

Investigating the Potential Impacts of Water Supply Policies on Agricultural Production in the South of Kerman Province

H. Taghizade Ranjbari^{1*}, M. Shokat fadaee²,
A. Mahmoodi², F. Alijani³, and GH. Yavari²

Abstract

In recent years, numerous policy programs are applied in the agricultural sector in south of Kerman Province to overcome the water deficit. These include construction of dams on surface water resources in upstream areas, rationing of water input in the agricultural sector, installation of meters on groundwater wells and seal of the unauthorized exploitation wells. Implementation of these policies on the water supply side had impacted the cropping pattern and farmers' gross profit of in the area and so it demands proper planning for water resources management and agricultural production in the region. To this end, this study firstly estimated the economic value of agricultural land and water inputs in south of Kerman Province using the statistical data related to crop years of 1996-1997 and the PMP advanced economic planning model. Then the potential impact of water supply policies on the agricultural sector in the area was evaluated. The results showed that by applying the water supply policies, the cropping pattern led to the development acreage of low water and grain products. It is also shown that onion, cotton and vegetables experienced the greatest reduction in acreage. Under these conditions, Kerman farmers pay about one-third of the economic value of agricultural water in the form of costs of extraction and water transfer. The farmers also receive a price elasticity of water demand of 0.175. The water resources supply policies, despite encouraging farmers to saving the irrigation water, decreased the total gross margin of cropping pattern 0.92 to 3.46 percentage compared to the base year conditions. Finally, for managing the water resources under these policies on the supply side, it is recommended that these policies be applied together with moderation plans in water demand side (balanced pricing), removing the products with low "benefit ratio in water" (onions, cotton and vegetables) from the cropping pattern and allocating the production of strategic products (such as potatoes) to regions with appropriate and profitability conditions in agricultural sector of Kerman province.

Keywords: Water Supply and Demand, Economic Planning, Shadow Prices, Maximum Entropy, Policy Analysis, Kerman Province.

Received: April 23, 2020

Accepted: September 7, 2020

بررسی آثار بالقوه سیاست گذاری های طرف عرضه منابع آب بر تولیدات کشاورزی جنوب استان کرمان

حسین تقی زاده رنجبری^{۱*}، محسن شوکت فدایی^۲، ابوالفضل محمودی^۲، فاطمه علیجانی^۳ و غلامرضا یآوری^۲

چکیده

طی سال های اخیر برنامه های سیاستی متعددی مانند احداث سد ها و بند های ذخیره ای بر روی منابع آب سطحی در مناطق بالادست، سهمیه بندی نهاده آب در بخش زراعی، کنترل گذاری چاه های استحصال آب زیرزمینی و پلمپ چاه های بهره برداری غیرمجاز جهت رفع مشکلات کم آبی در زیربخش کشاورزی استان کرمان به کار گرفته شده اند. تحقق این برنامه های سیاستی در طرف عرضه منابع آب، آثار و پیامدهای متعددی را بر الگوی کشت و بازده درآمدی کشاورزان در جنوب استان کرمان داشته و برنامه ریزی مناسبی را برای مدیریت منابع آب و تولیدات کشاورزی در این منطقه ایجاد می کند. به همین منظور، در این مطالعه با استفاده از اطلاعات آماری مربوط به سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ و الگوی برنامه ریزی اقتصادی پیشرفته PMP، ابتدا ارزش اقتصادی نهاده های زمین و آب کشاورزی در جنوب استان کرمان برآورد و سپس آثار بالقوه سیاست گذاری های طرف عرضه منابع آب بر زیربخش کشاورزی این منطقه ارزیابی شد. نتایج نشان داد که با اعمال سیاست های طرف عرضه منابع آب، الگوی زراعی به سمت توسعه سطح زیر کشت محصولات غله ای و کم آب سوق می یابد و محصولات پیاز، پنبه و سبزیجات بیشترین کاهش سطح زیر کشت را تجربه می کنند. در چنین شرایطی، کشاورزان کرمانی حدود یک سوم ارزش اقتصادی نهاده آب کشاورزی را در قالب هزینه های استحصال و انتقال آب پرداخت و کشت قیمتی تقاضای آبی معادل با ۰/۱۷۵ را به خود اختصاص می دهند. براساس نتایج حاصله، اعمال سیاست گذاری طرف عرضه منابع آب علی رغم تشویق کشاورزان به صرفه جویی در مصرف آب آبیاری، مجموع بازده ناخالص حاصل از الگوی کشت را حدود ۰/۹۲- تا ۳/۴۶- درصد نسبت به شرایط سال پایه کاهش داد. در پایان جهت مدیریت بهینه منابع آب تحت شرایط سیاست گذاری طرف عرضه، به کارگیری این سیاست ها با برنامه های تعدیلی در طرف تقاضای آب (قیمت گذاری های متعادل)، حذف محصولات با نسبت سود به آب مصرفی پایین (پیاز، پنبه و سبزیجات) از الگوی کشت و تخصیص تولید محصولات استراتژیک (مانند سیب زمینی) به مناطق با شرایط و سودآوری مناسب در زیر بخش کشاورزی استان کرمان پیشنهاد شد.

کلمات کلیدی: عرضه و تقاضای آب، برنامه ریزی اقتصادی، قیمت های

سایه ای، ماکسیمم آنتروپی، تحلیل سیاست، استان کرمان.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۲/۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۶/۱۷

1- Ph.D. Student of Agricultural Economics, Payam Noor University, East Tehran Branch, Tehran, Iran. Email: kermanht@gmail.com

2- Associate Professor of Agricultural Economics, Payam Noor University, Tehran, Iran.

3- Assistant Professor of Agricultural Economics, Payam Noor University, Tehran, Iran.

*- Corresponding Author

۱- دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی دانشگاه پیام نور تهران شرق، تهران، ایران.

۲- دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

۳- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان زمستان ۱۳۹۹ امکان پذیر است.

مدیریت منابع آب نظیر تدوین الگوهای بهینه زراعی، تخصیص منابع آبی محدود بین فعالیت‌های با صرفه اقتصادی، بهبود راندمان آبیاری و سیاست‌گذاری‌های طرف عرضه منابع آب کشاورزی می‌باشد (Shimelis Behailu et al., 2019). از این‌رو، تدوین الگوهای بهینه زراعی و مدیریت منابع آب در این الگوها با تحت‌الشعاع قرار دادن سیاست‌گذاری‌های اقتصادی مسأله‌ای مهم و حائز اهمیت می‌باشد.

امروزه در اغلب نقاط کشور به دلایل مختلفی از جمله استحصال بی‌رویه و غیرمنطقی از منابع آب موجود، به ویژه آب‌های زیرزمینی، بروز مشکلاتی نظیر خشکسالی و عدم رعایت اصول حفاظت در بهره‌برداری از منابع آب، برخی از منابع آبی کشور از بین رفته‌اند و یا اینکه در معرض خطر نابودی قرار دارند (Parhizkari et al., 2015). در صورتی که افت سطح آب‌های زیرزمینی در مناطق با کشاورزی آبی کشور ادامه یابد، منجر به تهی شدن کامل دشت‌ها از منابع آب خواهد شد و کلیه سرمایه‌گذاری‌های انجام شده و امکانات معیشتی به وجود آمده در آن‌ها را از بین خواهد برد (Ghazali and Esmaili, 2011). استان کرمان نیز با قرار گرفتن در بخش کویری ایران از این امر مستثنی نیست و کشاورزان این استان طی سال‌های اخیر به دلیل اجرایی شدن برنامه‌های سیاستی متعددی چون احداث سدها و بندهای ذخیره‌ای آب بر روی جریات فصلی و دائمی در مناطق بالادست، سهم‌بندی منابع آب سطحی موجود، پلمپ چاه‌های غیرمجاز حفر شده در سطح گسترده اراضی، کنترل‌گذاری بر روی چاه‌های استحصال آب زیرزمینی، شب خاموشی چاه‌های آب مجاز و غیره با محدودیت عرضه آب آبیاری در سطح اراضی فاریاب خود مواجه شده‌اند (Parhizkari, 2013). این استان نقش مهمی را در تولید محصولات زراعی کشور ایفا می‌کند. از کل مساحت استان کرمان، پنج درصد اراضی کشاورزی، ۴۵ درصد مرتع، ۱۳ درصد جنگل و ۳۷ درصد ریا بایان تشکیل می‌دهد. جمعیت شاغل در بخش کشاورزی این استان در حدود ۲۵۸ هزار و ۶۳۳ نفر (یعنی بیش از ۲۸ درصد جمعیت شاغل در این استان) و چهار درصد از شاغلین در بخش کشاورزی کشور هستند. استان کرمان در حدود ۶/۵ درصد از فعالیت‌های بخش کشاورزی کشور را به خود اختصاص داده است و از این حیث دارای رتبه چهارم کشوری است. مناطق بسیار مستعد و پتانسیل‌های موجود در مناطق جنوبی استان کرمان ضمن فراهم کردن امکان تولید ۱۲۴ نوع محصولات باغی و زراعی اهمیت ویژه‌ای برای این استان فراهم آورده است که همواره در راستای کمک به تولید و خودکفایی محصولات اساسی کشاورزی نقش ارزنده‌ای ایفا کرده و به موفقیت‌های چشمگیری نیز دست یافته است (Kerman Province Agricultural Jihad Organization, 2018). وضعیت آبیاری زمین‌های زراعی و در نتیجه هدررفت آب

امروزه به دلیل رشد جمعیت، ارتقای سطح بهداشت و رفاه عمومی، گسترش صنعت و رشد فعالیت‌های اقتصادی و کشاورزی، سرانه مصرف آب به شدت افزایش یافته و با توجه به عدم توازن بین عرضه و تقاضا، مدیریت منابع آب بسیار پیچیده و با اهمیت شده است (Salehpoor Laghani et al., 2018). طی دو دهه اخیر در سراسر جهان سعی شده است تا استفاده از منابع آبی محدود و تخصیص آن در بین فعالیت‌های مختلف، با نگرشی یکپارچه و با اتخاذ سیاست‌گذاری‌های مناسب در بخش عرضه منابع آب صورت گیرد (George et al., 2011; Bagheri Harooni and Morid, 2013). بخش کشاورزی با برداشت بیش از ۹۲ درصد منابع آب در ایران، بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب در مقایسه با سایر زیربخش‌های اقتصادی (صنعت، خدمات و غیره) به شمار می‌رود و عدم قطعیت از جمله مسائل اجتناب‌ناپذیر در زمینه مدیریت منابع آب در این بخش است. امروزه انتخاب الگوهای بهینه کشت، تعیین استراتژی‌های تخصیص بهینه آب بین فعالیت‌های مختلف کشاورزی و تدوین برنامه‌های سیاستی مناسب از جمله راهکارهای اساسی جهت مدیریت مصارف و بهره‌برداری از ذخایر آبی موجود می‌باشد (Asadi Mehrabani et al., 2018).

بخش کشاورزی در ایران حدود ۲۰ درصد از تولید ناخالص ملی، ۲۵ درصد از اشتغال، ۸۵ درصد از تأمین امنیت غذایی، ۱۸ درصد از صادرات غیرنفتی و ۹۰ درصد از مواد اولیه مورد مصرف در بخش صنعت را تأمین می‌نماید (Abonoori et al., 2011). یکی از عوامل محدودکننده توسعه بخش کشاورزی در کشور ما، آب است. کارشناسان بخش کشاورزی معتقدند که در صورت عدم محدودیت آب، ۴۰ الی ۵۰ میلیون هکتار از زمین‌های کشور قابل کشت خواهد بود. مقدار آبی که هم اکنون در کشور استحصال می‌شود، حدود ۹۲ میلیارد مترمکعب در سال است (یعنی معادل ۳ درصد کل آب استحصال جهانی)؛ ولی سهم زیادی از این آب (بیش از ۶۵ درصد) به دلیل بهره‌برداری نامناسب، بازده پایین آبیاری و اتخاذ سیاست‌های نادرست در بخش بهره‌برداری در کشور به هدر می‌رود (Parhizkari, 2013). بهینه‌سازی قطعی الگوی کشت متناسب با اعمال برنامه‌های سیاستی طرف عرضه منابع آب که در نهایت کاهش آب در دسترس کشاورزان را (جهت صرفه‌جویی) به دنبال دارد، به عنوان راهکاری برای مدیریت منابع آبی و تخصیص بهینه این منابع کمیاب، مبنای مطالعات محققین بسیاری بوده است (Banihabib et al., 2015). به منظور برقراری تراز بین برداشت و تغذیه، راهکارهای عمده مشتمل بر تقویت مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی، به‌کارگیری سیاست‌های

خصوصاً در بخش‌های جنوبی استان کرمان به یکی از چالش‌های پیش‌رو در زمینه توسعه کشاورزی آن تبدیل شده است. ناچیز بودن نزولات و بارندگی‌های صورت گرفته در این استان (در حدود متوسط سالانه ۹۰ میلی‌متر) منجر به افزایش حفر چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق در اقصی نقاط آن شده که این امر پیامدهایی چون بهره‌برداری بیش از ظرفیت منابع آب زیرزمینی، افت سطح آبخوان‌ها، تغییر کیفیت آب زیرزمینی، پیشروی جبهه آب شور، کاهش حجم ذخایر آبی، افزایش اجباری عرض و عمق چاه‌ها و خشک شدن دیگر منابع برداشت آب (قنات‌ها و چشمه‌ها) را به دنبال داشته است (Kerman Province Regional Water Company, 2018). باتوجه به مسائل مطرح شده، کمبود منابع آب سطحی و کاهش عرضه آب آبیاری، تخصیص غیربهبوده منابع آب موجود و افزایش برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، برنامه‌ریزی مناسبی را برای مدیریت منابع آب کشاورزی در استان کرمان ایجاد می‌کند. به همین منظور در مطالعه حاضر تلاش می‌شود تا با توجه به مهم‌ترین مسأله پیش‌رو در زیربخش کشاورزی استان کرمان (اعمال سیاست‌گذاری‌های طرف عرضه منابع آب) یک الگوی برنامه‌ریزی اقتصادی مناسب برای مدیریت منابع آب کشاورزی در این استان ارائه شود و در ادامه جهت اتخاذ برنامه‌های کاربردی حفاظت از منابع آب موجود توسط تصمیم‌گیران، رفتار کشاورزان کرمانی در شرایط رویارویی با سیاست‌گذاری‌های طرف عرضه منابع آب پیش‌بینی گردد.

با توجه به این که بخش کشاورزی درصد بالایی از آب مصرفی را در بین سایر زیربخش‌های اقتصادی (صنعت، خدمات و غیره) به خود اختصاص داده است، لذا بهره‌برداران این بخش اقتصادی باید سازوکارها و دستورالعمل‌های لازم برای تعدیل، تخصیص و بهینه نمودن مصرف آب را سرلوحه تصمیم‌گیری‌های اقتصادی و سیاسی خود قرار دهند (Asadi et al., 2018). با توجه به اهمیت وجود نهاده آب جهت تولید محصولات زراعی در بخش کشاورزی از یک سو و تحلیل سیاست‌های طرف عرضه آب آبیاری با اولویت پایداری و سیانت از منابع آب و خاک موجود از سوی دیگر، تحقیقات داخلی و خارجی متعددی طی سال‌های اخیر انجام شده است. Shi et al. (2014) به بررسی سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی به عنوان راه حلی برای رفع کمبود آب در منطقه هایوازاری چین پرداختند. نتایج نشان داد که قیمت آب پایین‌تر از قیمت سایه‌ای آن است. بر این مبنای واکنش کشاورزان به تغییرپذیری‌های قیمت آب نامحسوس و برای کاهش تقاضای آب بایستی قیمت آب را به میزان شایان توجهی افزایش داد. Franco-Crespo and Sumpsi Vinas (2017) در تحقیق خود سیاست‌گذاری‌های بخش مدیریت منابع آب کشاورزی را

در کشتزارهای اکوادور ارزیابی کردند. سناریوهای به کار برده شده شامل هزینه‌های ثابت، بلوک‌های آب و قیمت‌های حجمی آب بود. نتایج نشان داد که سناریو هزینه ثابت، مصرف آب را کاهش نمی‌دهد. در مقابل سناریوهای آب بلوک شده و قیمت‌های حجمی بر روی رفتار کشاورزان تأثیرگذار و سناریو قیمت‌های حجمی با تأثیر کمتر بر درآمد بهترین روش برای کاهش مصرف آب است. در ایران نیز، Ghaderzade and Karimi (2018) با بهره‌گیری از یک سیستم مدل‌سازی اقتصادی تأثیر سیاست سهمیه‌بندی آب را بر مصرف آب‌های زیرزمینی در دشت قروه-دهگلان بررسی نمودند. نتایج نشان داد که کاهش آب در دسترس منجر به کاهش سطح زیرکشت محصول‌های با نیاز آبی بالا مانند یونجه و سیب‌زمینی و افزایش سطح زیرکشت گیاهان زراعی با نیاز آبی پایین همانند گندم و جو می‌شود. Hasanvand et al. (2018) سیستم مدل‌سازی اقتصادی مذکور را به منظور تحلیل اثر سیاست تغییر قیمت و مقدار آب کشاورزی بر الگوی کشت شهرستان نکا استفاده کردند. نتایج نشان داد با اتخاذ سیاست افزایش قیمت آب تا چهار برابر و سیاست کاهش مقدار آب موجود تا ۲۰ درصد نسبت به حال مبنای تغییر چندانی در الگوی فعلی ایجاد نمی‌شود. Asadi and Najafi Alamdarlo (2019) جهت ارزیابی اقتصادی الگوی بهینه کشت در راستای سیاست‌گذاری‌های کاهش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی دشت دهگلان از رویکردهای برنامه‌ریزی ریاضی استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که با تدوین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی، مقدار صرفه‌جویی آب در سناریوی اول تا سوم به ترتیب به میزان ۲۲/۱، ۳۰/۵ و ۳۵/۵ درصد و سود ناخالص مزرعه به ترتیب ۴/۶، ۹/۳ و ۱۴/۸ درصد کاهش می‌یابد. با توجه به سطح گسترده کاربرد روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی در تحلیل سیاست‌گذاری‌های منابع آب کشاورزی، در این مطالعه جهت برنامه‌ریزی اقتصادی مدیریت منابع آب زارعین در مناطق جنوبی استان کرمان تحت شرایط اعمال سیاست‌های طرف عرضه منابع آب از مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی^۱ (PMP) با رویکرد حداکثر آنتروپی^۲ (ME) استفاده شد که در ادامه به طور کامل تشریح می‌شود.

۲- روش انجام تحقیق

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

استان کرمان به لحاظ موقعیت جغرافیایی با مختصات ۵۳ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و ۲۵ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۲ درجه عرض شمالی، در جنوب شرق فلات مرکزی واقع شده است. مساحت این استان معادل ۱۸۳۱۹۳ کیلومتر مربع بوده و از لحاظ وسعت پهناورترین استان کشور به حساب می‌آید. پتانسیل‌های موجود

انجام شده در این منطقه (جنوب استان کرمان) بیشتر است. این امر حاکی از آن است که سالانه حدود ۵۰۰ میلیون مترمکعب بیلان منفی برای مخازن سفره‌های آب زیرزمینی در مناطق جنوبی استان کرمان وجود دارد که در نهایت افت سطح سفره‌های آب زیرزمینی را از ۱/۲ تا ۱۸ متر در مناطق مختلف آن به دنبال دارد. شکل ۱، موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد (Kerman Province Regional Water Company, 2018).

۲-۲- سیستم مدل‌سازی اقتصادی

سیستم مدل‌سازی برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP) که به "مدل برنامه‌ریزی تحلیل سیاست در سطح مزرعه" نیز مشهور است، اولین بار در سال ۱۹۹۵ توسط پروفیسور Howitt تدوین و ارائه گردید (Medellin-Azuara et al., 2012). روش کار در این سیستم مدل‌سازی بدین شکل است که ابتدا با بهره‌مندی از یک مدل برنامه‌ریزی خطی، جواب بهینه مدل به دست آورده می‌شود. سپس در مرحله‌ای دیگر، با استفاده از مقادیر دوگان یا قیمت‌های سایه‌ای^۳ محدودیت‌های این مدل، ضرایب یک تابع هدف درجه غیرخطی (از درجه دو یا بیشتر مانند تابع نمایی)، طوری به دست می‌آیند که جواب مدل جدید برای شرایط سال مینا، مقادیر واقعی سال مینا باشد (Howitt et al., 2012; Parhizkari et al., 2015).

در استان کرمان و وجود مناطق مستعد برای تولید انواع محصولات زراعی و باغی، این استان را از اهمیت ویژه‌ای برخوردار کرده است. در جهت کمک‌رسانی به تولید و خودکفایی محصولات اساسی، بخش کشاورزی نقش ارزنده‌ای در این استان ایفا نموده و موفقیت‌های چشمگیری نیز در این بخش حاصل شده است. با توجه به شرایط اقلیمی، میزان منابع آب موجود، موقعیت اجتماعی و پراکنش الگوی کشت، مساعدترین منطقه کشاورزی در بخش جنوبی این استان (شامل شهرستان‌های شهرستان‌های بهم، جیرفت، کهنوج، عنبرآباد، رودبار، منوجان، قلعه گنج، ریگان و نرماشیر) واقع شده است. گندم، جو آبی، سبب‌زمینی، ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای، هندوانه، پنبه و یونجه از مهم‌ترین محصولات زراعی قابل کشت در این منطقه از استان کرمان هستند. آورد متوسط سالانه حاصل از بارش در منطقه جنوب کرمان حدود ۱۰/۵ میلیارد مترمکعب می‌باشد که از این میزان ۷/۹ میلیارد مترمکعب آن در اثر شرایط اقلیمی موجود و بافت خاک، تبخیر شده و از دسترس کشاورزان خارج می‌گردد. از کل آورد سالانه ناشی از بارندگی، در حدود ۲/۶ میلیارد مترمکعب پس از جاری شدن بر روی سطح زمین در لایه‌های زمین نفوذ کرده و سطح سفره‌های آب زیرزمینی را در این منطقه تغذیه می‌کند (Kerman Province Agricultural Jihad Organization, 2018). این در حالی است که مطابق با آمار موجود سالانه حدود ۳/۱ میلیارد مترمکعب برداشت از سطح سفره‌های آب زیرزمینی جهت استفاده در بخش کشاورزی صورت می‌گیرد که حدود ۰/۵ میلیارد مترمکعب از میزان تغذیه

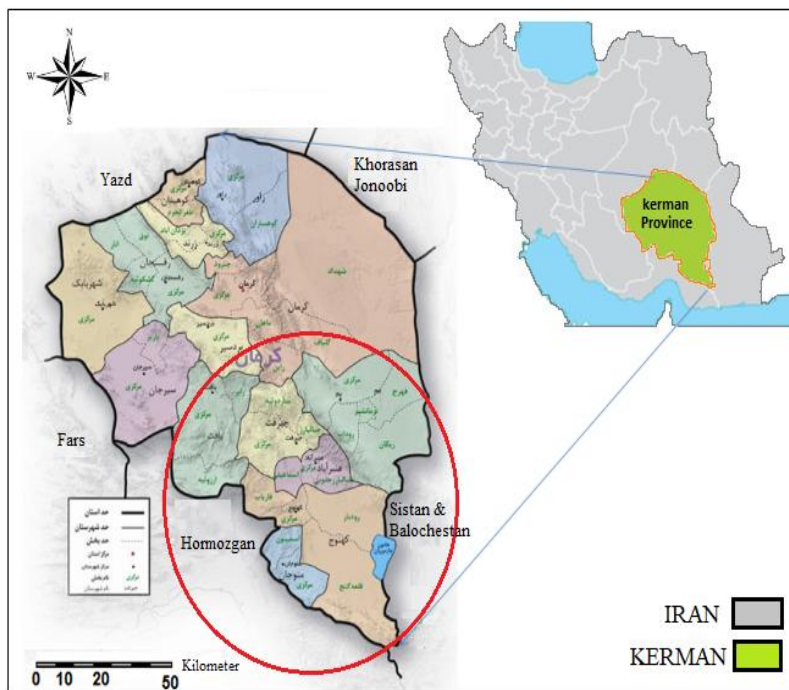


Fig. 1- Location of the study area in south of Kerman province

شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در جنوب استان کرمان

۲-۲-۲- گام دوم: تخمین تابع هزینه‌ی غیرخطی (درجه دو) و اسنجی شده و محاسبه ضرایب آن

در این مرحله، مقادیر μ جهت تخمین یک تابع هزینه غیرخطی مورد استفاده قرار می‌گیرند. معمولاً برای آسانی محاسبه و فقدان دلایل قوی برای انتخاب توابع دیگر، از تابع هزینه متغیر درجه دوم در این مرحله استفاده می‌شود (Petsakos and Rozakis, 2015). شکل ریاضی تابع هزینه غیرخطی از درجه دو به صورت رابطه (۶) قابل ارائه است:

$$C^v = d \cdot x + \frac{1}{2} x' Q x \quad (6)$$

در رابطه بالا، C^v هزینه متغیر، d یک بردار $(n \times 1)$ از فراسنجه‌های جزء خطی تابع هزینه و Q یک ماتریس متقارن مثبت معین $(n \times n)$ از فراسنجه‌های جزء درجه دوم تابع هزینه است. فراسنجه‌های این تابع با شرط زیر محاسبه می‌شوند:

$$MC^v = \frac{\partial C^v(X)}{\partial X} = d + QX = c + \mu \quad (7)$$

در رابطه (۷)، 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، از رویکرد ماکزیمم آنتروپی (ME) برای تخمین تابع هزینه فوق استفاده می‌شود (Cortignani and Severini, 2009). قاعده کار بدین صورت است که با در نظر گرفتن تعداد مشخصی محدودیت و تعداد معینی نقاط کمکی یا پشتیبان^۴، متغیر آنتروپی (یا H) حداکثر می‌گردد. انتخاب نقاط کمکی تا حد زیادی اختیاری است که در این مطالعه برای بردار d و ماتریس Q به صورت زیر در نظر گرفته شدند:

$$Zd_i = \begin{bmatrix} -2/0 \\ -1/0 \\ 0/0 \\ 1/0 \\ 2/0 \end{bmatrix} \quad \forall i, \quad Zd_{i,j} = \begin{bmatrix} 0/01 \\ 0/10 \\ 0/25 \\ 0/75 \\ 1/00 \end{bmatrix} \quad \forall i \neq j \quad (8)$$

در صورتی که k نقطه پشتیبان لحاظ شود و احتمال وقوع نقاط پشتیبان Zd_i و $Zq_{k,i,j}$ 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:

$$d_i = \sum_{k=1}^k pd_{k,i} Zd_{k,i} \quad \forall i \quad (9)$$

$$q_{i,j} = \sum_{k=1}^k pd_{k,i,j} Zd_{k,i,j} \quad \forall i, j \quad (10)$$

در این صورت روابط ریاضی مربوط به روش حداکثر بی‌نظمی یا ماکزیمم آنتروپی برای تخمین پارامترهای بردار d و ماتریس Q به صورت روابط (۱۱) تا (۱۷) قابل ارائه هستند:

در هنگام تخمین تابع هزینه غیرخطی مربوط به تابع هدف مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP)، تعداد پارامترهایی که بایستی تخمین زده شوند بیشتر از تعداد داده‌های موجود است. این مسأله باعث می‌گردد تا درجه آزادی برآورد شده منفی شود و لذا نتوان همه پارامترهای مربوطه را تخمین زد. برای رفع این مشکل، از رویکردهای متعددی بهره گرفته می‌شود که براساس تحقیقات خارجی انجام شده، جدیدترین این رویکردها بهره‌مندی از رهیافت ماکزیمم آنتروپی (ME) است. به طور کلی، کالیبراسیون سیستم مدل‌سازی اقتصادی ارائه شده در این تحقیق جهت تحلیل سیاست طرف عرضه منابع آب به شرح زیر است:

۲-۲-۱- گام نخست: حل مدل برنامه‌ریزی خطی ساده جهت برآورد قیمت‌های سایه‌ای

در این مرحله یک الگوی برنامه‌ریزی خطی جهت برآورد قیمت‌های سایه‌ای مجموعه محدودیت‌های مدل حل می‌شود. در واقع، این مرحله شامل حل یک مدل برنامه‌ریزی خطی جهت حداکثرسازی بازده ناخالص کشاورزان با توجه به مجموعه محدودیت‌های منابع و واسنجی است (Howitt et al., 2012; Graveline, 2016).

$$\text{Max } Z = GM \cdot X \quad (1)$$

$$\text{Subject to:} \quad (2)$$

$$AX \leq b \quad [\pi] \quad (2)$$

$$X \leq X' + e \quad [\mu] \quad (3)$$

$$X \geq 0 \quad (4)$$

در روابط بالا، Z مقدار تابع هدف، X بردار فعالیت‌ها و GM بردار بازده ناخالص حاصل از واحد سطح محصولات منتخب زراعی است. این شاخص برای هر یک از فعالیت‌های موردنظر از طریق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$GM = (Y * P) - C \quad (5)$$

در رابطه (۱)، P بیانگر قیمت محصول، Y بیانگر عملکرد محصول و C بیانگر کل هزینه‌های متغیر در فرآیند تولید محصولات منتخب زراعی است. رابطه (۲) بیانگر محدودیت منابع مورد استفاده است. در این رابطه، A ماتریس ضرایب فنی، b بردار منابع موجود و π متغیرهای دوگان (یا قیمت‌های سایه‌ای) این منابع است. رابطه (۳) بیانگر محدودیت واسنجی مدل است. در این رابطه، e برداری از اعداد مثبت کوچک، μ متغیر دوگان محدودیت واسنجی و x سطح فعالیت مشاهده شده در سال پایه است. رابطه (۴) نیز بیانگر محدودیت غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌های است و اجرایی بودن روش فوق را تضمین می‌کند (Graveline, 2016).

سیستم‌های مدل‌سازی سطح بالا برای برنامه‌نویسی در روش برنامه‌ریزی ریاضی^۶ (MP) است. این برنامه شامل یک کامپایلر زبان^۷ (نرم‌افزاری که برنامه کدگذاری شده را به زبان ماشین تبدیل می‌کند) و یک مجموعه از حل‌کننده‌های^۸ جامع با توان اجرایی بالا است و اغلب برای ساخت مدل‌های پیچیده و در مقیاس بزرگ استفاده می‌شود. در واقع، این نرم‌افزار کاربردی برای حل مسائلی که در آن‌ها تصمیم‌گیرنده می‌خواهد با تعیین مقدار برای یک مجموعه از متغیرها، بعضی از معیارهای مطلوبیت را بهینه کند، کاربرد دارد. اجزای اصلی یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی در نرم‌افزار GAMS شامل تعریف مجموعه‌ها (Sets)، معرفی داده‌ها (Data)، معرفی متغیرها (Variables)، مشخص کردن ساختار معادلات (Equations) و حل مدل (Solve) می‌باشد. تعریف هر یک از موارد ذکر شده‌ی فوق در ضمن برنامه‌نویسی دستورات خاص خود را دارد. به عنوان مثال، وارد کردن داده‌ها و اطلاعات آماری در متن برنامه می‌تواند از طریق سه دستور Scalar (برای مقادیر و اعداد)، Parameter (برای بردارها) و Table (برای ماتریس‌ها) صورت گیرد (Parhizkari, 2013). داده‌ها با مراجعه به سازمان‌های مربوطه در دو بخش زراعی و آبی استان کرمان جمع‌آوری شدند. کالیبراسیون مدل تجربی با اعمال سناریوهای کاربردی ۱۰ تا ۴۰ درصد کاهش عرضه منابع آب ناشی از اعمال سیاست‌های طرف عرضه صورت گرفت. جهت انجام کالیبراسیون یا واسنجی سیستم مدل‌سازی اقتصادی در این تحقیق از داده‌ها و اطلاعات مقطعی سال پایه (۱۳۹۶-۱۳۹۷) استفاده شد. داده‌های موردنیاز از طریق مراجعه مستقیم به سازمان‌ها و ادارات ذیربط در استان کرمان (مرکز تحقیقات کشاورزی و شرکت سهامی آب منطقه‌ای) گردآوری شدند. جدول ۱، اطلاعات آماری مربوط به محصولات منتخب زراعی منطقه جنوب کرمان را برای سال آبی ۹۷-۱۳۹۶ نشان می‌دهد. نیاز آبی محصولات منتخب زراعی با استفاده از نرم‌افزار نیاز آبی Netwat و گزارشات موجود در این زمینه محاسبه شد. قیمت بازاری محصولات منتخب نیز به طور میانگین برای شهرستان‌های مختلف موجود در منطقه مورد مطالعه به دست آمد.

محصول گندم آبی به دلیل مرسوم بودن کشت در منطقه مورد بررسی بیشترین سهم الگوی زراعی و محصول پنبه کمترین سهم را در الگو به خود اختصاص داده است. وجود فعالیت دامداری در کنار فعالیت زراعی در منطقه جنوب استان کرمان، تداوم کشت محصولات علوفه‌ای یونجه و ذرت علوفه‌ای را در الگوی زراعی بازگو می‌کند. محصولات آب‌بر هندوانه و ذرت دانه‌ای نیز علی‌رغم محدود بودن منابع آب در دسترس کشاورزان کرمانی و برداشت از منابع آب زیرزمینی جهت تأمین آب آبیاری در این استان سهم نسبتاً مناسبی را در الگوی

$$\text{Max } H(p) = \sum_{k=1}^k \sum_{i=1}^n p d_{k,i} * \ln p d_{k,i} - \quad (11)$$

$$\sum_{k=1}^k \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^f p d_{k,i} * \ln p d_{k,i,j} \quad (12)$$

$$d_i + \sum_{j=1}^f q_{i,j} X_j = c_i + \mu_i \quad \forall i$$

$$d_i = \sum_{k=1}^k p d_{i,j} Z d_{k,i} \quad (13)$$

$$q_{i,j} = \sum_{k=1}^k p d_{k,i,j} Z d_{k,i,j} \quad \forall i, j \quad (14)$$

$$\sum_{k=1}^k p d_{k,i} = 1 \quad \forall i \quad (15)$$

$$\sum_{k=1}^k p q_{k,i,j} = 1 \quad \forall i, j \quad (16)$$

$$q_{i,j} = q_{j,i} \quad \forall i, j \quad (17)$$

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 (Cortignani and Severini, 2009; Graveline, 2016).

۲-۲-۳- مرحله سوم: واسنجی مدل PMP نهایی با کمک تابع هزینه غیرخطی برآورد شده

در این گام، که گام پایانی کالیبراسیون مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP) است، با استفاده از تابع هزینه غیرخطی برآورد شده در گام دوم و مجموعه محدودیت‌های مدل (به استثنای محدودیت واسنجی) یک مسأله برنامه‌ریزی غیرخطی مطابق با شرایط منطقه مورد مطالعه ساخته می‌شود؛ به طوری که بتواند دقیقاً اطلاعات سال پایه یا مبنا را بازسازی نماید (Howitt et al., 2012; Graveline, 2016):

$$\text{Max } Z = GM \cdot X - d \cdot X - \frac{1}{2} X \cdot Q X \quad (18)$$

$$\text{Subject to:} \quad AX \leq b \quad [\pi] \quad (19)$$

$$X \geq 0 \quad (20)$$

جواب مدل فوق پس از واسنجی، دقیقاً سطوح فعالیت‌های سال پایه خواهد بود که در این حالت می‌توان با تغییر شرایط و تعریف سناریوهای مختلف با استفاده از مدل ارائه شده به تحلیل سیاست پرداخت، جهت کالیبراسیون مدل‌سازی فوق، از داده‌ها و اطلاعات اسنادی مربوط به سال ۹۷-۱۳۹۶ و نرم‌افزار گمز^۵ استفاده شد. این نرم‌افزار یکی از

Table 1- Statistical information related to selected products of Kerman Province in the base year (2017-2018)
جدول ۱- داده‌ها و اطلاعات آماری مربوط به محصولات منتخب زراعی استان کرمان در سال پایه (۹۷-۱۳۹۶)

Products/Variables	Acreage (ha)	Yield (kg/ha)	Price (rial/kg)	Water.req (m ³ /ha)	Chemical input (kg/ha)
Wheat	16540	5340	19000	3350	1220
Barley	8805	5022	16250	3000	980
Maize	5400	8397	17500	8200	2200
Potato	6891	29480	5620	7645	2560
Watermelon	5908	35042	4000	7550	2000
Alfalfa	5796	11420	870	9375	2250
Forage Corn	4551	13119	753	8140	2070
Onion	3893	24830	5250	8603	1985
Cotton	257	3684	47300	8700	1970
Vegetables	385	8250	16700	8960	2160

Reference: Kerman Province Agricultural Jihad Organization, 2018

آب‌بهای پرداختی کشاورزان در مناطق جنوبی این استان طی سال ۹۷-۱۳۹۶ معادل با ۴۲۰ ریال در مترمکعب بوده است. این میزان بیانگر آن است که به طور میانگین کشاورزان تمایل به پرداخت حدود ۴۲۰ ریال را به ازای مصرف هر مترمکعب آب آبیاری در سطح اراضی خود (جهت تخصیص بین فعالیت‌های مختلف زراعی) دارند. این در حالی است که مطابق با جدول ۲، ارزش اقتصادی یا واقعی برآورد شده برای هر مترمکعب آب زراعی در این منطقه معادل با ۱۳۳۶ ریال است، اما کشاورزان تنها تمایل به پرداخت ۴۲۰ ریال را به ازای هر مترمکعب آب آبیاری دارند (مطابق با تعرفه تعیین شده). در واقع، یافته‌ها گویای آن است که کشاورزان تنها حدود ۳۱/۴ درصد از ارزش واقعی نهاده آب آبیاری را در قالب هزینه‌های استحصال و انتقال آب پرداخت می‌کنند و بدین ترتیب از بازپرداخت حدود دو سوم ارزش اقتصادی

منطقه به خود اختصاص داده‌اند. شکل ۲ درصد سهم هر یک از محصولات منتخب زراعی را در الگوی کشت منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

۳- نتایج و بحث

پس از حل الگوی برنامه‌ریزی خطی در مرحله اول سیستم مدل‌سازی ارائه شده، داده‌های مشاهده شده به داده‌های سال پایه رسیدند. در ادامه ضرایب تابع هزینه غیرخطی به کمک رهیافت ماکزیمم آنتروپی برآورد شدند و مقادیر دوگان یا قیمت‌های سایه‌ای برای عوامل تولید محدود (آب و زمین) به دست آمدند. مطابق با گزارشات اخیر کارشناسان شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان کرمان، میانگین

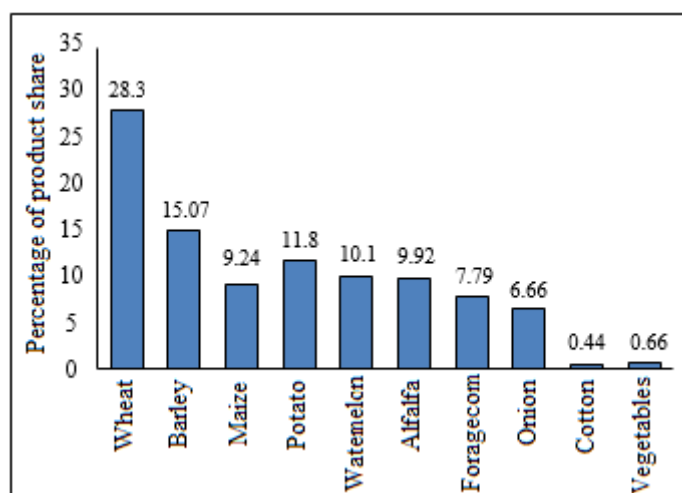


Fig. 2- Percentage of share of selected products in the cropping pattern
شکل ۲- درصد سهم محصولات منتخب زراعی در الگوی کشت

آب چشم‌پوشی می‌شود. با توجه به حداکثر حبابه مجاز برای کشاورزان مناطق جنوبی کرمان در واحد سطح (معادل با ۱۳۹۳۶ مترمکعب)، عدم پرداخت حدود ۶۸/۶ درصد از هزینه‌های آب می‌تواند در بلندمدت منجر به رایگان تلقی شدن نهاده آب، هدررفت و تهدید این منبع کمیاب در سطح اراضی منطقه شود.

افزون بر توضیحات فوق، نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که متوسط تمایل به پرداخت کشاورزان برای هر هکتار از اراضی تحت کشت (به عنوان اجاره بها) در جنوب استان کرمان معادل با ۱۲/۷۰ میلیون ریال است. در حالی که ارزش اقتصادی هر هکتار از نهاده زمین در این منطقه معادل با ۶۹/۵۳ میلیون ریال برآورد شده است. مقایسه مقادیر فوق بیانگر آن است که کشاورزان جنوب استان کرمان حدود ۱۸/۲۶ درصد از ارزش اقتصادی نهاده زمین را تحت عنوان تمایل به پرداخت یا اجاره‌بها متقبل می‌شوند.

جدول ۳، نتایج به دست آمده از اعمال سناریوهای کاربردی سیاست‌گذاری‌های طرف عرضه منابع آب کشاورزی را در جنوب استان کرمان نشان می‌دهد. این جدول در ستون سمت چپ مقادیر سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی را در سال مینا و در ستون‌های سمت راست تغییرات الگوی کشت منطقه مورد مطالعه را تحت شرایط اعمال سناریوهای مختلف بازگو می‌کند. مطابق با نتایج مندرج در این جدول، ملاحظه می‌شود که با اجرایی شدن سیاست‌گذاری‌های طرف عرضه منابع آب کشاورزی و محدود شدن میزان آب در دسترس کشاورزان در جنوب استان کرمان، الگوهای بهینه زراعی به سمت کاهش سطح زیرکشت محصولات پرآب و هزینه‌بر و توسعه سطح زیرکشت محصولات غله‌ای و کم‌آب متمایل می‌شود. تحت شرایط اعمال سناریوهای ۱۰ تا ۴۰ درصد کاهش عرضه منابع آب، کشاورزان این منطقه از سطح زیرکشت محصولاتی مانند هندوانه به میزان ۰/۰۲ تا ۰/۱۴ درصد، ذرت دانه‌ای به میزان ۰/۹۷ تا ۱۳/۴ درصد و یونجه

به میزان ۲/۰۷ تا ۲۸/۷ درصد می‌کاهند و تمایلی برای توسعه سطح زیرکشت این محصولات در الگوهای بهینه ندارند. افزون بر این، تحت شرایط اعمال برنامه‌های سیاستی پلمپ چاه‌های غیرمجاز بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی و احداث بندها، ایجاد سازه‌های انحرافی و سدهای ذخیره‌سازی که در نهایت منجر به کاهش عرضه منابع آب در منطقه مورد مطالعه می‌شوند، سطح زیرکشت ذرت علوفه‌ای از ۴۵۵۱ هکتار در شرایط سال مینا به ۳۱۳۳ هکتار می‌رسد. سطح زیرکشت پیاز نیز تحت این شرایط از ۳۸۹۳ هکتار در سال مینا به ۳۰۳۴ هکتار کاهش می‌یابد. این تغییرات به ترتیب کاهشی به میزان ۲/۲۴ تا ۳۱/۲ درصد را در سطح زیرکشت ذرت علوفه‌ای و ۱/۵۸ تا ۲۲/۱ درصد را در سطح زیرکشت پیاز به دنبال دارند. علت این میزان کاهش در سطح زیرکشت محصولات نامبرده، هزینه و نیاز آبی بالای آن‌ها در واحد سطح و کمبود منابع آب در دسترس کشاورزان تحت شرایط اعمال سناریوهای بالا (بیش از ۲۰ درصد) می‌باشد که آن‌ها را مجاب می‌کند تا از سطح زیرکشت این محصولات (پیاز و ذرت علوفه‌ای) به میزان بیشتری در مقایسه با محصولات کم‌سرمایه‌تر و پر سودتر (هندوانه و یونجه) در الگوهای بهینه کشت بکاهند و این میزان کاهش سطح زیرکشت را به تولید محصولات غله‌ای گندم و جو آبی تخصیص دهند.

مطابق با نتایج مندرج در جدول ۳، آن‌چه که تا حد زیادی در الگوهای بهینه زراعی مشهود است، کاهش شدید سطح زیرکشت محصولات پرآب و هزینه‌بر پنبه و سبزیجات در مقایسه با سایر محصولات زراعی می‌باشد. این کاهش به گونه‌ای است که در سطح سناریوهای ۳۰ و ۴۰ درصد منجر به حذف پنبه و سبزیجات از الگوی بهینه می‌شود (سطح زیرکشت محصولات به صفر می‌رسد). بدین معنی که کشاورزان کرمانی در شرایط اعمال سیاست‌گذاری‌های طرف عرضه منابع آب، بلافاصله عکس‌العمل نشان داده و رفتار احتمالی آن‌ها به سمت کاهش بخش عظیمی از سطح زیرکشت محصولات آب‌بر و

Table 2- Comparison of farmers' willingness to pay for limited inputs with economic value of these inputs
جدول ۲- مقایسه تمایل به پرداخت کشاورزان برای نهاده‌های محدود با ارزش اقتصادی این نهاده‌ها

Variables	Maximum allowable water in per hectar (cubic meters)	farmers' willingness to pay (rial/cubic meter)	Economic value of water (rial/ cubic meter)	Ratio of willingness to pay to economic value of water (%)
Amounts	13936	420	1336	31.4
Variables	Maximum land rent (million rials/ hectare)	farmers' willingness to pay (million rials/hectare)	Economic value of land (million rials/hectare)	Ratio of willingness to pay to economic value of land (%)
Amounts	42.30	12.70	69.53	18.26

Table 3- Potential effects of water resources supply policies on cropping pattern in Kerman Province

جدول ۳- آثار بالقوه سیاست‌گذاری طرف عرضه منابع آب کشاورزی بر الگوی کشت در استان کرمان

Products	Acreage (ha)	The changes	Scenarios of water resources reduction policy			
			10 %	20 %	30 %	40 %
Wheat	16540	Amount	16817	17094	17725	19297
		Percent	1.66	3.34	7.15	16.6
Barley	8805	Amount	9071	9338	9924	11232
		Percent	3.08	6.11	12.8	27.6
Maize	5400	Amount	5348	5296	5127	4673
		Percent	-0.97	-1.93	-5.05	-13.4
Potato	6891	Amount	6898	6906	6927	6991
		Percent	0.10	0.21	0.52	1.45
Watermelon	5908	Amount	5907	5905	5903	5900
		Percent	-0.02	-0.03	-0.08	-0.14
Alfalfa	5796	Amount	5676	5556	5177	4129
		Percent	-2.07	-4.13	-10.7	-28.7
Forage Corn	4551	Amount	4449	4347	4026	3133
		Percent	-2.24	-4.48	-11.5	-31.2
Onion	3893	Amount	3831	3770	3577	3034
		Percent	-1.58	-3.16	-8.12	-22.1
Cotton	257	Amount	158	59	22	0
		Percent	-38.4	-76.9	-91.4	-100
Vegetables	385	Amount	267	149	13	0
		Percent	-30.5	-61.1	-96.6	-100

سیاست‌گذاری طرف عرضه منابع آب کشاورزی، از دیگر نتایج به دست آمده در این تحقیق است که افزایش ۱/۶۶ تا ۱۶/۶ درصدی تمایل کشاورزان کرمانی را جهت توسعه سطح زیرکشت گندم آبی و افزایش ۳/۰۸ تا ۲۸/۶ درصدی تمایل آن‌ها را جهت توسعه سطح زیرکشت جو آبی در الگوهای بهینه زراعی مناطق جنوبی استان کرمان بازگو می‌کند. کم‌آب بودن محصولات غله‌ای گندم و جو آبی از یک‌سو و کم‌هزینه بودن آن‌ها (به لحاظ نیاز به نهاده‌های تولیدی سرمایه و آب) در مقایسه با محصولاتی چون ذرت دانه‌ای، یونجه، هندوانه، پنبه، ذرت علوفه‌ای و سبزیجات در واحد سطح از مهم‌ترین دلایل توجه کشاورزان کرمانی به این محصولات (جهت جایگزینی با سطح زیرکشت محصولات آبرو و پرهزینه) است که آن‌ها را جهت بهره‌برداری بیشتر در واحد سطح محصولات مذکور راغب می‌سازد.

جدول ۴، اثرات سیاست‌گذاری‌های طرف عرضه منابع آب را تحت سناریوهای ۱۰ تا ۴۰ درصد بر روی بازده ناخالص کشاورزان جنوب استان کرمان نشان می‌دهد. با توجه به نتایج مندرج در این جدول، ملاحظه می‌شود که تغییرات به وجود آمده در الگوی کشت محصولات منتخب زراعی منجر به ایجاد تغییرات در بازده ناخالص حاصل از هر هکتار از محصولات منتخب این منطقه نیز می‌شود (اگرچه که این میزان تغییرات برای محصولات منتخب به صورت جزیی می‌باشد).

پرهزینه پنبه و سبزیجات (در سطح سناریوهای کاربردی پایین‌تر) و جایگزینی این محصولات با گندم و جو آبی (در سطح سناریوهای کاربردی بالاتر) سوق می‌یابد. کاهش ۳۸/۴ و ۳۰/۵ درصدی سطح زیرکشت پنبه و سبزیجات در همان ابتدای اجرای برنامه‌های سیاستی طرف عرضه (یعنی در سطح سناریوی ۱۰ درصد) گویای این رفتار احتمالی کشاورزان کرمانی است که حساسیت بالای آن‌ها را نسبت به محصولات نامبرده در شرایط بحرانی شدن منابع آب موجود در منطقه نشان می‌دهد. نتیجه شایان توجه دیگر در شرایط سیاست‌گذاری طرف عرضه منابع آب، حفظ و تداوم سطح زیرکشت محصول سیب‌زمینی توسط کشاورزان در الگوهای بهینه زراعی است. اگرچه که توسعه سطح زیرکشت محصول سیب‌زمینی در الگوهای بهینه تحت شرایط اعمال سناریوهای مختلف کاهش عرضه منابع آب (۱۰ تا ۴۰ درصد) ناچیز می‌باشد (افزایش سطح از ۶۸۹۱ به ۶۹۹۱ هکتار با رشدی به میزان ۰/۱ تا ۱/۴۵ درصد نسبت به شرایط سال مینا یا پایه)، اما حاکی از صرفه اقتصادی این محصول به ازای میزان هزینه و آب مصرفی آن در واحد سطح (هر هکتار) است که کشاورزان کرمانی را مجاب می‌کند تا این محصول را از الگوی بهینه زراعی کنار نگذاشته و از سطح زیرکشت آن نسبت به الگوی فعلی (الگوی سال مینا) نگاهند. افزایش سطح زیرکشت محصولات غله‌ای گندم آبی از ۱۶۵۴۰ به ۱۹۲۹۷ هکتار و جو آبی از ۸۸۰۵ به ۱۱۲۳۲ هکتار تحت شرایط اعمال

از ۴۰ درصد کاهش عرضه منابع آب، زیان‌دهی صددرصدی برای کشاورزان به همراه دارند و به همین دلیل نیز از الگوهای بهینه زراعی حذف شده‌اند. بخش دیگری از یافته‌ها نشان می‌دهد که الگوهای بهینه شبیه‌سازی شده برای محصولات منتخب زراعی، مجموع بازده ناخالص زارعین منطقه را تحت شرایط اعمال سناریوهای مختلف کاهش عرضه منابع آب (۱۰ تا ۴۰ درصد) به ترتیب حدود ۰/۹۲، ۱/۸۷، ۲/۷۳ و ۳/۴۶ درصد کاهش می‌دهد. در واقع، الگوهای بهینه به شکلی تدوین شده‌اند که تغییرات مجموع بازده ناخالص کشاورزان، حداقل تغییرات ممکن را شامل شود. این میزان کاهش اندک در مجموع بازده ناخالص کشاورزان کرمانی نیز می‌تواند به علت تغییرات کاهشی شدید سطح زیرکشت محصولات پنبه و سبزیجات در الگوی بهینه زراعی تحت شرایط تشدید کاهش عرضه منابع آب (سناریوهای سطح بالاتر از ۲۰ درصد) باشد.

شکل ۳، آثار بالقوه سیاست‌گذاری‌های طرف عرضه منابع آب کشاورزی را بر ارزش اقتصادی (واقعی) نهاده‌های کمیاب زمین و آب زراعی در مناطق جنوبی استان کرمان نشان می‌دهد.

پس از اعمال سیاست‌گذاری، میزان سود ناخالص حاصل از هر هکتار از محصولاتی چون گندم آبی، جو آبی و سیب‌زمینی که دارای تغییرات سطح زیرکشت مثبتی می‌باشند و یا اینکه در الگوی بهینه حفظ شده‌اند، بهبود می‌یابد و یا این که حداقل کاهش نمی‌یابد و منفی نمی‌شود؛ اما این تغییرات بسیار ناچیز است. مثبت بودن بازده ناخالص محصولات غله‌ای گندم و جو آبی کشاورزان را جهت توسعه سطح زیرکشت این محصولات در الگوهای بهینه زراعی ولو در شرایط تشدید کاهش عرضه منابع آب ترغیب می‌کند. مطابق با نتایج جدول ۴، میزان تغییرات سود ناخالص سایر محصولات الگو (به جز سیب‌زمینی) به دلیل کاهش سطحی که در اثر اعمال سناریوهای مختلف کاهش عرضه منابع آب در پی داشته‌اند، منفی و نزولی است. با اعمال شرایط سیاست‌گذاری، کاهش سودی به میزان ۴/۴۹ تا ۹۸/۹ درصد و ۱/۷۲ تا ۹۳/۰ درصد در واحد سطح (هکتار) برای محصولات پنبه و سبزیجات پیش‌بینی شده که این امر میزان تمایل زارعین منطقه را جهت تداوم کشت آن‌ها در الگوی زراعی می‌کاهد و آن‌ها را به سمت حذف این محصولات از الگو سوق می‌دهد. این دو محصول به عنوان حساس‌ترین محصولات زراعی تحت شرایط اعمال سناریوهای بیش

Table 4- Potential effects of water resources supply policies on Kermani farmers' gross margin
جدول ۴- اثرات بالقوه سیاست‌گذاری طرف عرضه منابع آب کشاورزی بر بازده ناخالص کشاورزان کرمانی

Products	Gross margin*	The changes	Scenarios of water resources reduction policy			
			10 %	20 %	30 %	40 %
Wheat	8.86865	Amount	8.86909	8.86951	8.87036	8.87240
		Percent	0.005	0.010	0.02	0.042
Barley	6.99867	Amount	6.99980	1.00085	7.00286	7.00687
		Percent	0.016	0.031	0.06	0.12
Maize	13.3243	Amount	13.2426	13.2414	13.2372	13.2246
		Percent	-0.009	-0.018	-0.05	-0.145
Potato	16.4241	Amount	16.4241	16.4241	16.4241	16.4241
		Percent	0.000	0.000	0.000	0.000
Watermelon	13.8839	Amount	13.8839	13.8839	13.8839	13.8836
		Percent	0.000	0.000	0.000	-0.001
Alfalfa	8.64946	Amount	8.64787	8.64621	8.64042	8.61917
		Percent	-0.018	-0.037	-0.104	-0.35
Forage Corn	8.61730	Amount	8.61550	8.61362	8.60701	8.58200
		Percent	-0.021	-0.043	-0.120	-0.41
Onion	11.5362	Amount	11.5346	11.5331	11.5278	11.5098
		Percent	-0.013	-0.026	-0.072	-0.228
Cotton	13.0220	Amount	12.4367	9.89973	3.06404	14568
		Percent	-4.49	-24.0	-76.4	-98.9
Vegetables	10.0624	Amount	9.88878	6.44156	3.08643	72641
		Percent	-1.72	-35.9	-71.02	-93.0
Total gross margin	23735.58	Amount	23516.45	23292.16	20387.25	22913.54
		Percent	-0.92	-1.87	-2.73	-3.46

* and **: According million rial/hectar and million rial

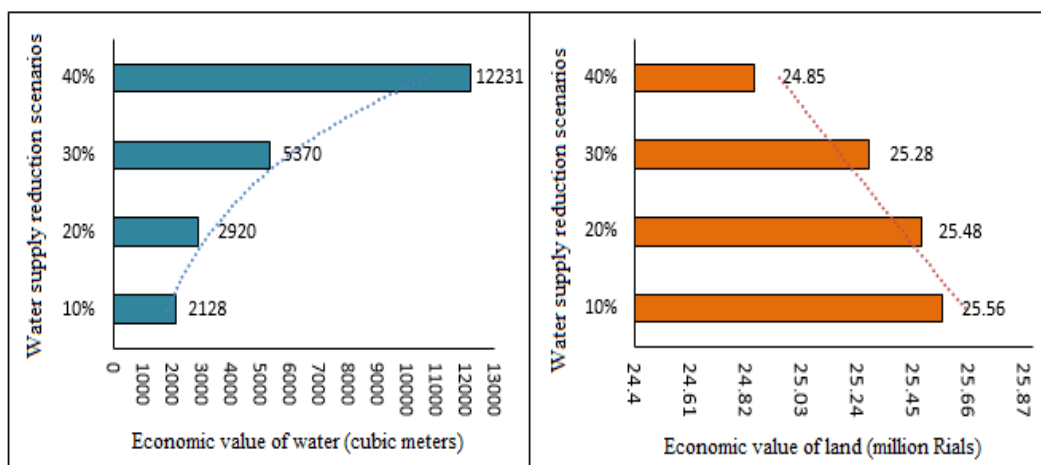


Fig. 3- The policy effects of water resources supply on the economic value of land and water
 شکل ۳- اثرات سیاست‌گذاری طرف عرضه منابع آب بر ارزش اقتصادی زمین و آب

کشاورزان کرمانی در شرایط روبرویی با اعمال سیاست‌گذاری‌های طرف عرضه، ناگزیرند نهاده آب را با قیمت واقعی بالاتری نسبت به شرایط عدم اعمال سیاست‌گذاری خریداری و در سطح اراضی زراعی خود به کار گیرند. با توجه به روند تغییرات ارزش اقتصادی آب و میزان مصارف آبی کشاورزان تحت شرایط سیاست‌گذاری، تابع تقاضای آب کشاورزی در منطقه جنوب استان کرمان استخراج شد و کشش قیمتی تقاضای آب به صورت تجمیعی معادل با ۰/۱۷۵ برآورد گردید. بدین معنی که با افزایش یک واحدی ارزش واقعی نهاده آب کشاورزی تحت شرایط سیاست‌گذاری طرف عرضه منابع آب، میزان تقاضا یا مصارف آب آبیاری توسط کشاورزان کرمانی در سطح اراضی منطقه حدود ۰/۱۷۵ واحد کاهش می‌یابد. شکل ۴ تابع تقاضای آب برآورد شده برای کشاورزان جنوب استان کرمان را نشان می‌دهند:

مطابق با شکل ۳، ملاحظه می‌شود که با کاهش میزان منابع آب در دسترس کشاورزان پس از اعمال سیاست‌های طرف عرضه، ارزش اقتصادی هر مترمکعب آب آبیاری با روندی صعودی افزایش می‌یابد و در شرایط اعمال سناریوهای ۱۰ تا ۴۰ درصد از ۲۱۲۸ به ۱۲۲۳۱ ریال می‌رسد. این در حالی است که در شرایط مشابه سیاست‌گذاری، ارزش واقعی هر هکتار زمین قابل کشت برای زارعین منطقه، یک روند نزولی را دنبال می‌کند و از ۲۵/۵۶ به ۲۴/۸۵ میلیون ریال می‌رسد. لذا نتایج حاکی از وجود رابطه غیرمستقیم یا معکوس بین ارزش واقعی نهاده‌های آب و زمین در منطقه مورد مطالعه است. بدین مفهوم که با کاهش منابع آب در دسترس کشاورزان پس از اعمال سیاست‌های طرف عرضه، ارزش اقتصادی نهاده آب افزایش می‌یابد، در حالی که نهاده زمین به دلیل نداشتن آب تخصیص یافته (در اثر کاهش عرضه آب) به تبع از ارزش واقعی کمتری برخوردار خواهد شد. علاوه بر این،

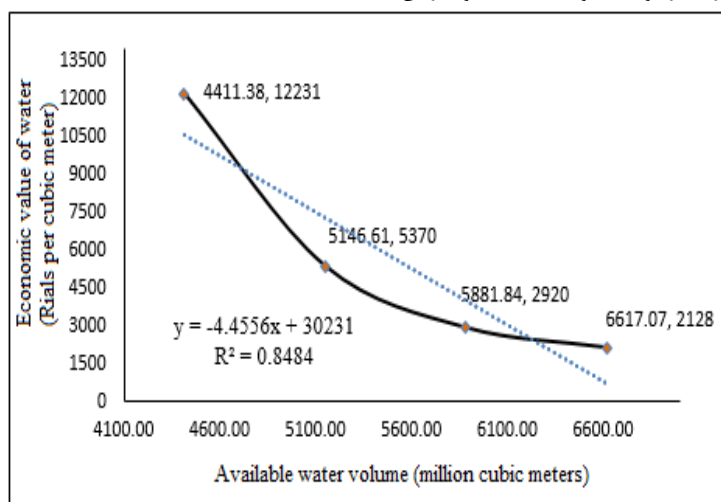


Fig. 4- The Farmers' water demand function in terms of supply policy
 شکل ۴- تابع تقاضای آب کشاورزان در شرایط سیاست‌گذاری طرف عرضه منابع آب

با توجه به شیب تابع تقاضای برآورد شده برای نهاده آب کشاورزی در منطقه مورد مطالعه (شکل ۴)، می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط تشدید کاهش عرضه منابع آب، کشاورزان کرمانی ناگزیر به پرداخت ارزش یا مقدار بالاتری نسبت به شرایط پایه برای نهاده آب جهت تخصیص بین فعالیت‌های زراعی خود در سطح اراضی فاریاب می‌باشند. سطح نسبتاً بالای میزان ضریب تعیین (حدود ۰/۸۵) نیز حاکی از برآزش مناسب این تابع در مختصات حجم آب در دسترس کشاورزان - ارزش اقتصادی نهاده آب کشاورزی است.

با برنامه‌های تعدیلی در طرف تقاضای آب (قیمت‌گذاری‌های متعادل)، حذف محصولات با نسبت سود به آب مصرفی پایین (مانند پیاز، پنبه و سبزیجات) از الگوی کشت، تخصیص تولید محصولات استراتژیک (مانند ذرت دانه‌ای و سیب‌زمینی) به مناطق با شرایط و سودآوری مناسب و ترویج و اطلاع‌رسانی ارزش واقعی نهاده‌های محدود آب و زمین به کشاورزان جهت فرهنگ‌سازی در مصرف و به‌کارگیری آن‌ها در زیر بخش کشاورزی استان کرمان پیشنهاد می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

- 1- Positive Mathematical Programming
- 2- Maximum Entropy
- 3- Dual Values or Shadow Prices
- 4- Support Points
- 5- General Algebraic Modeling System (GAMS)
- 6- Mathematical Programming
- 7- Language Compiler
- 8- Solvers

۵- مراجع

- Abonoori A, Mohammadi H, Noroozi Nejad M (2011) Estimation of the economic value of water in the agricultural sector by Hadanik method (A case study of Sabzevar city). *Journal of Agricultural Economics* 5(2):21-57 (In Persian)
- Asadi M, Najafi Alamdarloo H (2019) Economic evaluation of the optimal cropping pattern in order to reduce the use of groundwater resources in Dehgolan plain. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research* 50(1):29-43 (In Persian)
- Asadi Mehrabani M, Banihabib M A, Rozbahani A (2018) Fuzzy linear programming model to optimize the cropping pattern in Zarrineh River basin. *Iran-Water Resources Research* 14(1):13-24 (In Persian)
- Bagheri Harooni MH, Morid S (2013) Comparison of WEAP and MIKE BASIN models in water resources allocation (Case Study: Tlavar River). *Journal of Water and Soil Conservation* 20(1):151-167 (In Persian)
- Banihabib ME, Hosseinzadeh M, Olad Gharehgoz M (2015) Determination of nonlinear programming model for the allocation of water and crop pattern in deficit irrigation (Case study: Tehran and Alborz provinces). *Journal of Iran-Water Research* 9(4):159-163
- Cortignani R, Severini S (2009) Modeling farm-level adoption of deficit irrigation using positive mathematical programming. *Agricultural Water Management* 96(1):1785-1791

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که کشاورزان جنوب استان کرمان تنها بخشی (حدود یک سوم) از ارزش واقعی نهاده آب کشاورزی را در قالب هزینه‌های استحصال و انتقال آب می‌پردازند و نهاده آب در این منطقه نسبتاً رایگان تلقی می‌شود. این امر می‌تواند مصارف بی‌رویه این نهاده را توسط کشاورزان در سطح اراضی زراعی به دنبال داشته باشد. پیامدهای ناشی از اعمال سیاست‌گذاری‌های طرف عرضه منابع آب، حاکی از آن بود که این‌گونه برنامه‌های سیاستی می‌توانند الگوی کشت منطقه را به سمت توسعه سطح زیرکشت محصولات غله‌ای کم‌آب گندم و جو آبی و کاهش سطح زیرکشت محصولات پرآب و هزینه‌بر ذرت دانه‌ای، یونجه، ذرت علوفه‌ای و هندوانه سوق دهند. همچنین، اعمال سیاست‌های طرف عرضه منابع آب، با ایجاد محدودیت دسترسی به منابع آب، تمایل کشاورزان را جهت تخصیص این نهاده کمیاب در سطح اراضی پنبه و سبزیجات به شدت کاهش می‌دهد. این در حالی است که محصول سیب‌زمینی علی‌رغم نیاز آبی نسبتاً بالا به دلیل صرفه اقتصادی مناسب و نسبت سود به آب مصرفی بالا از الگوی کشت حذف نمی‌شود و تولید آن در منطقه تداوم می‌یابد. تغییرات اندک ایجاد شده در مجموع بازده ناخالص حاصل از الگوی کشت در منطقه جنوب کرمان نیز حاکی از بهینه‌بودن الگوهای پیشنهادی تحت سناریوهای کاربردی سیاست‌گذاری طرف عرضه منابع آب در مقایسه با الگوی سال مینا است. بخش دیگر از نتایج گویای آن است که تحت شرایط سیاست‌گذاری، تغییرات ارزش اقتصادی نهاده آب و زمین به صورت غیرمستقیم (به ترتیب فزاینده و کاهنده نسبت به شرایط سال مینا) بوده و زارعین کرمانی با اجرایی شدن برنامه‌های سیاستی طرف عرضه و تشدید کاهش دسترسی به منابع آب، ناگزیر به پرداخت ارزش یا مبلغ بالاتری نسبت به ارزش واقعی این نهاده در شرایط سال مینا (۱۳۹۷-۱۳۹۶) هستند. در پایان جهت مدیریت بهینه منابع آب موجود و تداوم فعالیت‌های زراعی در شرایط رویارویی کشاورزان کرمانی با سیاست‌گذاری‌های طرف عرضه منابع آب، به‌کارگیری این سیاست‌ها

- agricultural statistics of Kerman Province (In Persian)
- Kerman Province Regional Water Organization (2018) Kerman water statistics. Statistics and Information Technology Office (In Persian)
- 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 p (In Persian)
- Parhizkari A, Taghizade Ranjbari H, Shokat Fadaee M, Mahmoodi A (2015) Assessing the economic losses of inter-basin water transfer on the cultivation pattern and income status of farmers in the basin basin (Case study: water transfer from Alamut Rud tributaries to Qazvin plain). *Journal of Agricultural Economics and Development* 29(3):319-333 (In Persian)
- Petsakos A and Rozakis S (2015) Calibration of agricultural risk programming models. *European Journal of Operational Research* 242(1):536-545
- Salehpoor Laghani J, Ashrafzade A, Mosavi A (2018) Water resources allocation management in Hableh Roud watershed by combining SWAT and WEAP models. *Iran-Water Resources Research* 14(3):278-290 (In Persian)
- Shi M, Wang X, Yang H, and Wang T (2014) Pricing or quota? A solution to water scarcity in oasis regions in China: A case of Heihe River Basin. *Journal Sustainability* 6:7601-7620
- Shimelis Behailu D, Melesse AM, Bhat MG, Price RM, and McClain ME (2019) Development and application of a priority rated optimization model (PROM) for multi-sector water resource management systems. *Environmental Modelling and Software* 113:84-97
- Franco-Crespo C, Sumpsi Vinas J M (2017) The impact of pricing policies on irrigation water for agro-food farms in Ecuador. *Journal Sustainability* 6:1-18
- Ghaderzade H, Karimi M (2018) Impact of irrigation water quota policy on groundwater consumption in Qara Dehgolan plain. *Journal of Agricultural Economics* 12(4):73-98 (In Persian)
- Ghazali S, Esmaili A (2011) Incorporate externalities of water extraction from agricultural wells around Parishan lake, Case study: Wheat Product. *Agricultural Economics & Development* 25(2):161-171 (In Persian)
- George B, Malano H, Davidson B, Hellegers P, Bharati L, Massuel S (2011) An integrated hydro-economic modelling framework to evaluate water allocation strategies I: Model development. *Agricultural Water Management* 98(5):733-746
- Graveline N (2016) Economic calibrated models for water allocation in agricultural production: A review. *Environmental Modelling and Software* 81:12-25
- Hasanvand M, Jolae R, Keramatzade A, Ashraghi F (2018) Application of positive mathematical programming model to analyze the effect of policy, price change and amount of water on the cultivation pattern of Neka city products. *Journal of Agricultural Economics* 12(3):73-95 (In Persian)
- 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
- Kerman Agricultural Jihad Organization (2018) Department of plant improvement and production.