اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال ۲۹، شمارهٔ ۱۱۶، زمستان ۱۴۰۰

DOI: 10.30490/AEAD.2022.353656.1309

مقاله پژوهشی

ارزیابی اثرات اقتصادی تشکیل بازار آب کشاورزی در شبکهٔ آبیاری دشت رامجرد

لیلا نورانی[۱]، سیدنعمت‌الله موسوی[۲]، عبدالرسول شیروانیان[۳]

تاریخ دریافت : ۱۳۹۹/۱۱/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰ /۶/۲

چکیده

در دو دهه اخیر، تشکیل بازار آب به‌عنوان یک راهبرد مطلوب مدیریت تقاضا برای رفع کمبود آب مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به نقش آب در بخش کشاورزی، ارزیابی

مقالهٔ حاضر برگرفته از رسالهٔ دکتری لیلا نورانی به راهنمایی دکتر سیدنعمت‌الله موسوی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت است.

۱- دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران.

۲- نویسندهٔ مسئول و دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران.
(snmousavi@miau.ac.ir)

۳- استادیار گروه تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویجی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران.

اثرات تشکیل بازار آب بر وضعیت معیشتی کشاورزان حائز اهمیت است. بر این اساس، در مطالعه حاضر، اثرات تشکیل بازار آب بر تغییرات الگوی کشت و بازده برنامه‌ای کشاورزان استان فارس بررسی شد. گردآوری داده‌های مورد نیاز با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی چندمرحله‌ای از صد بهره‌بردار دارای حقابه در شبکه آبیاری دشت رامجرد صورت گرفت؛ سپس، الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) تهیه و سناریوی تشکیل بازار آب با لحاظ قیمت تعادلی پیاده‌سازی شد. نتایج نشان داد که با تشکیل بازار آب، سطح زیر کشت محصولات پربازده و با نیاز آبی بالا شامل برنج، گوجه‌فرنگی و چغندرقند، به‌ترتیب، ۴۰/۶۷، ۲۳/۱۷ و ۱۰/۴۵ درصد و همچنین، بازده اقتصادی فعالیت‌های زراعی در تمامی نقاط دشت رامجرد افزایش می‌یابد؛ و بر این اساس، بازده برنامه‌ای کل اراضی دارای حقابه شبکه نیز از حدود ۲۰۱۳/۰۸۰ به ۲۱۹۴/۲۰۰ میلیارد ریال (معادل نُه درصد) بهبود خواهد یافت. بنابراین، ایجاد بازار آب می‌تواند کارآیی اقتصادی منطقه را بهبود بخشد که البته، مستلزم اتخاذ مقررات و قوانین کارساز و نظارت دقیق بر این بازار است. تشکیل و تقویت نهادها و تشکل‌های محلی آب‌بران که از جایگاه حقوقی و قانونی برخوردار باشند، می‌تواند بستر لازم برای تشکیل بازار آب و نظارت بر این بازار را فراهم سازد.

کلیدواژه‌ها: *بازار آب، مدیریت تقاضا، سود ناخالص (بازده برنامه‌ای)، الگوی کشت، الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP).*

طبقه‌بندی JEL : C02, Q11, Q13, Q34

مقدمه

رشد شدید تقاضای آب در بخش‌های کشاورزی، آشامیدنی و صنعت به‌گونه‌ای فزاینده کمیابی آب را در پی داشته است (Steusloff, 2010). در این راستا، عدم تعادل جهانی بین عرضه و تقاضای منابع آب (OECD, 2015) سبب شده است تا بحران‌های آتی آب به‌عنوان بزرگ‌ترین

تهدید اجتماعی جهانی، از نظر میزان تأثیر، شناخته شود (WEF, 2017). آمارها حاکی از آن است که از سال ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۰، استخراج آب شیرین سطحی و زیرزمینی در جهان حدود ۲/۵ برابر افزایش یافته است (Mekonnen and Hoekstra, 2016). بر این اساس، حل مشکلات کمبود آب با کاربرد یک رویکرد مهندسی با اقدامات سمت عرضه امکان‌پذیر نخواهد بود، بلکه راهبردهای مدیریت تقاضا نیز باید مد نظر قرار گیرد (Zetland, 2014). در این راستا، به‌دلیل مصرف بالای آب در بخش کشاورزی نسبت به سایر بخش‌ها، مدیریت تقاضای آب در این بخش از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (Maqsood et al., 2005). یکی از مباحث نوین در مدیریت تقاضا در شرایط کمبود آب، بازارهای آب است که از آن به‌عنوان ابزاری برای تخصیص مجدد آب به‌گونه‌ای فزاینده استفاده شده است (Ann Wheeler and Garrick, 2020). بازار آب، بازاری است که خریداران و فروشندگان می‌توانند در آن تجارت کنند (Xu et al., 2018). به گفتهٔ اقتصاددانان کشاورزی، در صورت وجود یک نظام تعیین حقابه و تحویل حجمی آب، ایجاد بازار آب محلی و منطقه‌ای باعث افزایش ضریب اطمینان دسترسی به آب و کاهش ریسک کشاورزان می‌شود و تخصیص بهینه آب به نحو مطلوب تحقق می‌یابد (Johansson, 2000). بر این اساس، بازار آب به سازوکاری از تخصیص آب بر مبنای مبادلهٔ حقابه برای مصرف آب اطلاق می‌شود که به تخصیص بهینهٔ آب می‌انجامد (Pujol et al., 2006). این بازار شامل ترتیباتی است که از طریق آن، دارندگان مجوز بهره‌برداری از منابع آب، بر اساس قواعد مشخص و از پیش‌تعیین‌شده، حقوق خود را با یکدیگر یا با متقاضیان جدید مبادله می‌کنند (Kemper, 2001). از دیدگاهی دیگر، منظور از بازار آب تخصیص مجدد آب بین مصارف و مصرف‌کنندگان مختلف بر اساس تخصیص اولیه و انتقال و واگذاری حق بهره‌برداری از منابع آب به سایر مصرف‌کنندگان است. بر این اساس، ایجاد بازار آب موجبات افزایش بهره‌وری مصرف این نهاده و انتقال آن به سمت مصارف با ارزش افزوده بیشتر را فراهم می‌کند (Easter and Huang, 2014). در عمل، رویکردهای مبتنی بر بازار به‌عنوان ابزاری برای مدیریت آب اغلب با حمایت عمومی نیز همراه بوده است (Rissman et al., 2017)، به‌گونه‌ای که پس از

اجرای موفق تشکیل بازار آب در ایالات متحده و استرالیا، تشکیل بازارهای آب توسط بخش خصوصی و دولت‌ها به‌طور گسترده در کشورهای مختلف از جمله شیلی (Bauer, 2004)، آفریقای جنوبی (Nieuwoudt and Armitage, 2004)، انگلستان (Lumbroso et al., 2014) و چین (Zheng et al., 2013) اجرایی شده است.

با توجه به قرار گرفتن کشور ایران در موقعیت جغرافیایی خشک، میزان بارندگی کمتر از یک‌سوم متوسط جهانی، تبخیر بیش از سه برابر متوسط جهانی، توزیع نامناسب بارندگی و سهمی کمتر از ۰/۱۱۵ درصدی آب شیرین، به‌منظور تأمین غذای جمعیت در حال افزایش و در نتیجه، افزایش تقاضا برای آب، برنامه‌ریزی در راستای تخصیص بهینه آب کشاورزی از موضوعات راهبردی محسوب می‌شود (Mirzaei et al., 2018; Nazemosadat et al., 2006). فانی و همکاران (Fani et al., 2016) و زرگان و واعظ موسوی (Zargan and Waez-Mousavi, 2016) نشان دادند که به‌دلیل سوءمدیریت و فقدان برنامه‌ریزی جامع و یکپارچه، بحران‌های منابع آب در ایران به‌گونه‌ای فزاینده در حال رشد است.

در استان فارس، در دو دهه اخیر، وقوع خشکسالی‌های متعدد و کاهش ریزش‌های جوی، در کنار برداشت بی‌رویه آب از منابع آبی زیرزمینی، سبب ایجاد چالش‌های جدی در بخش کشاورزی شده و کاهش سطح معیشت بهره‌برداران مناطق روستایی را در پی داشته است (Momeni and Zibaei, 2013).

با توجه به نکات پیش‌گفته، تثبیت حقوق آب قابل مبادله و تشکیل و تقویت بازارهای آب یکی از سیاست‌های اصلاحی است که می‌تواند در تعدیل اثرات این چالش‌ها و مدیریت بهینه منابع آب در بخش کشاورزی استان فارس اثربخش باشد. بر این اساس، مطالعهٔ حاضر به بررسی اثرات تشکیل بازار آب بر وضعیت اقتصادی کشاورزان در شبکه آبیاری دشت رامجرد در استان فارس پرداخته است. از سوی دیگر، الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی به‌گونه‌ای گسترده در مدیریت آب کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Feike and Henseler, 2017;

Mardani et al., 2017). کاربرد این الگوها، به‌ویژه از چند دهه گذشته، به‌عنوان یکی از ابزارهای تصمیم‌گیری در سطح مزرعه و بخش کشاورزی افزایش یافته است (Hardaker et al., 2004).

در سال‌های اخیر، کاربرد روش‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی در مدیریت آب در کشاورزی رواج یافته است (Lalehzari et al., 2015). در مدیریت آب کشاورزی، شیوه‌هایی مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی (Akbarzadeh et al., 2016; Zanetti et al., 2007)، الگوریتم ژنتیک (Farshadmehr et al., 2015; Zhang et al., 2007)، سیستم اطلاعات جغرافیایی (Wang et al., 2011; Zhang et al., 2007) و برنامه‌ریزی ریاضی (Feike et al., 2017; Varziri et al., 2016)، برای برآورد آب مورد نیاز آبیاری و تعیین الگوهای کشت، تأیید شده‌اند که از آن میان، کاربرد الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی گسترده‌تر بوده است (Mardani et al., 2016). کاربرد این الگوها، به‌ویژه از چند دهه گذشته، یکی از روش‌هایی بوده که به‌عنوان ابزار تصمیم‌گیری در مورد مسائل کشاورزی در سطح مزرعه و بخش کشاورزی معرفی شده است (Hardaker et al., 2004).

برنامه‌ریزی ریاضی را می‌توان به دو شیوه هنجاری (NMP)[1] و مثبت (PMP)[2] توسعه داد. کاربرد و انتخاب هر روش به سه عامل داده‌های موجود، تمرکز مدل (متضمن دستور[3]، اکتشافی[4] و یا توصیفی[5]) و حوزه تحقیق بستگی دارد. بدین ترتیب، این انتخاب، نتایج و توانایی‌های متفاوتی را در اختیار سیاست‌گذار خواهد گذاشت (Buysse et al., 2007; Mardani et al., 2017). روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، نخست، توسط هاویت (Howitt, 1995) معرفی شد و برای رفع کاستی‌ها و غلبه بر مشکلات موجود در مدل برنامه‌ریزی هنجاری توسعه یافت. این مدل یک روش تحلیلی تجربی است که از تمام اطلاعات موجود، فارغ از میزان

1. Normative Mathematical Programming
2. Positive Mathematical Programming
3. prescriptive
4. explorative
5. descriptive

کمیابی اطلاعات، استفاده می‌کند و در تحلیل‌های منطقه‌ای و بخشی کشورهای در حال توسعه و تحلیل اقتصادی زیست‌محیطی مفید است (Arfini et al., 2008).

برخلاف مدل‌های NMP، در مدل‌های PMP، برخی از پارامترها تعدیل می‌شوند تا قادر به بازتولید دقیق وضعیت پایه باشند. با توجه به اینکه این مدل‌ها قادر به بازتولید داده‌های مشاهده‌شده می‌باشند، این روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت نامیده می‌شود. مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) یکی از مدل‌های اصلی در حوزه برنامه‌ریزی ریاضی است که با ایجاد فضای متنوع تصمیم‌سازی، توانایی‌های متفاوتی را در خصوص تصمیم‌گیری در اختیار تصمیم‌گیرندگان قرار می‌دهد (Buysse et al., 2007; Mardani et al., 2017). این مدل یک روش تحلیلی تجربی است که از تمام اطلاعات موجود، استفاده می‌کند (Arfini et al., 2008) و واکنش‌های تولیدکنندگان نسبت به تغییرات خارجی را توضیح می‌دهد (Heckelei, 2002). بنابراین، در پژوهش حاضر نیز سعی شد که با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، به اثر تشکیل بازار آب بر اراضی دارای حقابه شبکه آبیاری دشت رامجرد در پایین‌دست سد درودزن پرداخته شود؛ و در این راستا، مدل برنامه‌ریزی مثبت ریاضی تهیه و سناریوی تشکیل بازار آب در این مدل پیاده‌سازی و اثرات آن بر سود ناخالص (بازده برنامه‌ای) به‌عنوان معیاری از وضعیت اقتصادی کشاورزان ارزیابی شد؛ همچنین، قیمت تعادلی آب در بازار تعیین و در مدل نهایی مورد استفاده قرار گرفت.

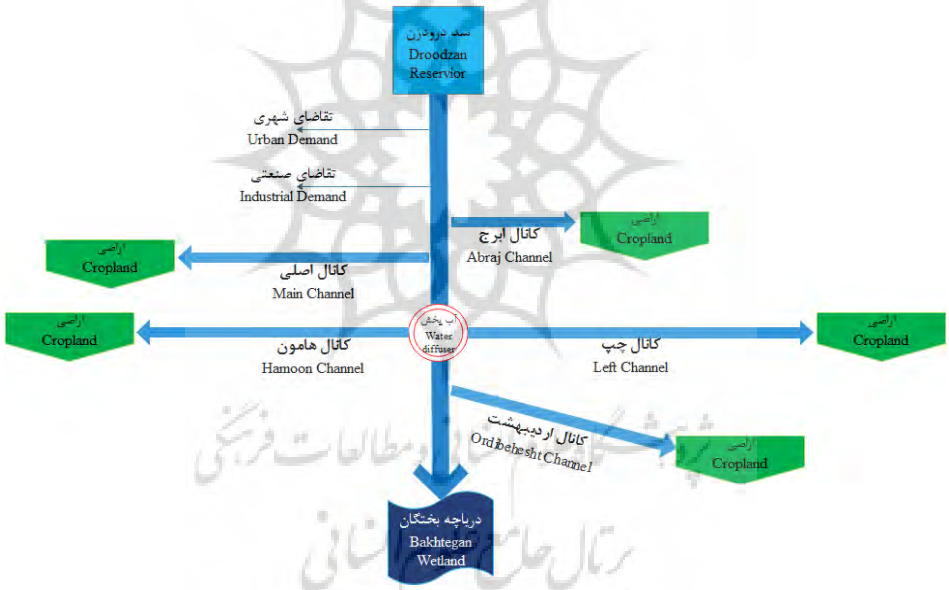
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

شبکه آبیاری و زهکشی دشت رامجرد در پایین‌دست سد درودزن از هفت کانال اصلی و درجه یک، هشت کانال درجه دو و ۲۳۴ کانال درجه سه و چهار تشکیل شده است (شکل ۱). همان‌گونه که در شکل ۱ مشخص است، آب خروجی از سد درودزن وارد کانال اصلی شبکه

آبیاری و زهکشی رامجرد می‌شود و قبل از رسیدن به سازه آب پخش، مقادیری از آب برای مصارف شرب و صنعتی برداشت می‌شود. همچنین، کانال ابرج قبل از سازه آب پخش قرار گرفته است. در سازه آب پخش، آب به چهار کانال اصلی، سمت چپ، هامون و اردیبهشت منشعب می‌شود. کانال ابرج دارای طولی حدود پنج کیلومتر است و ۱۹۳۴ هکتار از اراضی کشاورزی را زیر پوشش قرار می‌دهد. کانال‌های منشعب از سازه آب پخش شامل کانال‌های اصلی، سمت چپ، هامون و اردیبهشت، به‌ترتیب، به طول ۲۲، ۶۷، ۳۴ و ۲۲ کیلومتر، حدود ۶۱۰۸، ۲۲۰۹۶، ۱۵۹۴۶ و ۵۴۳۰ هکتار از اراضی کشاورزی را زیر پوشش قرار می‌دهند (RWCF, 2010).



شکل ۱- نمای شماتیک موقعیت کانال‌های شبکهٔ آبیاری و زهکشی دشت رامجرد در پایین‌دست سد درودزن

در شبکه آبیاری و زهکشی دشت رامجرد در پایین‌دست سد درودزن، ترکیبی از منابع آب سطحی و زیرزمینی برای بخش کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی حدود ۲۴۱/۸۷ میلیون مترمکعب و از طریق

برداشت از ۲۰۰۸ حلقه چاه فعال در منطقه صورت می‌گیرد. حداکثر ظرفیت کانال‌ها برای برداشت از منابع آب سطحی بیانگر آن است که کانال سمت چپ بیشترین و کانال ابرج کمترین میزان ظرفیت انتقال آب را دارند. همچنین، میزان سطح زیر کشت دارای حقابه از منابع آب سطحی به‌تفکیک مناطق مختلف در جدول آمده است (RWCF, 2010).

جدول ۱- اراضی دارای حقابه زیر پوشش کانال‌های آبیاری مختلف

کانال‌های شبکه آبیاری	**اراضی زیر پوشش** (هکتار)	**اراضی دارای حقابه زیر پوشش** (هکتار)
کانال اصلی	۶۱۰۸	۱۵۱۳
کانال ابرج	۱۹۳۴	۱۴۸
کانال چپ	۲۲۰۹۶	۳۲۴۵
کانال هامون	۱۵۹۴۶	۷۲۹۱
کانال اردیبهشت	۵۴۳۰	۱۵۳۶
مجموع	۵۱۵۱۴	۱۳۷۳۳

مأخذ: یافته‌های پژوهش

اطلاعات جدول ۱ نشان می‌دهد که میزان سطح زیر کشت دارای حقابه کشاورزی از منابع آب سطحی مناطق کانال ابرج، اصلی، چپ، هامون و اردیبهشت، به‌ترتیب، **۱۴۸، ۱۵۱۳، ۳۲۴۵، ۷۲۹۱** و ۱۵۳۶ هکتار است. بنابراین، برای بررسی اثرات تشکیل بازار آب در شبکه آبیاری رامجرد سد درودزن، **۱۳۷۳۳** هکتار از اراضی دارای حقابه زیر پوشش این حوضه در تحلیل وارد شده‌اند (RWCF, 2010).

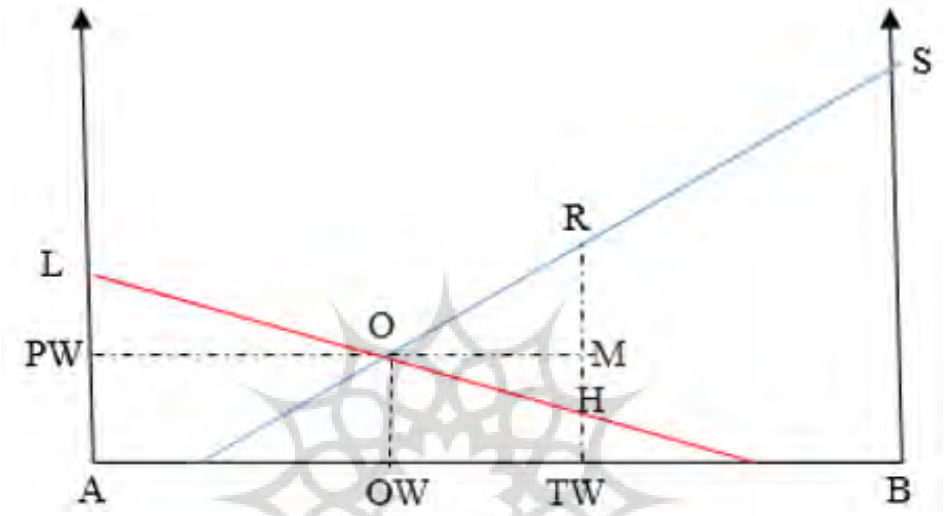
چارچوب تشکیل بازار آب

برای نوشتن مدل بازار آب، ابتدا نیاز به تشریح سازوکار مبادله در بازار است (شکل ۲). مطابق شکل ۲، فرض بر این است که دو گروه زارع A و B در بازار آب وجود دارند و سهم آب هر کدام در بازار، به‌ترتیب، ATW و BTW است. در صورتی که بازار آب وجود نداشته باشد، هر گروه از زارعان با میزان آب موجود در دسترس به‌دنبال حداکثرسازی منفعت خود

است. سطح زیر منحنی تقاضای نهاده آب برای هر گروه از زارعان برابر با کل ارزش تولیدات زارع از مصرف آب مورد نیاز است. بنابراین، در میزان آب TW مشخص برای زارعان گروه B، ارزش کل تولیدات (درآمد) معادل مساحت SRBTW و برای زارعان گروه A، معادل مساحت LHATW است. به دیگر سخن، ارزش تولید نهایی نهاده آب برای زارعان گروه‌های A و B، به‌ترتیب، معادل HTW و RTW است، چرا که منحنی تقاضای نهاده تولید همان منحنی ارزش تولید نهایی نهاده است.

حال، اگر فرض کنیم که بازار آب تشکیل شود و امکان مبادله آب بین گروه‌های مختلف زارعان برقرار شود، در این صورت، زارعان گروه B (به‌دلیل ارزش تولید نهایی بالاتر) «خریدار» آب و زارعان گروه A (به‌دلیل ارزش تولید نهایی پایین‌تر نهاده آب) «فروشنده» آب در بازار محسوب می‌شوند. به دیگر سخن، زارعان گروه B با خرید آب و زارعان گروه A با فروش آب می‌توانند منفعت خود را حداکثر کنند. این حداکثر منفعت، در نقطه برخورد تقاضای دو گروه از زارعان، بیشترین میزان منفعت برای هر دو گروه فراهم می‌کند، بدین صورت که زارعان گروه B معادل TW تا OW اقدام به خرید آب می‌کنند و زارعان گروه A همین میزان آب را به فروش می‌رسانند. در این صورت، ارزش تولیدات زارعان گروه B به اندازه مساحت ORTWOW افزایش می‌یابد و هزینه خرید آب نیز معادل OMTWOW است. برآیند این دو مساحت بیانگر آن است که افزایش ارزش تولیدات زارعان گروه B بیش از هزینه خرید آب توسط آنهاست. بنابراین، در اثر تشکیل بازار آب و مبادله آب بین زارعان، منفعتی برابر با ORM نصیب زارعان گروه B خواهد شد. در اثر تشکیل بازار آب و فروش آب توسط زارعان گروه A، ارزش تولیدات زارعان این گروه به اندازه مساحت OHTWOW کاهش می‌یابد. درآمد حاصل از فروش آب این زارعان نیز معادل مساحت OMTWOW است. برآیند این دو مساحت بیانگر آن است که درآمد حاصل از فروش آب بیش از کاهش ارزش تولیدات زارعان گروه A است. بنابراین، در اثر تشکیل بازار آب و فروش آب توسط زارعان گروه A، منفعتی معادل OMH نصیب زارعان این گروه خواهد شد. مجموع افزایش

منفعت دو گروه از زارعان مساحت ORH است که بیانگر بهبود وضعیت اقتصادی زارعان است (RWCF, 2010).



شکل ۲- سازوکار مدل بازار آب

مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت

در راستای ارزیابی اثرات اقتصادی تشکیل بازار آب کشاورزی در شبکه آبیاری دشت رامجرد، به پیروی از هاویت (Howitt, 1995) و هاویت و همکاران (Howitt et al., 2012)، مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت طی سه مرحله زیر در دستور کار قرار گرفت:

۱- تصریح مدل برنامه‌ریزی خطی با در نظر گرفتن محدودیت‌های کالیبراسیون؛

۲- برآورد پارامترهای تابع هدف غیرخطی؛ و

۳- ارائهٔ تابع هدف کالیبره در قالب یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی نهایی به‌منظور تحلیل سیاست‌ها و سناریوها.

بر این اساس، فرآیند تصریح مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت شامل حل مدل برنامه‌ریزی خطی در سال پایه و تعیین مقادیر دوگان و تخمین پارامترهای تابع هدف غیرخطی از طریق

کالیبره کردن تابع هزینه صورت گرفته است. قبل از توضیح مدل جبری PMP و برای جلوگیری از سردرگمی، تمامی متغیرها، پارامترها و مجموعه‌های مورد استفاده در این مدل در جداول ۲ و ۳ خلاصه شده است.

جدول ۲- توضیح متغیرها و مجموعه‌های مطالعه

نام	نوع	توضیح	نام	نوع	توضیح
i	مجموعه	نوع محصول	λ^1	متغیر	متغیرهای دوگان مربوط به محدودیت‌های منابع
j	مجموعه	نوع عامل تولید	λ^2	متغیر	متغیرهای دوگان مربوط به محدودیت‌های کالیبراسیون
g	مجموعه	مناطق کشاورزی	Z	متغیر	ارزش تابع هدف (سود ناخالص)
			$x_{gi,land}$	متغیر	سطح زیر کشت

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۳- توضیح پارامترهای مطالعه

نام	توضیح	نام	توضیح
v_i	قیمت محصول	d	پارامترهای جزء خطی تابع هزینه
TEW_i	نیاز آبی	Q	پارامترهای جزء درجه دوم تابع هزینه
$\tilde{x}_{gi,land}$	سطح زیر کشت محصول i در سال پایه	Pw	قیمت آب
c_{gij}	هزینه نهاده‌ها به‌جز آب	$b^{+}_{gi,land}$	مقدار حداکثر سطح زیر کشت
b_{gj}	مقدار نهاده در دسترس به‌جز آب	$b^{-}_{gi,land}$	مقدار حداقل سطح زیر کشت
ε	اعداد مثبت کوچک	yld_{gi}	عملکرد محصول
TWU_g	حقابه موجود	$C^{v}{}_{i}$	هزینه متغیر تولید محصول
a_{gij}	ضرایب فنی نهاده‌ها به‌جز آب	Pw	قیمت آب

مأخذ: یافته‌های پژوهش

مرحله اول: تصریح مدل برنامه‌ریزی خطی با در نظر گرفتن محدودیت‌های کالیبراسیون

مدل مورد استفاده در مطالعهٔ حاضر یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) با هدف حداکثرسازی بازده اقتصادی بوده، که به‌صورت روابط ۱ تا ۶ بیان شده است:

$$Maximize\ Z = \sum_g \sum_i \left(v_i\, yld_{gi} - \sum_j c_{gij}\right) x_{gi,land} - \sum_g \sum_i (TEW_{ig}.Pw) x_{gi,land} \qquad (۱)$$

$$Subject\ to: \sum_i a_{gij}\ x_{gi,land} \le b_{gj} \qquad \forall g,j \qquad [\lambda^1] \qquad (۲)$$

$$\sum_i TEW_{ig}\ x_{gi,land} \le TWU_g \qquad \forall g \qquad [\lambda^1] \qquad (۳)$$

$$x_{gi,land} \le \tilde{x}_{gi,land} + \varepsilon \qquad \forall g,i \qquad [\lambda^2] \qquad (۴)$$

$$b^-_{gi,land} \le x_{gi,land} \le b^+_{gi,land} \qquad \forall g,i \qquad (۵)$$

$$x_{gi,land} \ge 0 \qquad \forall g,i \qquad (۶)$$

در رابطه (۱)، تابع هدف بیانگر حداکثرسازی بازده برنامه‌ای (سود ناخالص) بوده و روابط (۲) و (۳) بیانگر محدودیت‌های سیستمی است. رابطه (۲) محدودیت مربوط به نهاده‌های تولید به‌جز آب و رابطه (۳) محدودیت مربوط به نهاده آب است. روابط (۴) و (۵) نیز محدودیت‌های کالیبراسیون مدل است. هاویت (Howitt, 1995) و هکلی (Heckelei, 2002) بردار مقادیر دوگان λ^2 مرتبط با محدودیت‌های کالیبراسیون را به‌عنوان نماینده‌ای از هر نوع خطای تصریح مدل، خطای داده‌ها، خطای هم‌جمعی‌سازی، رفتار ریسکی و انتظارات قیمتی تفسیر کرده‌اند. در کالیبراسیون یک تابع هزینه غیرخطی صعودی، بردار دوگان λ^2 به‌عنوان بردار هزینه نهایی تفاضلی تفسیر می‌شود که همراه با بردار هزینه (c)، هزینه نهایی و واقعی تولید فعالیت مشاهده‌شده iام را معلوم می‌کند. رابطه (۶) نیز محدودیت غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌ها را نشان می‌دهد.

مرحله دوم: برآورد پارامترهای تابع هدف غیرخطی

در مرحله دوم، مقادیر دوگان به‌دست‌آمده از مرحله اول برای تخمین پارامترهای تابع هدف غیرخطی مورد استفاده قرار گرفت. بدین منظور، تابع هزینه دارای شکل تابعی درجه دوم برای کالیبره کردن مدل در قالب رابطه (۷) استفاده شد:

$$C^v{}_i = \sum_g \left(TEW_{ig}.Pw\right) + \sum_g \sum_j\ c_{gij} = d'x + \frac{1}{2}x'Qx \qquad (۷)$$

که در این تابع، d بردار (n×1) از پارامترهای جزء خطی تابع هزینه و Q ماتریس مثبت نیمه‌معین و متقارن با ابعاد n×n از پارامترهای جزء درجه دوم تابع هزینه است. برای برآورد پارامترهای تابع هزینه بیان‌شده، از رهیافت پیشنهادی هکلی و بریتز (Heckelei and Britz, 2000) استفاده شد. در این رهیافت، بر اساس رابطه (۸)، d جزء خطی تابع هزینه و q_{ii} عناصر قطری تابع هزینه است:

$$q_{ii} = \frac{2\lambda^2 i}{\bar{x}_i} \, , d_i = c_i - \lambda^2 i \qquad (۸)$$

بر این اساس، ، بردار هزینه نهایی (MC^1) مربوط به تابع هزینه بالا برابر است با مجموع بردار هزینه حسابداری (c) و بردار هزینه نهایی تفاضلی (λ^2) که به‌صورت رابطه (۹) بیان می‌شود:

$$MC_i = \frac{\partial C^v i(x)}{\partial x} = d + Qx = c + \lambda^2 \qquad (۹)$$

مرحله سوم: ارائهٔ تابع هدف کالیبره در قالب یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی نهایی

در این مرحله، توابع برآوردشده در مرحله قبل، در تابع هدف یعنی، رابطه (۱) قرار داده شد. بدین ترتیب، در این مرحله، یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی شبیه به مدل مرحله اول، به استثنای محدودیت‌های کالیبراسیون ولی همراه با سایر محدودیت‌های سیستمی، به‌دست آمد. در این مدل، تابع هدف غیرخطی کالیبره به‌صورت رابطه (۱۰) است:

(۱۰)

$$Maximize\ Z = \sum_g \sum_i \left(v_i\ yld_{gi}\right) x_{gi\,,land} - \sum_g \sum_i (d_i + (\sum_g \sum_{ii} (q_{i,ii} * x_{gi\,,land})) * x_{gi\,,land})$$

1. marginal cost

سناریوهای تشکیل بازار آب

در پایان، برای بررسی سناریوی تشکیل بازار آب، تابع هدف به‌صورت رابطه (۱۱) بیان شد و به محدودیت‌های مدل مرحله اول مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، محدودیت میزان آب مصرفی به‌صورت رابطه (۱۲) نیز اضافه شد:

$$Maximize\ Z = \sum_g \sum_i (v_i\ yld_{gi})\ x_{gi,land} + PW * \sum_g (TWU_g - \sum_i TEW_{ig}\ x_{gi,land}) - \sum_g \sum_i (d_i + (\sum_g \sum_{ii} (q_{i,ii} * x_{gi,land})) * x_{gi,land}) \quad (۱۱)$$

$$Subject\ to: TWU_g - \sum_i TEW_{ig}\ x_{gi,land} = sb \quad (۱۲)$$

که در این روابط، TWU میزان حقابه مشخص هر منطقه و $\sum_i TEW_{ig}\ x_{gi,land}$ مصرف آب در هر منطقه است؛ PW نیز بیانگر قیمت آب است. چنانچه میزان حقابه از میزان مصرف آب در هر منطقه بیشتر باشد، آن منطقه فروشنده آب و درآمد حاصل از فروش نصیب فروشندگان خواهد شد و چنانچه میزان آب مصرفی بیشتر از حقابه باشد، آن منطقه خریدار آب و هزینه خرید آب از سود ناخالص (بازده برنامه‌ای) کسر خواهد شد. Sb نیز در رابطه (۱۲) بیانگر تفاوت میزان حقابه و مصرف آب است.

داده‌های مورد نیاز و نحوهٔ جمع‌آوری داده‌ها

در مطالعهٔ حاضر، داده‌های مورد نیاز شامل اطلاعات مربوط به عملکرد، ضرایب فنی نهاده‌های تولیدی و هزینه تولید در واحد سطح محصولات از طریق تدوین پرسشنامه و مصاحبه با کشاورزان منطقه مورد مطالعه استخراج شده است. بدین منظور، نمونه‌ای از کشاورزان زیر پوشش شبکه آبیاری رامجرد در پایین‌دست سد درودزن با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی چندمرحله‌ای انتخاب شده است. بر این اساس، ابتدا مصرف فعلی آب محاسبه شد و پس از آن، با توجه به سطح زیر کشت موجود در آماربرداری سال ۱۳۹۵ توسط شرکت منطقه‌ای آب استان فارس، میزان آب مصرف‌شده در هر روستا بر سطح زیر کشت در همان روستا تقسیم شد تا میزان آب مصرفی برای هر هکتار زمین زیر کشت به‌دست آید.

خوشه‌بندی بر اساس مقادیر به‌دست‌آمده توسط نرم افزار SPSS انجام شد و روستاها بر اساس میزان مصرف آب به سه گروه تقسیم‌بندی شدند. جدول ۴ تعداد کل روستاها در هر گروه را نشان می‌دهد.

جدول ۴- تعداد روستاها در گروه‌های تقسیم‌بندی‌شده براساس آب مصرفی

شماره گروه	مصرف منابع آب	تعداد روستاها
۱	کم	۳۷
۲	متوسط	۱۷
۳	زیاد	۵

مأخذ: یافته‌های پژوهش

در ادامه، برای تعیین تعداد روستاهای نمونه مورد نظر در هر گروه، از روش نمونه‌گیری ساده تصادفی استفاده شد، که در رابطه زیر بیان شده است:

$$n = \frac{NS^2}{(N-1)D+S^2} \qquad (۱۳)$$

که در آن، n تعداد نمونه برای هر گروه، N تعداد اعضای جامعه (تعداد روستاها در هر گروه)، s^2 واریانس میزان مصرف آب در هر گروه و D خطای تخمین است که از رابطهٔ $D= b^2/4$ محاسبه می‌شود. b دامنهٔ خطای تخمین است که با توجه به داده‌های مصرف آب، میزان آن برای گروه‌های یک تا سه، به‌ترتیب، مقادیر ۳۰۰۰، ۹۰۰۰ و ۱۵۰۰۰ متر مکعب آب در نظر گرفته شده و نتایج محاسبات بر اساس داده‌های موجود در جدول ۵ گزارش شده است.

جدول ۵- تعداد روستاهای نمونه مورد نظر در هر گروه

شماره گروه	مصرف منابع آب	تعداد روستاهای نمونه مورد نظر
۱	کم	۴
۲	متوسط	۱
۳	زیاد	۱

مأخذ: یافته‌های پژوهش

پس از تعیین تعداد روستاهای نمونه مورد نظر، روستاها در هر گروه به‌صورت تصادفی انتخاب شده، اطلاعات آنها در جدول ۶ آمده است.

جدول ۶- روستاهای انتخابی در هر گروه

روستاهای گروه ۱	جمعیت	روستای گروه ۲	جمعیت	روستای گروه ۳	جمعیت
اسلام آباد	۳۳				
جهان آباد	۹۷	شهرک ابرج	۲۱۸	کناره	۲۳۰
سارویی	۳۰۲				
هشیجان	۲۲۸				

مأخذ: یافته‌های پژوهش

در مرحله دوم، تعداد کشاورزان نمونه نیز با توجه به رابطه (۱۳) به‌دست آمد. که در آن، N تعداد کشاورزان در هر گروه از روستاهای نمونه انتخابی، s^2 واریانس سطح زیر کشت کشاورزان در هر گروه از روستاهای نمونه مورد نظر است که با توجه به مجموعه‌ای از پرسشنامه‌های پیش‌آزمون به‌دست آمده است. خطای تخمین b نیز برای هر گروه با توجه به اطلاعات پرسشنامه‌های پیش‌آزمون، به‌ترتیب، دو، یک و یک هکتار تعیین شده وحجم نمونه محاسبه‌شده در جدول ۷ آمده است.

جدول ۷- تعداد کشاورزان نمونهٔ مورد نظر در هر گروه

گروه	مصرف منابع آب	تعداد کشاورزان	تعداد کشاورزان نمونه مورد نظر
۱	کم	۶۶۰	۳۸
۲	متوسط	۲۱۸	۳۰
۳	زیاد	۲۳۰	۳۲

مأخذ: یافته‌های پژوهش

بنابراین، در مجموع، تعداد صد نفر از کشاورزان به‌صورت تصادفی برای مصاحبه و پرسش انتخاب شدند.

سایر اطلاعات مربوط به وضعیت منابع آبی، نیاز آبی محصولات، حقابه مشخص کانال‌ها، سطح زیر کشت محصولات و مساحت اراضی دارای حقابه از شرکت منطقه‌ای آب استان فارس به‌دست آمده است.

نتایج و بحث

قیمت تعادلی و حجم مبادله آب در قیمت تعادلی بازار آب در صورت تشکیل بازار آب شبکه آبیاری دشت رامجرد محاسبه شده است. نتایج بیانگر آن است که در قیمت ۱۳۱۱ ریال به ازای هر مترمکعب تعادل در بازار آب تحقق می‌یابد. در این قیمت، مجموع عرضه یا تقاضای بازار حدود ۲۵/۲۹۱ میلیون مترمکعب است که این میزان حجم مبادلات آب بین اراضی دارای حقابه را نشان می‌دهد. برای قیمت‌های کمتر از ۱۳۱۱ ریال به ازای هر مترمکعب مصرف آب، مازاد تقاضای آب و از قیمت ۱۳۱۱ ریال به بالا، مازاد عرضهٔ آب در بازار پدید می‌آید. در واقع، قیمت تعادلی در بازار آب شبکه آبیاری دشت رامجرد در محدودهٔ ۱۳۰۰ تا ۱۴۰۰ ریال به ازای هر مترمکعب مصرف آب است. برای محاسبه دقیق قیمت آب، قیمت در محدودهٔ ۱۳۰۰ تا ۱۴۰۰ ریال را تغییر داده و قیمتی که در آن، مازادی در بازار اتفاق نیفتد، به‌عنوان قیمت تعادلی و مطلوب آب در بازار انتخاب می‌شود.

جدول ۸ الگوی کشت اراضی زراعی شبکه آبیاری دشت رامجرد بدون وجود بازار آب را نشان می‌دهد.

جدول ۸- الگوی کشت اراضی زراعی شبکه آبیاری دشت رامجرد بدون وجود بازار آب

محصولات	سطح زیر کشت سال پایه (هکتار)	تغییر سطح زیر کشت نسبت به سال پایه (هکتار)	نرخ تغییر نسبت به سال پایه (درصد)
گندم	۵۳۲۲	۴۳	-۲۷
برنج	۱۰۴۰	۹	+۵
ذرت علوفه	۲۵۴۷	۲۱	+۱۲
جو	۴۰۰	۳	-۷
چغندرقند	۳۵۴	۳	+۲
گوجه‌فرنگی	۲۵۹۶	۲۱	٪۱۵
مجموع	۱۲۲۵۹	۱۰۰	-۱۱

مأخذ: یافته‌های پژوهش

ترکیب الگوی کشت بدون وجود بازار آب نشان می‌دهد که محصولات گندم، گوجه‌فرنگی و ذرت علوفه بیشترین و محصولات چغندرقند، جو و برنج کمترین میزان سطح زیر کشت در سطح حوضه را شامل می‌شوند. همچنین، مجموع سطح زیر کشت کل اراضی دارای حقابه در سطح حوضه **۱۲۲۵۹** هکتار برآورد شده که نسبت به مجموع سطح زیر کشت در سال پایه، **۱۰/۷۳۳** درصد کاهش یافته است. در ادامه، مدل با وجود بازار آب حل و نتایج آن در جدول **۹** ارائه شد.

جدول ۹- الگوی کشت اراضی زراعی شبکه آبیاری دشت رامجرد با وجود بازار آب

محصولات	سطح زیر کشت سال پایه (هکتار)	تغییر سطح زیرکشت نسبت به سال پایه (هکتار)	سهم در الگو (درصد)
گندم	۶۵۵۵	۴۸	-۲۲
برنج	۱۴۶۳	۱۰	+۶
ذرت علوفه	۲۶۱۴	۱۹	+۱۰
جو	۰	۰	-۱۰
چغندرقند	۳۹۱	۳	+۲
گوجه فرنگی	۲۷۱۰	۲۰	+۱۴
مجموع	۱۳۷۳۳	۱۰۰	۱۰۰

مأخذ: یافته‌های پژوهش

ترکیب الگوی کشت با وجود بازار آب نشان می‌دهد که محصولات گندم، گوجه‌فرنگی و ذرت علوفه دارای بیشترین سهم و محصولات چغندرقند و برنج دارای کمترین سهم از الگوی کشت هستند و محصول جو نیز به‌طور کلی از الگو حذف شده است. این یافته نشان می‌دهد که ترکیب کشت در مقایسه با شرایط بدون وجود بازار آب چندان تغییر نکرده است. اما مجموع سطح زیر کشت با وجود بازار آب، **۱۳۷۳۳** هکتار برآورد شده که در مقایسه با مدل بدون وجود بازار آب، افزایش یازده درصدی داشته و از کل زمین موجود در سال پایه استفاده شده است.

جدول ۱۰ ترکیب الگوی کشت و مجموع سطح اراضی شبکه آبیاری دشت رامجرد با و بدون وجود بازار آب را نشان می‌دهد.

جدول ۱۰- الگوی کشت اراضی زراعی شبکه آبیاری دشت رامجرد با و بدون بازار آب

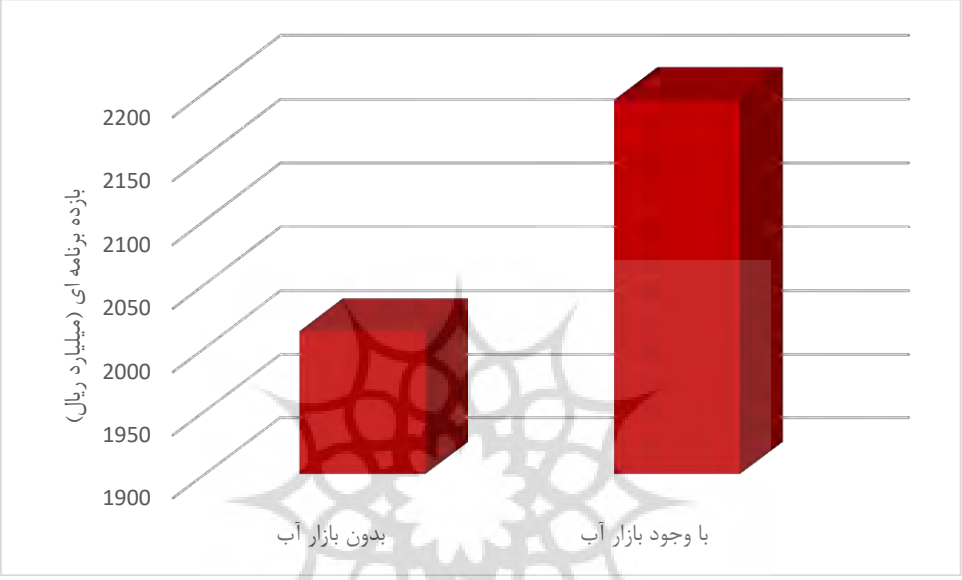
محصولات	بدون وجود بازار آب (هکتار)	با وجود بازار آب (هکتار)	تغییرات (هکتار)
گندم	۵۳۲۲	۶۵۵۵	۱۲۳۳+ (۲۳/۱۷٪+)
برنج	۱۰۴۰	۱۴۶۳	۴۲۳+ (۴۰/۶۷٪+)
ذرت علوفه	۲۵۴۷	۲۶۱۴	۶۷+ (۲/۶۳٪+)
جو	۴۰۰	۰	۴۰۰- (۱۰۰-٪)
چغندرقند	۳۵۴	۳۹۱	۳۷+ (۱۰/۴۵٪+)
گوجه فرنگی	۲۵۹۶	۲۷۱۰	۱۱۴+ (۴/۳۹٪+)
مجموع	۱۲۲۵۹	۱۳۷۳۳	۱۴۷۴+ (۱۲٪+)

مقادیر داخل پرانتز بیانگر درصد تغییرات است.

مأخذ: یافته‌های پژوهش

با توجه به جدول ۱۰، با وجود بازار آب، شاهد افزایش ۱۴۷۴ هکتاری (معادل دوازده درصد) سطح زیر کشت شبکه آبیاری دشت رامجرد خواهیم بود. ترکیب الگوی کشت با وجود بازار آب نشان می‌دهد که سطح زیر کشت تمامی محصولات به‌جز محصول جو، در مقایسه با شرایط بدون وجود بازار آب، افزایش می‌یابد. محصول جو نیز به‌طور کلی از الگوی کشت کنار گذاشته می‌شود. نتایج به‌دست‌آمده این یافته را اثبات می‌کنند که با وجود بازار آب، وضعیت بهتری در وسعت کشت و به‌دنبال آن، تولید محصولات در دشت رامجرد اتفاق می‌افتد. در میان محصولات الگوی کشت با وجود بازار آب، سه محصول برنج، گندم و چغندرقند، به‌ترتیب، معادل ۴۰/۶۷، ۲۳/۱۷ و ۱۰/۴۵ درصد افزایش سطح زیر کشت در مقایسه با شرایط بدون وجود بازار آب را نشان می‌دهند. بنابراین، می‌توان بهبود وضعیت معیشتی کشاورزان را با توجه به تغییرات الگوی کشت انتظار داشت، چراکه محصول برنج و چغندرقند

دو محصول پربازده هستند که می‌توانند افزایش بازده برنامه‌ای کشاورزان را تضمین کنند (شکل ۳).



شکل ۳- بازده برنامه‌ای شبکه آبیاری رامجرد با و بدون وجود بازار آب

همان‌گونه که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، وجود بازار آب، بازده برنامه‌ای کل اراضی دارای حقابه شبکه آبیاری و زهکشی دشت رامجرد را از حدود ۲۰۱۳/۰۸۰ به ۲۱۹۴/۲۰۰ میلیارد ریال بهبود می‌دهد، که این میزان افزایش معادل با نُه درصد است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که ایجاد بازار آب در سطح این منطقه می‌تواند بهبود وضعیت اقتصادی کشاورزان بینجامد.

برای مقایسه اثر وجود بازار آب بر اراضی زیر پوشش کانال‌های مختلف، درصد تغییرات بازده برنامه‌ای مناطق مختلف نسبت به شرایط عدم وجود بازار آب در جدول ۱۱ آمده است. بر این اساس، وجود بازار آب بر بازده برنامه‌ای تمامی مناطق دارای حقابه زیر پوشش کانال‌های مختلف شبکه آبیاری و زهکشی دشت رامجرد در پایین‌دست سد درودزن تأثیر

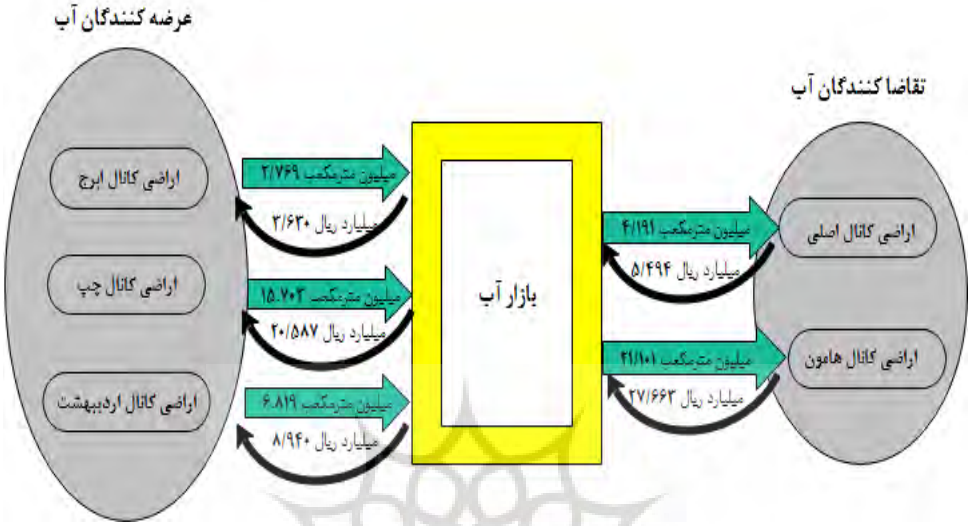
مثبت دارد. افزایش بازده برنامه‌ای با وجود بازار آب برای اراضی دارای حقابه زیر پوشش کانال‌های اصلی، ابرج، چپ، هامون و اردیبهشت در مقایسه با نبود بازار آب، به‌ترتیب، ۱۳/۹۰۶، ۳/۶۳، ۱۹/۹۰۰، ۱۳۵/۲۲۴ و ۸/۴۴۰ میلیارد ریال است. بنابراین، وجود بازار آب بیشترین تأثیر مثبت (۱۸/۸۳ درصد) را بر اراضی زیر پوشش کانال هامون دارد و کمترین تأثیر مثبت مربوط به اراضی کانال اردیبهشت (۲/۳۵ درصد) است.

جدول ۱۱- مقایسه بازده برنامه‌ای اراضی دارای حقابه زیر پوشش کانال‌های آبیاری مختلف با و بدون وجود بازار آب

کانال‌های شبکه آبیاری	بازده برنامه‌ای بدون وجود بازار آب (میلیارد ریال)	بازده برنامه‌ای با وجود بازار آب (میلیارد ریال)	تغییرات
کانال اصلی	۳۳۵/۹۵۲	۳۴۹/۸۵۸	+۱۳/۹۰۶ (٪+۴/۱۴)
کانال ابرج	۶۰/۲۰۸	۶۳/۸۳۸	+۳/۶۳۰ (٪+۶/۰۳)
کانال چپ	۵۳۹/۸۰۴	۵۵۹/۷۰۴	+۱۹/۹۰۰ (٪+۳/۶۹)
کانال هامون	۷۱۸/۲۹۱	۸۵۳/۵۱۵	+۱۳۵/۲۲۴ (٪+۱۸/۸۳)
کانال اردیبهشت	۳۵۸/۸۲۹	۳۶۷/۲۶۹	+۸/۴۴۰ (٪+۲/۳۵)

مأخذ: یافته‌های پژوهش

شکل ۴ تصویری از وضعیت مبادلات (بازار) آب مناطق مختلف در سطح شبکه آبیاری و زهکشی دشت رامجرد در پایین‌دست سد درودزن با وجود بازار آب را نشان می‌دهد.



شکل ۴- وضعیت بازار آب اراضی زیر پوشش شبکه آبیاری و زهکشی دشت رامجرد

شکل ۴ نشان می‌دهد که سه منطقهٔ زیر پوشش کانال‌های ابرج، چپ و اردیبهشت عرضه‌کنندهٔ آب به بازار و دو منطقهٔ زیر پوشش کانال‌های اصلی و هامون تقاضاکنندهٔ آب از بازار به‌شمار می‌روند؛ همچنین، میزان ارزش عرضه و تقاضای آب در بازار با یکدیگر برابر و معادل ۳۳/۱۵۷ میلیارد ریال است. مطابق این شکل، می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین و کمترین میزان عرضه آب، به‌ترتیب، توسط کشاورزان اراضی زیر پوشش کانال چپ و کانال ابرج صورت می‌گیرد و در بین تقاضاکنندگان نیز کشاورزان کانال هامون متقاضی بیشترین میزان خرید آب هستند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تشکیل بازار آب سطح زیر کشت محصولات به‌جز محصول جو را افزایش می‌دهد. نتایج مطالعه بهلول‌وند و همکاران (Bohloolvand et al., 2015) نیز نشان داد که بازار آب مجن منجر به رشد عملکرد بخش کشاورزی و گسترش سطح زیر کشت این

منطقه شده است. این یافته در راستای نتیجه مطالعه مبشری و همکاران (Mobasheri et al., 2019) و بدیع برزین و همکاران (Badie Barzin et al., 2018) است. در میان محصولات تولیدی، افزایش محصولات پربازده و با مصرف آب بالا مانند برنج، گوجه‌فرنگی و چغندرقند مشاهده می‌شود. بنابراین، می‌توان با تشکیل بازار آب و با همان میزان حقابه مشخص‌شده، افزایش کشت محصولات آب‌بر و پربازده را تحقق بخشید، بدین صورت که مناطق کشاورزی، با توجه به توان کشاورزی موجود و حقابه تعیین‌شده، اقدام به مبادله آب با یکدیگر می‌کنند و این مبادلات می‌تواند علاوه بر حفظ یا بهبود وضعیت اقتصادی کشاورزان، ترکیب الگوی کشت آنها را نیز در راستای بهبود تولید و اقتصاد منطقه تغییر دهد. از طرفی، ایجاد بستر لازم برای فروش محصولات اضافه‌شده در الگو از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است، که تحقق آن مستلزم تسهیل بازاریابی این محصولات از طریق سیاست‌گذاری‌های لازم در این زمینه است. همچنین، نتایج نشان می‌دهد که وجود بازار آب بر بازده برنامه‌ای تمامی مناطق دارای حقابه زیر پوشش کانال‌های مختلف شبکه آبیاری دشت رامجرد تأثیر مثبت دارد. اسماعیل‌نیا بالاگتابی و همکاران (Esmaelnia Balagatabi et al., 2018) نیز بدین نتیجه دست یافته‌اند که برقراری بازار آب تأثیر مثبت و افزایشی بر مجموع سود ناخالص کشاورزان منطقه ورامین خواهد داشت. یافته مطالعه ابولحسنی و همکاران (Abolhassani et al., 2019) و گوهر و همکاران (Gohar et al., 2015) این نتیجه را تأیید می‌کنند. علاوه بر این، ارزش مبادلات آب در بازار تشکیل‌شده معادل ۳۳/۱۵۷ میلیارد ریال برآورد شده است، که این حجم گردش مالی می‌تواند پتانسیل زیادی در زمینه توسعه کشاورزی منطقه به‌حساب آید. مقایسه بازده برنامه‌ای خریداران و فروشندگان آب در بازار نشان داد که تقاضاکنندگان آب (کشاورزان زیر پوشش کانال‌های اصلی و هامون)، به‌طور متوسط، از بازده برنامه‌ای بیشتری نسبت به عرضه‌کنندگان آب (کشاورزان زیر پوشش کانال‌های ابرج، چپ و اردیبهشت) برخوردارند. از این‌رو، مناطقی متقاضی آب هستند که در آن مناطق، توان بهبود بازده برنامه‌ای از طریق تغییر الگوی کشت محصولات وجود دارد و مناطقی به‌عنوان عرضه‌کنندهٔ آب شناخته می‌شوند که در آن مناطق،

امکان بهبود بازده برنامه‌ای از طریق تغییر الگوی کشت محصولات وجود ندارد. بنابراین، ایجاد زیرساخت‌های لازم برای تشویق کشاورزان به پذیرش سیاست بازار آب و استفاده از فناوری‌های آب‌اندوز به‌منظور ذخیره آب و در نتیجه، ورود به بازار آب و به‌دست آوردن درآمد حاصل از فروش آن یا استفاده بهینه از آن ضروری به‌نظر می‌رسد. به‌طور کلی، نتایج حاکی از آن است که بازار آب می‌تواند وضعیت اقتصادی منطقه را بهبود بخشد ،که البته مستلزم اتخاذ مقررات و قوانین کارساز و نظارت دقیق بر این بازار است. بنابراین، ایجاد ساختار قانونی و نظارتی مناسب برای افزایش کارآیی بازار و جلوگیری از بازار سیاه ضروری می‌نماید. در این راستا، با ایجاد یک صندوق برای انجام مبادلات و نقل و انتقال مالی می‌توان سود ناشی از گردش مالی این صندوق را برای توسعه زیرساخت‌های منطقه اختصاص داد. انتظار می‌رود که ایجاد یک صندوق یا شرکت تعاونی به‌عنوان نهاد ناظر بر بازارهای محلی به ایجاد شفافیت و کارآیی بیشتر بازار آب کمک کند. ذکر این نکته ضروری است که در مطالعهٔ حاضر، هزینه نقل و انتقال آب در تحلیل در نظر گرفته نشده است؛ و از این‌رو، لحاظ هزینه نقل و انتقال آب در بررسی بازار آب طی مطالعات آتی را می‌توان در قالب یکی از پیشنهادهای مطالعهٔ حاضر مورد توجه قرار داد.

منابع

1. Abolhassani, L., Shahnoushi, N., Rahnama, A., Azam Rahmati, E. and Heiran, F. (2019). The role of water market formation in using the water resources in agricultural sector: a case study of Mashhad Plain in Iran. *Agricultural Economics and Development*, 27(106): 1-29. (Persian)
2. Akbarzadeh, F., Hasanpour, H. and Emamgholizadeh, S. (2016). Groundwater level prediction of Shahrood Plain using RBF neural networks. (Persian)
3. Ann Wheeler, S. and Garrick, D.E. (2020). A tale of two water markets in Australia: lessons for understanding participation in formal water markets. *Oxford Review of Economic Policy*, 36(1): 132-153.
4. Arfini, F., Donati, M., Grossi, L. and Paris, Q. (2008). Revenue and cost functions in PMP: a methodological integration for a territorial analysis of

CAP. 107th Seminar, January 30-February 1, 2008, Sevilla, Spain 6636, European Association of Agricultural Economists.

5. Badie Barzin, H., Khamri, E., Ghaffari Moghadam, Z. and Parhizkari, A. (2018). The effects of regional water markets formation on balancing the supply and demand of irrigation water in the Sistan region. *Iran-Water Resources Research*, 14(3): 253-256. (Persian)
6. Bauer, C. J. (2004). Results of Chilean water markets: empirical research since 1990. *Water Resources Research*, 40: 9-20.
7. Bohloolvand, A., Sadr, S.K. and Hashemi, S.A. (2015). The role of agricultural water markets in the allocation and pricing of water resources, case study: Mojen water market. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research (IJAEDR)*, 45(4): 761-773. (Persian)
8. Buysse, J., Van Huylenbroeck, G. and Lauwers, L. (2007). Normative, positive and econometric mathematical programming as tools for incorporation of multifunctionality in agricultural policy modelling. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 120(1): 70-81.
9. Easter, K.W. and Huang, Q. (2014). Water markets: How do we expand their use? In: Water markets for the 21st century: What have we learned? (pp. 1-9), Springer.
10. Esmaelnia Balagatabi, F., Sarlak, A. and Ghaffari, H. (2018). Investigating the economic and welfare effects of the water market: a positive mathematical programming model approach. *Economic Modeling*, 12(42): 119-136. (Persian)
11. Fani, A., Ghazi, I. and Malekian, A. (2016). Challenges of water resource management in Iran. *American Journal of Environmental Engineering*, 6(4): 123-128.
12. Farshadmehr, M., Moghaddas, M. and Meftahe Halaghi, M. (2015). Linking drought monitoring systems to management measures for Zarrinehrood dam operation (case study: Zarrinehrood basin). *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 46(3): 423-430. (Persian)
13. Feike, T. and Henseler, M. (2017). Multiple policy instruments for sustainable water management in crop production: a modeling study for the chinese Aksu-Tarim region. *Ecological Economics*, 135: 42-54.
14. Gohar, A.A., Amer, S.A. and Ward, F.A. (2015). Irrigation infrastructure and water appropriation rules for food security. *Journal of Hydrology*, 520: 85-100.

15. Hardaker., J.B., Huirne., R.B., Anderson., J.R. and Lien., G. (2004). Coping with risk in agriculture. Washington: CABI Publishing.
16. Heckelei, T. (2002). Calibration and estimation of programming models for agricultural supply analysis.
17. Heckelei, T. and Britz, W. (2000). Positive mathematical programming with multiple data points: a cross-sectional estimation procedure. *Cahiers d'Economie et de Sociologie Rurales*, 57: 27-50.
18. Howitt, R.E. (1995). A calibration method for agricultural economic production models. *Journal of Agricultural Economics*, 46(2): 147-159.
19. Howitt, R.E., Medellín-Azuara, J., MacEwan, D. and Lund, J.R. (2012). Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management. *Environmental Modelling and Software*, 38: 244-258.
20. Johansson, R.C. (2000). Pricing irrigation water: a literature survey. SSRN: 632520. Washington, DC: The World Bank.
21. Kemper, K.E. (2001). The role of institutional arrangements for more efficient water resources use and allocation. *Water Science and Technology*, 43(4): 111-117.
22. Lalehzari, R., Moazed, H., Boroomandnasab, S. and Haghighi, A. (2015). Development of mathematical and optimization model for agricultural water allocation based on non-dominated sorting. *Journal of Soil and Water Resources Conservation*, 5(1): 17-30. (Persian)
23. Lumbroso, D., Twigger-Ross, C., Raffensperger, J., Harou, J., Silcock, M. and Thompson, A. (2014). Stakeholders' responses to the use of innovative water trading systems in *Water Resources Management, 28*(9): 2677-2694.
24. Maqsood, I., Huang, G.H. and Yeomans, J.S. (2005). An interval-parameter fuzzy two-stage stochastic program for water resources management under uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 167(1): 208-225.
25. Mardani, M., Nikouei, A., Ziaei, S. and Ahmadpour, M. (2017). Codifying regional cropping pattern of agricultural and horticultural products in Isfahan province: multi-objective structural planning approach. *Journal of Agricultural Economics and Development*, 30(3): 188-206. (Persian)
26. Mardani, M., Ziaei, S., Nikouei, A. and Ahmadpour, M. (2016). Designing a support model for cultivation pattern decision making in isfahan province: A multi-objective cultivation planning approach. (PhD thesis), Zabol. (Persian)
27. Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. (2016). Four billion people facing severe water scarcity. *Science Advances, 2*(2): e1500323.
28. Mirzaei, A., Layani, G., Azarm, H. and Jamshidi, S. (2018). Determination of optimal crop pattern in central district of Sirjan County based on stability

of water resources and environment. *Journal of Agricultural Economics Research*, 9(36): 283-304. (Persian)

29. Mobasheri, M.H., Hosseini-Yekani, S.A. and Amirnejad, H. (2019). Effect of water market development and improvement of irrigation technology on farmers' cropping pattern and income (Hashtgerd Plain, Alborz province). *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 50(4): 691-706. (Persian)
30. Momeni, S. and Zibaei, M. (2013). The potential impacts of climate change on the agricultural sector of fFrs province. *Agricultural Economics and Development*, 27(3): 169-179. (Persian)
31. Nazemosadat, M., Samani, N., Barry, D. and Molaii Niko, M. (2006). ENSO forcing on climate change in Iran: precipitation analysis. *Iranian Journal of Science and Technology, Transaction B: Engineering*, 30: 555-565. (Persian)
32. Nieuwoudt, W. and Armitage, R. (2004). Water market transfers in South Africa: two case studies. *Water Resources Research*, 40(9): 1-9.
33. OECD (2015). Water resources allocation: sharing risks and opportunities. OECD Studies on Water.
34. RWCF (2010). Mahab Ghods, collection of reports of performance evaluation plan and monitoring of operation management, maintenance, improvement, repair and improvement of Doroodzan irrigation and drainage network. Shiraz: Redional Water Company of Fars (RWCF). (Persian)
35. Pujol, J., Raggi, M. and Viaggi, D. (2006). The potential impact of markets for irrigation water in Italy and Spain: a comparison of two study areas. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 50(3): 361-380.
36. Rissman, A.R., Kohl, P.A. and Wardropper, C.B. (2017). Public support for carrot, stick, and no-government water quality policies. *Environmental Science and Policy*, 76: 82-89.
37. Steusloff, H. (2010). Integrated water resources management. Proceedings of International Conference, November 2010, Karlsruhe: KIT Scientific Publishing, pp. 24-25.
38. Varziri, A., Vakilpour, M. and Mortazavi, S. (2016). The effects of economic pricing of irrigation water on cropping pattern in the Dehgolan Plain. *Journal of Agricultural Economics Researches*, 8(3): 81-100. (Persian)
39. Wang, Y., Chen, Y. and Peng, S. (2011). A GIS framework for changing cropping pattern under different climate conditions and irrigation availability scenarios. *Water Resources Management*, 25(13): 3073-3090.

40. WEF (2017). Global Risks Report 2017. 12th Edition. World Economic Forum (WEF). Available at https://www3.weforum.org/docs/GRR17_Report_web.pdf.
41. Xu, T., Zheng, H., Zhao, J., Liu, Y., Tang, P., Yang, Y.E. and Wang, Z. (2018). A two-phase model for trade matching and price setting in double auction water markets. *Water Resources Research*, 54(4): 2999-3017.
42. Zanetti, S., Sousa, E., Oliveira, V., Almeida, F. and Bernardo, S. (2007). Estimating evapotranspiration using artificial neural network and minimum climatological data. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 133(2): 83-89.
43. Zargan, J. and Waez-Mousavi, S.M. (2016). Water crisis in Iran: its intensity, causes and confronting strategies. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(44): 1-6.
44. Zetland, D. (2014). Living with water scarcity. Mission Viejo: Aguanomics Press.
45. Zhang, B., Yuan, S., Zhang, J. and Li, H. (2007). Study of corn optimization irrigation model by genetic algorithms. Paper Presented at the International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture.
46. Zheng, H., Wang, Z., Hu, S. and Malano, H. (2013). Seasonal water allocation: dealing with hydrologic variability in the context of a water rights system. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 139(1): 76-85.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی