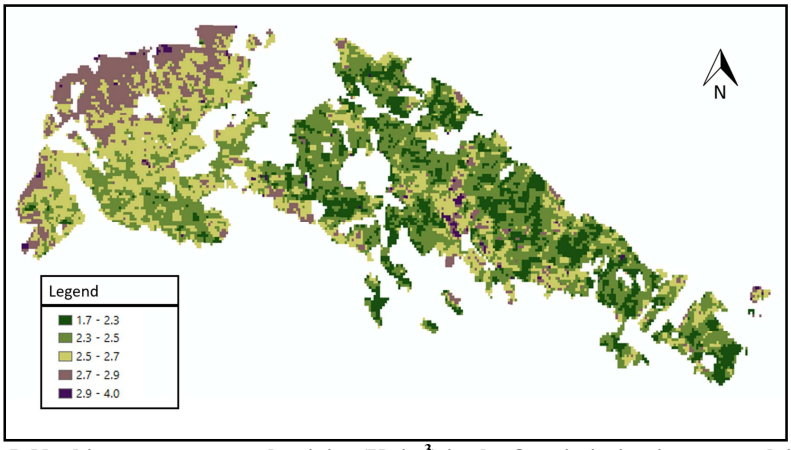

Figure 5. Net biomass water productivity (Kg/m^3) in the Qazvin irrigation network in 2020

Table 4. The results of the t-test are compared with the strategies for the eastern and western areas of the network

		Levene's test for equality of variances		t-test for equality of means				Levene's test for equality of variances		t-test for equality of means	
Strategies code		F	Sig.	t	Sig. (2-tailed)	Strategies code		F	Sig.	t	**Sig. (2-tailed)**
A1	Equal variances assumed	0.24	0.63	-2.01	0.06	A19	Equal variances assumed	0.01	0.93	-0.85	**0.41**
	Equal variances not assumed			-2.01	0.06		Equal variances not assumed			-0.85	**0.41**
A2	Equal variances assumed	0.01	0.94	-2.83	0.01	A20	Equal variances assumed	1.03	0.32	-1.00	**0.33**
	Equal variances not assumed			-2.83	0.01		Equal variances not assumed			-1.00	**0.33**
A3	Equal variances assumed	0.87	0.36	-2.41	0.02	A21	Equal variances assumed	0.14	0.71	-1.08	**0.29**
	Equal variances not assumed			-2.41	0.02		Equal variances not assumed			-1.08	**0.29**
A4	Equal variances assumed	0.18	0.68	-0.31	0.76	A22	Equal variances assumed	0.00	1.00	0.00	**1.00**
	Equal variances not assumed			-0.31	0.76		Equal variances not assumed			0.00	**1.00**
A5	Equal variances assumed	0.17	0.68	-1.29	0.21	A23	Equal variances assumed	0.00	1.00	0.00	**1.00**
	Equal variances not assumed			-1.29	0.21		Equal variances not assumed			0.00	**1.00**
A6	Equal variances assumed	2.78	0.11	-2.21	0.04	A24	Equal variances assumed	1.19	0.29	-0.53	**0.60**
	Equal variances not assumed			-2.21	0.04		Equal variances not assumed			-0.53	**0.60**
A7	Equal variances assumed	4.57	0.04	-1.36	0.19	A25	Equal variances assumed	0.04	0.85	0.14	**0.89**
	Equal variances not assumed			-1.36	0.19		Equal variances not assumed			0.14	**0.89**
A8	Equal variances assumed	0.18	0.68	0.61	0.55	A26	Equal variances assumed	0.00	1.00	0.00	**1.00**
	Equal variances not assumed			0.61	0.55		Equal variances not assumed			0.00	**1.00**
A9	Equal variances assumed	0.00	1.00	0.00	1.00	A27	Equal variances assumed	0.00	1.00	0.00	**1.00**
	Equal variances not assumed			0.00	1.00		Equal variances not assumed			0.00	**1.00**
A10	Equal variances assumed	0.03	0.88	0.25	0.80	A28	Equal variances assumed	0.61	0.44	0.40	**0.70**
	Equal variances not assumed			0.25	0.80		Equal variances not assumed			0.40	**0.70**
A11	Equal variances assumed	0.00	1.00	0.00	1.00	A29	Equal variances assumed	0.08	0.78	0.30	**0.77**
	Equal variances not assumed			0.00	1.00		Equal variances not assumed			0.30	**0.77**
A12	Equal variances assumed	0.16	0.70	-0.22	0.83	A30	Equal variances assumed	0.00	1.00	0.00	**1.00**
	Equal variances not assumed			-0.22	0.83		Equal variances not assumed			0.00	**1.00**
A13	Equal variances assumed	2.39	0.14	2.29	0.03	A31	Equal variances assumed	0.00	1.00	0.00	**1.00**
	Equal variances not assumed			2.29	0.03		Equal variances not assumed			0.00	**1.00**
A14	Equal variances assumed	1.17	0.29	-0.33	0.74	A32	Equal variances assumed	1.98	0.17	-1.91	**0.07**
	Equal variances not assumed			-0.33	0.74		Equal variances not assumed			-1.91	**0.07**
A15	Equal variances assumed	1.97	0.17	-0.92	0.37	A33	Equal variances assumed	0.00	0.96	-1.00	**0.33**
	Equal variances not assumed			-0.92	0.37		Equal variances not assumed			-1.00	**0.33**
A16	Equal variances assumed	3.96	0.06	-1.02	0.32	A34	Equal variances assumed	1.37	0.25	-0.93	**0.36**
	Equal variances not assumed			-1.02	0.32		Equal variances not assumed			-0.93	**0.36**
A17	Equal variances assumed	4.92	0.04	-2.76	0.01	A35	Equal variances assumed	0.00	1.00	0.00	**1.00**
	Equal variances not assumed			-2.76	0.01		Equal variances not assumed			0.00	**1.00**
A18	Equal variances assumed	0.00	1.00	0.00	1.00						
	Equal variances not assumed			0.00	1.00						

یافته‌های پژوهش حاضر با برخی از نتایج سایر پژوهش‌گران همخوانی دارد. در پژوهش Mahdavi *et al*. (2019) نیز به ضرورت به‌کارگیری راه‌کار " پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی سفره‌ها (آبخوان‌داری)" اشاره شده است. در پژوهش مذکور، با استفاده از مهار سیلاب‌ها، سهم سرانه منابع آب تجدیدپذیر محدوده موردمطالعه در سال ۱۳۹۵ نسبت به سال ۱۳۸۵ افزایش یافته است. Nazari *et al*. (2022) نیز با بررسی راه‌حل‌های مختلف فنی و مدیریتی به نتیجه مشابه این پژوهش دست یافتند که راه‌کار " گسترش سطح روش‌های آبیاری تحت‌فشار" می‌تواند موجب افزایش بهره‌وری فیزیکی آب شود. در پژوهشی که توسط Habibi Kandbon *et al*. (2017) صورت گرفته است نیز به این نتیجه رسیده‌اند که تلفات آب و کم شدن بهره‌وری آب در شبکه قزوین به‌دلیل «عدم وجود اطلاعات لازم، ضعف زیرساخت‌ها و یا برای جبران بخشی از تلفات انتقال آب» بوده است که این موضوع به نوعی دلالت بر ضرورت توجه کافی به سرمایه‌گذاری‌های لازم برای عملیات بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌ها و تأسیسات آبی است که در پژوهش حاضر با نام «گویه A3» برای بهبود بهره‌وری در شبکه آبیاری قزوین شناسایی و ارائه شد.

از تحلیل و بررسی نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش می‌توان به لزوم نظارت کافی بر نگهداری از شبکه‌ها و تأسیسات و اختصاص بودجه لازم و اجرای روش‌های آبیاری نوین ضمن ارزیابی و نظارت بیش‌تر بر آن‌ها پی برد. هم‌چنین مشخص شد که بالادست شبکه ضمن دریافت آب بیش‌تر از کانال و چاه‌ها، بهره‌وری کم‌تری دارد در نتیجه لازم است که برای افزایش بهره‌وری آب در این محدوده، مطالعه با جزئیات بیش‌تر انجام شود. از طرفی با بهبود مدیریت و به‌کارگیری فناوری‌های نوین می‌توان تولید را افزایش داد و به بهره‌وری مطلوب دست یافت.

۴. نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که نظارت کافی بر برداشت‌های آب، بازنگری در برنامه توزیع آب، تأکید بر واردات محصولات با نیاز آبی بیش‌تر، مشارکت بیش‌تر بهره‌برداران در فازهای طراحی و اجرا و بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌ها و تأسیسات آبیاری و تغییر تفکر در مورد آب برای رسیدن به سه هدف امنیت غذایی، کاهش فقر و حفظ اکوسیستم، از جمله راه‌کارهایی هستند که بیش‌ترین تأثیر را در بهبود بهره‌وری محدوده شرقی (بالادست) شبکه دارند. هم‌چنین تغییر سیاست شاخص بهره‌وری زمین به بهره‌وری آب برای دستیابی به حداکثر تولید به‌ازای واحد مصرف آب موجب ارتقای بهره‌وری در محدوده غربی (پایین‌دست) شبکه می‌شود. در هر دو محدوده شرقی و غربی شبکه، به‌کار گماردن افراد کاردان و ماهر به‌عنوان پلیس آب دارای کم‌ترین امتیاز می‌باشد، درنتیجه به‌کارگیری این راه‌کار تأثیر چندانی در بهبود بهره‌وری کل شبکه ندارد. باتوجه به بررسی‌های انجام‌شده در این پژوهش، با استفاده از گسترش سطح روش‌های آبیاری تحت فشار، توجه کافی به سرمایه‌گذاری‌های لازم برای نگهداری از شبکه، تطبیق آبیاری دیروز با نیاز فردا، پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی سفره‌ها و بازنگری در برنامه توزیع آب با توجه به نقشه توزیع بارش و تبخیروتعرق، می‌توان بهره‌وری آب را در بالادست شبکه ارتقا و بهبود بخشید. درنهایت می‌توان نتیجه گرفت ازآنجایی‌که عوامل ذکرشده جز راه‌کارهای فنی و مدیریتی محسوب می‌شوند، باید کوشید تا در زمینه فنی و مدیریتی اصلاحاتی صورت گیرد. Ghodousi and Malkeshi (2014) نیز به این موضوع اشاره کرده‌اند که برای ارتقای سطح عملکرد و بهره‌وری آب شبکه‌ها، بررسی‌ها و سرمایه‌گذاری‌ها باید بر بخش‌های مدیریتی و فنی متمرکز شوند. هم‌چنین Hosseini Jolfan *et al*. (2019) نیز در پژوهش خود اذعان داشته است که در اکثر شبکه‌های آبیاری کشور سامانه‌های تنظیم سطح آب نتوانسته‌اند مانع اختلال فرایند آبگیری شوند، از این‌رو توزیع ناکافی و ناعادلانه آب بین کشاورزان مشکلات حادی را به‌وجود آورده است. عدم رضایت کشاورزان از توزیع کافی و مناسب آب در شبکه آبیاری قزوین و هم‌چنین فقدان

مکانیسم نظارتی کارآمد، سبب شده تا بهره‌برداران آب اقدام به برداشت‌های مجاز (و حتی غیرمجاز) از منابع آب زیرزمینی نمایند. این مسئله درنهایت منجر به بیلان منفی آبخوان قزوین شده است. موارد بحث‌شده، لزوم نظارت کافی بر برداشت‌های آب، بازنگری در برنامه توزیع آب و مشارکت بیش‌تر بهره‌برداران در فازهای طراحی و اجرا و بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌ها و تأسیسات آبیاری را مطرح می‌سازد. در پژوهشی دیگر، Zare Abyaneh *et al*. (2019) بیان نموده‌اند که مدیریت مصرف منابع محدود آب به‌دلیل مشارکت کم بهره‌برداران در مدیریت و سیاست‌گذاری‌های شبکه ضعیف است. لذا بر مبنای یافته‌های پژوهش حاضر و پیشنهادهای سایر پژوهش‌گران لازم است تا ضمن جلب مشارکت بهره‌برداران، با به‌کارگیری روش‌های نوین آبیاری و روش‌های به‌زراعی، وضعیت مصرف آب و راندمان آبیاری در شبکه آبیاری قزوین بهبود یابد. براساس نتایجی که در این پژوهش به‌دست آمد، تحلیل جداگانه مناطق بالادست و پایین‌دست شبکه‌های آبیاری به‌دلیل سطوح متفاوت از دسترسی به آب، می‌تواند یک رویکرد قابل‌توصیه برای ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی باشد.

۵. پی‌نوشت‌ها

۱. تخصیص سطوح برای محصولات با بهره‌وری آب اقتصادی کم‌تر و محصولات با بهره‌وری آب اقتصادی بیش‌تر (کلزا و گوجه‌فرنگی)

۲. تخصیص زمین آیش به محصولات با ارزش‌تر (کلزا و گوجه‌فرنگی)

۳. الگوی کشت رایج

۴. تخصیص سطوح برای محصولات با بهره‌وری فیزیکی آب کم‌تر به محصولات با بهره‌وری آب فیزیکی بیش‌تر (چغندرقند، لوبیا، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، ذرت و علوفه)

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافعی بین نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

Abbasi, F., Naseri, A., Sohrab, F., Baghani, J., Abbasi, N., & Akbari, M. (2015). Improve water consumption efficiency. *Agricultural Technical and Engineering Research Institute*. (In Persian)

Akbari, M., Moosavi, S. H., & Najafi, H. (2019). Impacts of climate change and drought on income risk and crop pattern in Qazvin plain irrigation network. *Journal of Water Research in Agriculture*, *33*(2), 265-281.

Azimi Dezfuli, A. A. (2020). An introduction to agricultural water accounting by estimating crop water consumption. *Journal of Water and Sustainable Development*, *6*(3), 31-40. (In Persian)

Azizabadi Farahani, M., & Mirzaei, F. (2020). Optimal model of irrigation network operational management to maximize profit (Case study: Qazvin irrigation network). *Iranian Journal of Soil and Water Research*, *51*(9), 2149-2162. (In Persian)

Chu, L., & Grafton, Q. (2020). Water pricing and the value-add of irrigation water in Vietnam: Insights from a crop choice model fitted to a national household survey. *Agricultural Water Management. Journal of Environmental Management*, *183*, 453-459.

Ghodousi, H., & Malkeshi, F. (2014). Prioritize strategies for increasing water productivity in irrigation networks using analytical hierarchy process (AHP), (Case study: Qazvin irrigation network). *Water and Soil Conservation*, *21*(2), 131-152. (In Persian)

Habibi Kandbon, A., Kayhani, M., Parvareshrizi, A., & Shaykhhoseini, M. (2017). Qazvin's irrigation network evaluations, using the external indicators of rapid appraisal process. *Iranian Soil and Water Research*, *48*(3), 491-502. (In Persian)

Hosseini Jolfan, M., Hashemy Shahdany, S. M., Javadi, S., & Banihabib, M. E. (2019). Assessment of improving operational approaches to the surface water resources on groundwater extraction reduction within the irrigation districts; case study of Qazvin irrigation district. *Iran Water Resources Research*, *14*(4), 125-139. (In Persian)

Kazem Attar, H., Noori, H., & Ebrahimian, H. (2020). Effect of water pricing on persuading farmers to use modern irrigation systems and increasing the economic productivity of irrigation water (Case study: Qazvin plain irrigation network). *Iranian Journal of Irrigation and Drainage*, *14*(2), 616-625. (In Persian)

Liaghat, A. M., Mokari Ghahroodi, E., Noory, H., & Sotoudenia, A. (2015). Evaluation of Qzvin plain irrigation systems through an assessment of classical vs neoclassical irrigation efficiencies. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, *46*(2), 343-351. (In Persian)

Mahdavi, T., Bagheri, A., & Hoseyni, S. A. (2019). Integrated assessment of water resources system in the Ajabshir study area, based on SEEA-water accounting framework. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, *50*(6), 1535-1552. (In Persian)

Moradinejad, A. (2019). Investigating the participation of beneficiaries in optimizing water use management (Case study: Qazvin plain irrigation networks). *Journal of Water and Sustainable Development*, *6*(1), 85-94. (In Persian)

Nazari, B, Liaghat, A., & Parsinejad, M. (2022). Investigation of Irrigation Systems Development , Cropping Pattern Scenarios , and Deficit Irrigation on Water Productivity in Qazvin Irrigation Network by Systems Dynamics. *Irrigation Sciences and Engineering (JISE)*, *44*(4), 93-108. https://doi.org/10.22055/JISE.2020.28076.1819

Nazari, Bijan, & Liaghat, A. (2016). *Basics and indicators of water productivity in agriculture*. Secretariat of Specialized Commissions of Iran Chamber, 20. (In Persian)

Qazvin Regional Water Company. (2018). *Qazvin plain irrigation network*. Www.Qzrw.Ir. (In Persian)

Radmehr, R., Ghorbani, M., & Kulshreshtha, S. (2020). Selecting strategic policy for irrigation water management (Case study: Qazvin plain, Iran). *Journal of Agricultural Science and Technology*, *22*(2), 579-593.

Ramezani Etedali, H., Liaghat, A., Parsinejad, M., Tavakoli, A., & Ababayi, B. (2014). Finding the potential of rainfed lands and optimal water allocation between irrigated and rainfed lands (Case study: Qazvin plain). *Iranian Soil and Water Research*, *45*(2), 167-177.(In Persian)

Ramezani Etedali, H., Shokoohi, A., & Mojtavabi, S. (2016). Using the concept of virtual water footprint in main crops production for crossing the water crisis in Qazvin. *Journal of Water and Soil*, *31*(2), 422-433.(In Persian)

Rezayan, A., & Rezayan, A. H. (2015). Future research of water crisis in Iran using scenario method. *Ecohydrology*, *3*(1), 1-17.(In Persian)

Roshanfar, M., Amirnejad, H., Najafi Alamdarlo, H., & Nazari, B. (2019). The cost-effectiveness evaluation of the grant policy for under pressure irrigation systems in conservation of groundwater resources. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development*, *33*(2), 220-205.

Shokoohi, A. (2012). Comparison of SPI and RDI in drought analysis in local scale with emphasizing on agricultural drought (Case study: Qazvin and Takestan). *Journal of Irrigation and Water Engineering*, *3*(9).(In Persian)

Siahi, M. K., Ashrafi, A., Vahedi, M., Ehteshami, M., Mehrdadi, N., & Zarnekabi, M. R. (1998). *Analysis on the assessment of the environmental effects of irrigation and drainage projects*. National Irrigation and Drainage Committee of Iran, 19.

Soleimanzade, A. (2016). The situation of water crisis in land and the world. *First International Water Conference, Environment and Sustainable Development*. (In Persian)

Zare Abyaneh, H., Heidari, A., & Daneshkar Arasteh, P. (2019). Evaluation of water management performance in irrigation network of Qazvin plain. *Irrigation and Water Engineering*, *10*(38), 76-88.(In Persian)

Vakili, M. M., & Jahangiri, N. (2018). Content Validity and Reliability of the Measurement Tools in Educational, Behavioral, and Health Sciences Research . *J Med Educ Dev.*, 10 (28), 105-117.(In Persian)