Journal of Agricultural Economics Research

Winter 2021. Vol 13. Issue 4

ISSN (Print): 2008-6407 - ISSN (Online): 2423-7248

Research Paper

Agricultural Water Resources Management in Kerman Province with Emphasis on Supply Side Policies

Hosein Taghizade Ranjbari [1*], Mohsen Shokatfadaee [2], Abolfazl Mahmoodi [2], Fatemeh Alijani [3], Gholamreza Yavari [2]

1. PHD student of Agricultural Economics, Payam Noor University, Tehran, Iran
2. Associate Professor of Agricultural Economics, Payam Noor University, Tehran, Iran
3. Assistant Professor of Agricultural Economics, Payam Noor University, Tehran, Iran

Received: 2019/11/7
Accepted: 2021/10/11
PP:94-110

Use your device to scan and read the article online

Doi:
10.30495/JAE.2021.23233.2087

Keywords:
Water Resources Management, Agriculture, Economic Planning, Policy Making, Irrigation Water Supply, Kerman Province

Abstract

Introduction: In this study first, a suitable economic planning model for agricultural water resources management in Kerman province was presented. Then the potential impacts of water supply policy plans on its agricultural sub-sector were evaluated.

Materials and Methods: In the implementation section, a three-stage calibration of a comprehensive economic model based on the positively mathematical programming (PMP) method and the maximum entropy (ME) approach were used. The required data and information are for years 2017-2018 that documentary and regional studies approach (regions A, B and C in master plan of provincial cropping pattern) through the organization of agriculture and water resources management in Kerman province were collected.

Findings: The results show that with implementation of supply-side policies, cropping patterns are developing towards acreage of low water and cereal products in different areas of Kerman province and products such as onions, cotton and vegetables have the largest reduction in cropping pattern. Under these conditions, farmers pay about one-third of the real value of agricultural water inputs in the form of water extraction and transportation costs and farmers southern Kerman province have the lowest level price elasticity of water demand (0.175). Corn and potatoes respectively, by maintaining and sustaining acreage in A (Agriculture in dry conditions) and C (agriculture in tropical conditions) regions provide optimal patterns to supply needs in these region and adjacent region.

Conclusion: Therefore, under conditions of water supply reduction policy the suggested patterns in the northern regions of Kerman province (A) are better optimal than other regions patterns (B and C).

Citation: Taghizade Ranjbari, H., Shokatfadaee, M. Mahmoodi, A. Alijani, F. & Yavari, G. (2021) Agricultural Water Resources Management in Kerman Province with Emphasis on Supply Side Policies. Journal of Agricultural Economics Research; 13(4):94-110

*** Corresponding author:** Taghizade Ranjbari
Address: Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran
Tell: 00989132956937
Email: kermanht@gmail.com

Extended Abstract

Introduction

Planning and management of agricultural water resources is one of the issues that is considered an inevitable and urgent necessity for Iran due to periodic and continuous droughts and also the damages caused by it, despite all the negligence. Among the measures that exacerbate the consequences of this phenomenon is the inefficient and unprincipled use of available and limited water resources in cropping patterns and agricultural systems. This inefficiency, in addition to the low efficiency of irrigation water transmission systems, is due to the inconsistency of water resources allocation in exploitation and cultivation patterns, which has adverse consequences, in addition to instability and damage to natural and environmental areas, economic and social areas. It also affects the whole agricultural system (15). Today, in most parts of the Iran country, due to various reasons such as improper and irrational extraction of available water resources, problems such as drought and non-compliance with the principles of protection in the use of water resources, some of the country's water resources have been destroyed or endangered. They are destroyed (3). Kerman province, as the study area in this study, is no exception. Irrigation situation of agricultural lands and as a result of water loss, especially in the southern parts of the province, has become one of the challenges in the field of agricultural development (2). Lack of surface water resources and reduction of irrigation water supply, inefficient allocation of available water resources and increasing uncontrolled abstraction of groundwater resources, require proper planning for the management of agricultural water resources in Kerman province (12). For this purpose, in the present study, an attempt was made to provide a suitable economic planning model for the management of the province's agricultural water resources, considering the most important issue facing the agricultural sector of Kerman province (reducing irrigation water supply). In order to adopt correct and practical solutions and programs for the protection of existing water resources by decision makers and managers, the behavior of Kerman farmers in terms of facing the policies of the water supply side should be predicted.

Materials and Methods

The Positive Mathematical Programming (PMP) modeling system, also known as the "farm-level policy analysis planning model", was first developed and introduced in 1995 by professor Howitt. This multi-stage planning model was developed to overcome the problems in the calibration of Normative Mathematical Programming (NMP) models. The working method in this modeling system is that first, by using a simple auxiliary linear programming model, the optimal answer of the model is obtained. Then, in another step, using the double values of the constraints of this model, the coefficients of a nonlinear degree objective function (of degree two or more, such as the exponential function) are obtained so that the answer of the new model for base year conditions is the actual base year values. When estimating the nonlinear cost function of the objective function of the Positive Mathematical Programming Model (PMP), the number of parameters to be estimated is greater than the number of available data. This causes the estimated degree of freedom to be negative and therefore not all relevant parameters can be estimated. To solve this problem, several approaches are used, which according to foreign research, the most recent of these approaches is the benefit of the maximum entropy (ME) approach. In general, the calibration of the economic modeling system presented in this study to analyze the water supply side policy is as follows (13):

Step 1: Solve a simple linear programming model to estimate shadow prices;

Step 2: Calculate the nonlinear cost function (quadratic) calibrated and calculate its coefficients;

Step 3: Calibrate the final PMP model using the estimated nonlinear cost function.

In order to calibrate the modeling system presented in this research, data and documentary information related to the year 2017-2018 and GAMS software were used. Data were collected by referring to the relevant organizations in the two agricultural and irrigation sectors of Kerman province.

Findings

The results show that farmers in regions A, B and C in Kerman province pay only about 33.2, 23.8 and 31.4% of the real value of irrigation water input in the form of water extraction and transfer costs, respectively. Thus, the repayment of about two thirds of the economic value of agricultural water is ignored. The results showed that by implementing this policy under scenarios of 10 to 40%, farmers will reduce the area under irrigated crops such as potatoes, watermelons, alfalfa and fodder corn and towards the development of areas under irrigated wheat, barley and corn they are inclined. This is due to the lower water requirement of the above products compared to water products on potatoes, watermelons, alfalfa and fodder corn. The results also show that onions, cotton and vegetables, which have the highest water requirement per hectare, in terms of policy, experience drastic reductions in their area under cultivation. Also, the results show that cotton and vegetables are more sensitive than other crops in region A, so that the area under cultivation of these crops is reduced by reducing water supply by more than 30% compared to the base year, and this The crops are out of the cultivation pattern of the region. With the change in the cultivation pattern, the total gross return from the cultivation pattern increases from 51636.71 million real per year to 50562.64 million real under the conditions of applying the highest applied scenario, which makes small changes (about 0.67 to 2.08%) is based on the conditions of the year. It is observed that by implementing this policy under scenarios of 10 to 40%, farmers in region B will reduce the area under cultivation of most selected crops and pay attention to increasing the area under irrigated wheat (2.84 to 14.7%) and irrigated barley. (1.95 to 9.41%) in the cultivation pattern lead to the conditions of the base year. Under the conditions of implementing the policy plans of closing illegal wells, exploitation of groundwater resources and construction of dams, diversion structures and storage dams, which ultimately lead to a reduction in the supply of water resources in zone C, the area under forage corn cultivation from 4551 to Reaches 3133 hectares. Under these conditions, the area under onion cultivation decreases from 3893 hectares per year to 3034 hectares. Another part of the findings indicates that the total gross yield of farmers in region C under the conditions of applying different scenarios of reduced water supply (10 to 40%) are about 0.92, 1.87, 2.73 and 3.46%, respectively. The reason for this decrease in the total gross yield of optimal crop patterns is the sharp changes in the area under cotton and vegetables and the unwillingness of farmers in this area to develop crops such as corn, watermelon, alfalfa and forage corn in it is an agronomic pattern.

Discussion

The results showed that Kerman farmers pay only a part (about one third) of the real value of agricultural water input in the form of costs such as extraction and transfer and water input in Kerman province is considered a relatively free input. This can lead to the lack of optimal allocation of water and uncontrolled consumption of this input by farmers in the field of agricultural lands (especially in region A of Kerman province) (15). The rate of change in total gross yield from the cultivation pattern in region A of Kerman province was less or lower compared to other regions (B and C) of this province, so it can be concluded that the current cultivation pattern in region A compared to the current patterns of regions B and C are more efficient and experience less change in terms of water supply side policies. Meanwhile, the cultivation patterns proposed by the experimental model for region B, due to being non-optimal compared to their base year, follow the highest rate of change in gross yield for Karman farmers (14). Another part of the results showed that the most changes in the economic value of water input are related to region C in the south of Kerman province (with agriculture in tropical conditions). Therefore, the farmers of this region are forced to pay a higher value or amount than the farmers of regions A and B, with the implementation of supply-side policy programs and the intensification of the reduction of water supply (16).

Conclusion

Finally, under conditions of water supply reduction policy the suggested patterns in the northern regions of Kerman province (A) are better optimal than other regions patterns (B and C). Due to the high costs of water input in this region, it is advisable for farmers in this region to move to other income sectors (non-agriculture) under the policy conditions.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All subjects full fill the informed consent.

Funding

No funding.

Authors' contributions

Design and conceptualization: Mohsen Shokatfadaee, Abolfazl Mahmoodi, Fateme Alijani; Gholamreza Yavari, Hosein Taghizade Ranjbari; Methodology and data analysis: Abolfazl Mahmoodi, Fateme Alijani, Gholamreza Yavari, Mohsen Shokatfadaee; Supervision and final writing: Hosein Taghizade Ranjbari.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات اقتصاد کشاورزی

زمستان۱۴۰۰.دوره ۱۳. شماره ۴

شاپا چاپی: ۶۴۰۷ -۲۰۰۸ – شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۷۲۴۸

مقاله پژوهشی

مدیریت منابع آب کشاورزی استان کرمان با تأکید بر سیاست‌های طرف عرضه

حسین تقی‌زاده رنجبری*[۱]، محسن شوکت فدایی [۲]، ابوالفضل محمودی[۲]، فاطمه علیجانی [۳]، غلامرضا یاوری [۲]

۱. دانشجوی دکترای، اقتصاد کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

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

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

تاریخ دریافت: ۹۸/۸/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۷/۱۹

شماره صفحات: ۱۱۰-۹۴

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

Doi:
10.30495/JAE.2021.23233.2087

واژه‌های کلیدی:
مدیریت منابع آب، کشاورزی، برنامه‌ریزی اقتصادی، سیاست‌گذاری، عرضه آب آبیاری، استان کرمان

چکیده

مقدمه و هدف: در این تحقیق، ابتدا یک الگوی برنامه‌ریزی اقتصادی مناسب برای مدیریت منابع آب کشاورزی در استان کرمان ارائه گردید و در ادامه آثار بالقوه اعمال برنامه‌های سیاستی طرف عرضه منابع آب بر زیربخش کشاورزی ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها: در بخش اجرا، از کالیبراسیون سه مرحله‌ای مدل اقتصادی جامع مبتنی بر روش برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP) و رویکرد ماکزیمم بی‌نظمی (ME) بهره گرفته شد. اطلاعات موردنیاز مربوط به سال ۹۷-۱۳۹۶ هستند که به‌صورت اسنادی و با رویکرد مطالعات منطقه‌ای (مناطق A، B و C در طرح جامع الگوی کشت استانی) از طریق سازمان‌های بخش کشاورزی و مدیریت منابع آب استان کرمان گردآوری شدند.

یافته‌ها: یافته‌ها حاکی از آن است که با اجرایی شدن برنامه‌های سیاستی طرف عرضه، الگوهای زراعی در مناطق مختلف استان کرمان به سمت توسعه سطح زیرکشت محصولات غله‌ای و کم‌آب پیش می‌روند و محصولاتی مانند پیاز، پنبه و سبزیجات بیشترین کاهش سطح زیرکشت را به خود اختصاص می‌دهند. در چنین شرایطی زارعین کرمانی حدود یک‌سوم از ارزش واقعی نهاده آب کشاورزی را در قالب هزینه‌های استحصال و انتقال آب پرداخت می‌کنند و زارعین مناطق جنوبی استان کرمان پایین‌ترین سطح کشش قیمتی تقاضای آب (۰/۱۷۵) را به خود اختصاص می‌دهند. محصولات ذرت دانه‌ای و سیب‌زمینی به ترتیب با حفظ و تداوم کشت در مناطق A (کشاورزی در شرایط خشک) و C (کشاورزی در شرایط گرمسیری) الگوهای بهینه‌ای را جهت تأمین نیاز موجود در این مناطق و مناطق هم‌جوار ایجاد می‌کنند. همچنین، نتایج نشان داد که الگوهای بهینه کشت تدوین‌شده در شرایط اعمال سیاست کاهش عرضه منابع آب، بیشترین تغییرات بازده ناخالص کشاورزان کرمانی را در منطقه B (کاهش ۱/۲۹- تا ۴/۳۱- درصدی) و کمترین این تغییرات را در منطقه A (کاهش ۰/۶۷- تا ۲/۰۸-) ایجاد می‌کنند.

بحث و نتیجه‌گیری: از این‌رو، الگوهای تداعی شده در مناطق شمالی استان کرمان (A) در شرایط سیاست‌گذاری طرف عرضه منابع آب بهینه‌تر از الگوهای دیگر مناطق (B و C) هستند.

* **نویسنده مسئول:** حسین تقی‌زاده رنجبری

نشانی: دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تلفن: ۰۹۱۳۲۹۵۶۹۳۷

پست الکترونیکی: kermanht@gmail.com

مقدمه

برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب کشاورزی از موضوعاتی است که با توجه به خشکسالی‌های دوره‌ای و ممتد و همچنین، خسارت‌های ناشی از آن با همه غفلت‌های انجام شده ضرورتی اجتناب‌پذیر و فوری برای کشور ایران به حساب می‌آید. از جمله اقداماتی که به تشدید تبعات این پدیده دامن می‌زند، استفاده ناکارآمد و غیراصولی از منابع موجود و محدود آب در الگوهای کشت و سیستم‌های زراعی است.

این ناکارآمدی، علاوه بر راندمان پایین سیستم‌های انتقال آب آبیاری، از نابهینگی تخصیص منابع آب در الگوهای بهره برداری و کشت ناشی می‌شود که پیامدهای نامطلوب آن، علاوه بر ناپایداری و خسارت در عرصه‌های طبیعی و زیست‌محیطی، عرصه های اقتصادی و اجتماعی را نیز در کلیت یک سیستم زراعی تحت تأثیر خود قرار می‌دهد (۱).

امروزه در اغلب نقاط کشور به دلایل مختلفی از جمله استحصال بی‌رویه و غیرمنطقی از منابع آب موجود، 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 (۲).

استان کرمان نیز به عنوان منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، از این امر مستثنی نیست. وضعیت آبیاری زمین‌های زراعی و در نتیجه هدر رفت آب به خصوص در بخش‌های جنوبی این استان به یکی از چالش‌های پیش‌رو در زمینه توسعه کشاورزی آن تبدیل شده است. ناچیز بودن بارش‌های صورت گرفته در این استان (متوسط سالانه ۹۰ میلی‌متر) منجر به افزایش حفر چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در اقصی‌نقاط آن شده که این امر پیامدهایی چون بهره‌برداری بیش از ظرفیت منابع آب زیر زمینی، افت سطح آبخوان‌ها، پیشروی جبهه آب شور، کاهش حجم ذخایر آبی، افزایش اجباری عرض و عمق چاه‌ها، خشک شدن دیگر منابع برداشت آب (قنات‌ها و چشمه‌ها)، افزایش مصرف انرژی استحصال آب زیر زمینی، افزایش آسیب‌پذیری اراضی نسبت به خشکسالی، نشست زمین‌های زراعی و ایجاد شکاف در آن‌ها، به خطر افتادن اکوسیستم طبیعی و خشک شدن برخی از مزارع و باغات را در پی داشته است (۳).

باتوجه به مطالب بیان‌شده، کمبود منابع آب سطحی و کاهش عرضه آب آبیاری، تخصیص غیر بهینه منابع آب موجود و افزایش برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی، برنامه‌ریزی مناسبی را برای مدیریت منابع آب کشاورزی در استان کرمان ایجاب می‌کند. به همین منظور در تحقیق حاضر تلاش شد تا با توجه به مهم‌ترین مساله پیش‌رو در زیر بخش کشاورزی استان کرمان (کاهش عرضه آب آبیاری) یک الگوی برنامه‌ریزی اقتصادی مناسب برای مدیریت منابع آب کشاورزی این استان ارائه شود و در ادامه جهت اتخاذ راهکارها و برنامه‌های صحیح و کاربردی حفاظت از منابع آب موجود توسط تصمیم‌گیران و مدیران، رفتار کشاورزان کرمانی در شرایط رویارویی با سیاست-های طرف عرضه منابع آب پیش‌بینی گردد. بنابراین، پژوهش حاضر جهت تحقق اهداف اصلی این مطالعه به شرح زیر انجام شده است:

– بررسی بهینه یا غیر بهینه بودن الگوهای کشت و تخصیص منابع آب در آن‌ها تحت شرایط کنونی در استان کرمان؛

– ارزیابی اثرات سیاست‌های طرف عرضه منابع آب بر الگوی کشت و وضعیت درآمدی کشاورزان استان کرمان؛

– بررسی راهکارهای مناسب برای صیانت از منابع آب موجود در استان کرمان با تأکید بر سیاست کاهش عرضه منابع آب.

به طور کلی، مدیریت بهینه منابع آب موجود در کشور به ویژه در مناطق کم آب آن مانند استان کرمان بایستی جزو نگرانی‌ها و دغدغه‌های کارشناسان، مدیران و دولتمردان بوده و برای حل این معضل، لازم است با گرفتن تصمیم‌های اصولی و کارساز مانع از گسترش این بحران شد (۴). در این راستا کاهش منابع آب دردسترس کشاورزان از جمله مهم‌ترین سیاست‌های اجرایی در طرف عرضه منابع آب کشاورزی محسوب می‌شود که می-تواند افزون بر استفاده بهینه از آب کشاورزی، مشوقی برای ذخیره و حفاظت از منابع آب موجود باشد (۵).

نتیجه اعمال سیاست‌گذاری‌های اقتصادی در بخش کشاورزی تا حد زیادی وابسته به عکس‌العمل احتمالی زارعین نسبت به برنامه‌های سیاستی اعمال شده است. عکس‌العمل بهره‌برداران نیز پیش از هر چیز تحت تأثیر شرایط مزرعه، نگرش و ویژگی-های فردی آن‌ها قرار دارد. مسئولین و مدیران تصمیم‌گیر در بخش کشاورزی به دنبال آن هستند که بتوانند با اطمینان بالایی از نتایج اجرای سیاست‌های مورد نظر و عکس‌العمل کشاورزان نسبت به آن‌ها آگاه شوند. امروزه این امر به کمک مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی[1](PMP) فراهم شده است (۶). براین اساس مطالعات داخلی و خارجی متعددی پیرامون مسئله مورد بررسی در تحقیق حاضر انجام شده است. تحقیقی با استفاده از مدل‌های فوق بر روی کشاورزان ۲۳ منطقه مختلف از ایالت کالیفرنیا انجام شد. استفاده از این نوع مدل‌ها برای تجزیه و تحلیل سیاست ارزیابی انتقال آب بالقوه تحت شرایط خشکسالی بود. نتایج نشان داد که با تخصیص آب در الگوی کشت بهینه براساس مکانیزم بازار می‌توان زیان‌های درآمدی ناشی از کم‌آبی را تا حدود ۳۰ درصد کاهش داد (۷). در مطالعه-

1 Positive Mathematical Programming

ای دیگر، به بررسی سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی به عنوان راه حلی برای رفع کمبود آب در منطقه هایاوازاری چین پرداخته شد. نتایج نشان داد که قیمت آب پایین‌تر از قیمت سایه‌ای آن است. بر این مبنا، واکنش کشاورزان به تغییرپذیری-های قیمت آب نامحسوس و برای کاهش تقاضای آب بایستی قیمت آب را به میزان شایان توجهی افزایش داد (۶). در پژوهشی به کمک مدل PMP سیاست‌گذاری‌های بخش مدیریت منابع آب کشاورزی را در کشتزارهای اکوادور ارزیابی شدند. 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 (۸). در مطالعه‌ای با بهره‌گیری از مدل PMP و رهیافت CES[1] تأثیر سیاست سهمیه‌بندی آب را بر مصرف آب‌های زیرزمینی در دشت قروه- دهگلان بررسی شد. 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 (۹). مطالعه‌ای به بررسی سیستم مدل‌سازی اقتصادی مذکور جهت تحلیل اثر سیاست تغییر قیمت و مقدار آب کشاورزی بر الگوی‌کشت شهرستان نکا پرداخت. نتایج نشان داد با اتخاذ سیاست افزایش قیمت آب تا چهار برابر و سیاست کاهش مقدار آب موجود تا ۲۰ درصد نسبت به حال مبنا تغییر چندانی در الگوی فعلی ایجاد نمی‌شود (۱۰). در پژوهشی جهت ارزیابی اقتصادی الگوی بهینه کشت در راستای کاهش استفاده از منابع آب زیرزمینی دشت دهگلان از روش PMP استفاده گردید. نتایج 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 (۱۱).

با توجه به کاربرد گسترده روش برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP) در تحلیل سیاست‌های بخش کشاورزی، در این مطالعه جهت برنامه‌ریزی اقتصادی مدیریت منابع آب کشاورزی استان کرمان تحت شرایط اعمال سیاست‌های طرف عرضه منابع آب از آن استفاده شد، با این تفاوت که در این تحقیق جهت تخمین تابع هزینه غیرخطی در کالیبره نمودن سیستم مدل‌سازی فوق، از رویکرد ماکزیمم آنتروپی (ME) استفاده شد و سیستم مدل-سازی براساس اطلاعات آماری گردآوری شده در سطح منطقه-ای و به صورت تجمیعی کالیبره یا واسنجی گردید.

مواد و روش‌ها

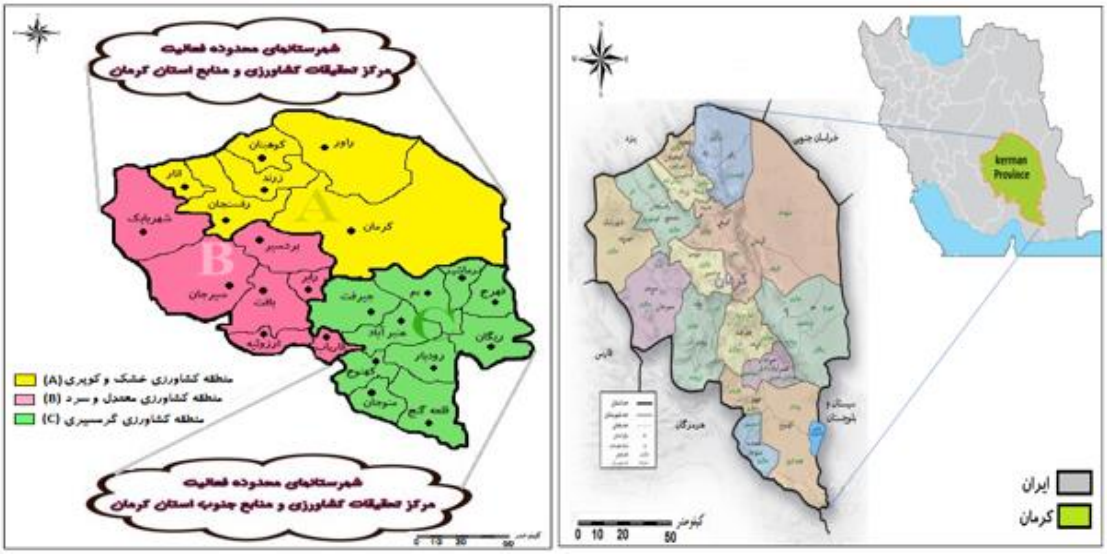
استان کرمان با مختصات ۵۳ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و ۲۵ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۲ درجه عرض شمالی، در جنوب شرق فلات مرکزی واقع شده است. مساحت این استان معادل ۱۸۳۱۹۳ کیلومتر مربع بوده و از لحاظ وسعت پهناورترین استان کشور به حساب می‌آید. پتانسیل‌های موجود در استان کرمان و وجود مناطق مستعد برای تولید انواع محصولات زراعی و باغی، این دیار 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، می‌توان سه منطقه کشاورزی را برای استان کرمان تداعی نمود (۱۲):

- مناطق کشاورزی خشک و کویری (شهرستان‌های کرمان، رفسنجان، زرند، انار، کوهبنان و راور)؛
- مناطق کشاورزی معتدل و سردسیر کوهستانی (شهرستان-های بافت، بردسیر، سیرجان، شهربابک، رابر، ارزوئیه و فاریاب)؛
- مناطق کشاورزی گرمسیری (شهرستان‌های بم، جیرفت، کهنوج، عنبرآباد، رودبار، منوجان، قلعه گنج، ریگان و نرماشیر).

براساس آمارهای موجود، استان کرمان بیش از ۸۷/۵ درصد از باغات پسته کشور را به خود اختصاص داده است. گندم آبی، جو آبی، سیب‌زمینی، ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای، هندوانه، پنبه و یونجه از مهم‌ترین محصولات زراعی قابل کشت در این استان هستند. آورد متوسط سالانه حاصل از بارش در سطح استان کرمان در حدود ۲۴/۵ میلیارد مترمکعب می‌باشد که از این میزان ۱۸/۷ میلیارد مترمکعب آن در اثر شرایط اقلیمی موجود تبخیر شده و از دسترس کشاورزان خارج می‌گردد. از کل آورد سالانه ناشی از بارندگی، در حدود ۵/۵۸ میلیارد مترمکعب پس از جاری شدن بر روی سطح زمین در لایه‌های زمین نفوذ کرده و سطح سفره-های آب زیرزمینی را تغذیه می‌کند؛ این در حالی است که مطابق با آمار موجود سالانه در حدود ۶/۳۸ میلیارد مترمکعب برداشت از سطح سفره‌های آب زیرزمینی جهت استفاده در بخش کشاورزی صورت می‌گیرد که در حدود ۰/۸ میلیارد مترمکعب از میزان تغذیه انجام شده بیشتر است. این امر حاکی از آن است که سالانه حدود ۸۰۰ میلیون مترمکعب بیلان منفی برای مخازن سفره‌های آب زیرزمینی در سطح استان کرمان وجود دارد (۳). شکل ۱، موقعیت منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. همان‌گونه که در توضیحات قبلی اشاره گردید، منطقه

1 Constant elasticity of substitution

A با شهرستان‌های کرمان، رفسنجان، زرند، انار، کوهبنان و راور، کشاورزی در منطقه خشک و کویری را شامل می‌شود. منطقه B شهرستان‌های بافت، بردسیر، سیرجان، شهربابک، رابر، ارزوئیه و فاریاب را در بر می‌گیرد که کشاورزی در شرایط معتدل و سردسیری را شامل می‌شود. منطقه C با شرایط اقلیمی گرمسیری شهرستان‌های بم، جیرفت، کهنوج، عنبرآباد، رودبار، منوجان، قلعه گنج، ریگان و نرماشیر را در بر گرفته است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی استان کرمان (۱۲)

سیستم مدل‌سازی برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP) که به "مدل برنامه‌ریزی تحلیل سیاست در سطح مزرعه" نیز مشهور است، اولین بار در سال ۱۹۹۵ توسط پروفسور هاویت تدوین و ارائه گردید. این مدل برنامه‌ریزی چند مرحله‌ای برای غلبه بر مشکلات موجود در کالیبراسیون مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی هنجاری یا تجویزی[1](NMP) توسعه داده شد (۱۳ و ۱۴). روش کار در این سیستم مدل‌سازی بدین شکل است که ابتدا با بهره-مندی از یک مدل برنامه‌ریزی خطی کمکی ساده، جواب بهینه مدل به دست آورده می‌شود. سپس در مرحله‌ای دیگر، با استفاده از مقادیر دوگان 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 مبنا، مقادیر واقعی سال مبنا باشد (۷ و ۱۵). 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 مسئله 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 بهره-مندی از رهیافت ماکزیمم آنتروپی[2](ME) است (۱۵). به طور کلی، کالیبراسیون سیستم مدل‌سازی اقتصادی ارائه شده در این تحقیق جهت تحلیل سیاست طرف عرضه منابع آب به شرح زیر است:

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

در این مرحله یک مسئله برنامه‌ریزی خطی جهت برآورد مقادیر دوگان یا 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 (۷ و ۱۴).

$$Max \quad Z = GM'X \qquad (۱)$$

Subject to:

$$AX \le b \qquad [\pi] \qquad (۲)$$

$$X \le (X^{0} + e) \qquad [\lambda] \qquad (۳)$$

$$X \ge 0 \qquad (۴)$$

که در اینجا، 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:

1 Normative Mathematical Programming

2 Maximum Entropy

$$GM = (Y * P) - C \qquad (۵)$$

در رابطه (۱)، P بیانگر قیمت محصول، Y بیانگر عملکرد محصول و C بیانگر کل هزینه‌های متغیر در فرآیند تولید محصولات منتخب زراعی (گندم آبی، جو آبی، ذرت دانه‌ای، سیب‌زمینی، هندوانه، یونجه، ذرت علوفه‌ای، پیاز، پنبه و سبزیجات) است. رابطه (۲) بیانگر محدودیت منابع مورد استفاده (زمین، آب، سرمایه و نیروی‌کار) است. در این رابطه، A ماتریس ضرایب فنی، b بردار منابع موجود (زمین، آب، سرمایه و نیروی-کار) و π متغیرهای دوگان (یا قیمت‌های سایه‌ای) منابع زمین، آب، سرمایه و نیروی‌کار است. رابطه (۳) بیانگر محدودیت واسنجی مدل است. در این رابطه، e برداری از اعداد مثبت کوچک، λ متغیر دوگان محدودیت واسنجی و x^0 بیانگر سطح فعالیت مشاهده شده در سال پایه است. رابطه (۴) نیز بیانگر محدودیت غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌های کشاورزی (تولید گندم آبی، جو آبی، ذرت دانه‌ای، سیب‌زمینی، هندوانه، یونجه، ذرت علوفه‌ای، پیاز، پنبه و سبزیجات) است و تضمین می‌کند که روش فوق به لحاظ فیزیکی قابلیت اجرایی دارد (۱۶).

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

در این مرحله، مقادیر λ برای به دست آوردن یک تابع هزینه متغیر 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 (۱۷). شکل ریاضی تابع هزینه غیرخطی از درجه دو به‌صورت رابطه (۶) قابل ارائه است:

$$C^v = d'x + \frac{1}{2}x'Qx \qquad (۶)$$

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

$$MC^v = \frac{\partial C^v(x^0)}{\partial x} = d + Qx^0 = c + \lambda \qquad (۷)$$

در رابطه (۷)، بایستی n فراسنجه برای بردار d و n(n+1)/2 فراسنجه برای Q محاسبه گردند، ولی فقط n معادله (برای هر محصول یک معادله) در این رابطه وجود دارد. جهت رفع این مشکل، از رویکرد ماکزیمم آنتروپی (ME) برای تخمین تابع هزینه فوق استفاده می‌شود (۱۸). قاعده کار بدین صورت است که با در نظر گرفتن تعداد مشخصی محدودیت و تعداد معینی نقاط کمکی یا پشتیبان[1] 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:

$$Zq_{i,j} = \begin{bmatrix} 0.01 \\ 0.10 \\ 0.25 \\ 0.75 \\ 1.00 \end{bmatrix} \quad \forall i \neq j \qquad Zd_i = \begin{bmatrix} -2.0 \\ -1.0 \\ 0.0 \\ 1.0 \\ 2.0 \end{bmatrix} \quad \forall i \qquad (۸)$$

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

$$d_i = \sum_{k=1}^{K} pd_{k,i} zd_{k,i} \qquad \forall_i \qquad (۹)$$

$$q_{i,j} = \sum_{k=1}^{K} pq_{k,i,j} zq_{k,i,j} \qquad \forall_i \qquad (۱۰)$$

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:

$$\underset{p}{Max}\ H(p) = -\sum_{k=1}^{K}\sum_{i=1}^{n} pd_{k,i} \ln pd_{k,i} - \sum_{k=1}^{K}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} pq_{k,i,j} \ln pq_{k,i,j} \qquad (۱۱)$$

Subject to:

$$d_i + \sum_{j=1}^{n} q_{i,j} x_j^0 = c_i + \lambda_i \qquad \forall_i \qquad (۱۲)$$

$$d_i = \sum_{k=1}^{K} pd_{k,i} zd_{k,i} \qquad \forall_i \qquad (۱۳)$$

$$q_{i,j} = \sum_{k=1}^{K} pq_{k,i,j} zq_{k,i,j} \qquad \forall_{i,j} \qquad (۱۴)$$

$$\sum_{k=1}^{K} pd_{k,i} = 1 \qquad \forall_i \qquad (۱۵)$$

$$\sum_{k=1}^{K} pq_{k,i,j} = 1 \qquad \forall_{i,j} \qquad (۱۶)$$

$$q_{i,j} = q_{j,i} \qquad \forall_{i,j} \qquad (۱۷)$$

که در اینجا H نمایانگر بی‌نظمی مدل است که بایستی حداکثر گردد. رابطه (۱۲) قید یا محدودیت مربوط به تخمین تابع هزینه غیر خطی با n معادله است. روابط ۱۳ و ۱۴ محدودیت‌های مربوط به نقاط کمکی یا پشتیبان هستند که احتمال وقوع این

1 Support Points

نقاط را بازگو می‌کنند. محدودیت‌های ذکر شده در روابط ۱۵ و ۱۶ برابری مجموع احتمالات وقوع نقاط پشتیبان با مقدار واحد را نشان می‌دهند. تساوی آخر (رابطه ۱۷) نیز برای متقارن بودن ماتریس Q اضافه شده است. با استفاده از روابط بالا می‌توان کلیه عناصر بردار d و ماتریس Q را به دست آورد، اما این روابط تضمین نمی‌کنند که شرایط مرتبه دوم برای تابع هزینه برآورد شده، صادق باشد. بر اساس شرایط مرتبه دوم، لازم است تا ماتریس هشین تابع هزینه ارائه‌شده در رابطه (۶)، معین و منفی باشد که لازمه این امر، معین و مثبت بودن ماتریس Q است. برای این منظور، مطابق با روش‌های موجود از قضیه تجزیه چولسکی استفاده می‌شود (۱۵ و ۱۸).

گام 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 یک مسئله برنامه‌ریزی غیرخطی مطابق با شرایط منطقه مورد مطالعه ساخته می‌شود؛ به طوری که بتواند دقیقاً اطلاعات سال مبنا را بازسازی نماید (۱۸).

$$Max\ Z = GM'x - d'x - x'Qx/2 \quad (۱۸)$$

Subject to:

$$Ax \le b \quad (۱۹)$$

$$x \ge 0 \quad (۲۰)$$

شایان ذکر است که جواب مدل نهایی فوق در شرایط سال پایه (یا سال مبنا)، 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 سیستم مدل‌سازی اقتصادی فوق، از داده‌ها و اطلاعات اسنادی مربوط به سال ۹۷-۱۳۹۶ و نرم افزار گمز استفاده شد. داده‌ها با مراجعه به سازمان‌های مربوطه در دو بخش زراعی و آبی استان کرمان جمع‌آوری شدند. کالیبراسیون مدل تجربی در سطح منطقه‌ای (مناطق A,B,C مطابق با شکل ۱) و با اعمال سناریوهای کاربردی ۱۰ تا ۴۰ درصد کاهش عرضه منابع آب ناشی از اعمال سیاست‌های طرف عرضه (اجرایی شدن طرح‌های پلمپ چاه‌های آب غیرمجاز، سهمیه‌بندی آب‌های سطحی، ایجاد سدهای ذخیره‌ای و بندهای انحرافی در مناطق بالادست، کنتورگذاری چاه‌های استحصال آب مجاز و شب خاموشی سیستم‌های پمپاژ آب) صورت گرفت. پس از برآورد ضرایب تابع هزینه غیرخطی به کمک رهیافت ماکزیمم آنتروپی، قیمت‌های سایه‌ای برای عوامل تولید به دست آمدند. قیمت سایه‌ای مربوط به نهاده آب زراعی بیانگر ارزش اقتصادی این نهاده است. این مقدار نشان می‌دهد که اضافه شدن هر واحد نهاده آب چه میزان بر تولید نهایی محصولات اثرگذار است.

یافته‌ها و بحث

نتایج به دست آمده در جدول ۱، بیانگر آن است که کشاورزان مناطق A، B و C در استان کرمان به ترتیب تنها حدود ۳۳/۲، ۲۳/۸ و 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 واقعی یا اقتصادی آب کشاورزی چشم‌پوشی می‌شود. با توجه به حداکثر حقابه مجاز برای کشاورزان مناطق مذکور در واحد سطح، عدم پرداخت حدود ۶۶/۸، ۷۶/۲ و ۶۸/۶ درصد از هزینه‌های استحصال و انتقال آب می‌تواند در بلندمدت منجر به رایگان تلقی شدن نهاده آب، هدر رفت و تهدید این منبع کمیاب در سطح اراضی استان کرمان، به ویژه در منطقه B (کشاورزی با اقلیم معتدل و سرد) شود.

جدول ۲، نتایج به دست آمده از اعمال سیاست کاهش عرضه منابع آب کشاورزی در منطقه A (منطقه با کشاورزی در شرایط خشک و کویری) از استان کرمان را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مقایسه تمایل به پرداخت کشاورزان برای نهاده آب زراعی با ارزش اقتصادی این نهاده

مناطق و متغیرها	ماکزیمم حقابه مجاز مناطق*	تمایل به پرداخت کشاورزان	ارزش اقتصادی آب آبیاری ×	نسبت تمایل به پرداخت به ارزش آب ××
کشاورزی با اقلیم خشک (A)	۱۲۵۸۳	۴۲۰	۱۲۶۳	۳۳/۲
کشاورزی با اقلیم معتدل (B)	۱۵۳۱۷	۴۲۰	۱۷۵۸	۲۳/۸
کشاورزی با اقلیم گرمسیری (C)	۱۳۹۳۶	۴۲۰	۱۳۳۶	۳۱/۴

*، **، × و ××: به ترتیب برحسب مترمکعب، ریال در مترمکعب، ریال در مترمکعب و درصد

جدول ۲. آثار بالقوه سیاست کاهش عرضه منابع آب بر الگوی کشت در استان کرمان (منطقه A)

محصولات منتخب	الگوی کشت*	میزان تغییرات	سناریوهای کاربردی سیاست کاهش عرضه منابع آب			
			۱۰ درصد	۲۰ درصد	۳۰ درصد	۴۰ درصد
گندم آبی	۱۷۸۰۰	مقدار	۱۸۰۳۹	۱۸۲۷۸	۱۸۷۷۷	۱۹۹۷۸
		درصد	۱/۳۳	۲/۶۸	۵/۴۸	۱۲/۲
جو آبی	۸۵۱۰	مقدار	۸۶۰۰	۸۶۹۱	۸۸۶۲	۹۲۶۷
		درصد	۱/۱۲	۲/۱۸	۴/۱۹	۸/۹۵
ذرت دانه‌ای	۱۰۵۲۰	مقدار	۱۰۵۴۰	۱۰۵۶۱	۱۰۵۹۱	۱۰۶۵۸
		درصد	۰/۱۸	۰/۳۸	۰/۶۷	۱/۳۱
سیب‌زمینی	۳۱۳۵	مقدار	۳۱۰۶	۳۰۷۸	۲۹۹۹	۲۷۷۱
		درصد	-۰/۹۱	-۱/۸۱	-۴/۳۴	-۱۱/۶
هندوانه	۴۲۸۷	مقدار	۴۲۵۸	۴۲۳۰	۴۱۴۸	۳۹۱۴
		درصد	-۰/۶۷	-۱/۳۴	-۳/۲۳	-۸/۷۱
یونجه	۶۲۲۰	مقدار	۶۱۵۸	۶۰۹۶	۵۹۱۷	۵۴۰۴
		درصد	-۱/۰۱	-۲/۰۰	-۴/۸۷	-۱۳/۱
ذرت علوفه‌ای	۲۸۰۲	مقدار	۲۷۴۸	۲۶۹۵	۲۵۴۶	۲۱۱۸
		درصد	-۴/۲۳	-۸/۴۶	-۹/۱۴	-۲۴/۴
پیاز	۷۹۸	مقدار	۷۶۴	۷۳۰	۶۳۷	۳۶۸
		درصد	-۱/۹۱	-۳/۸۱	-۲۰/۲	-۵۳/۸
پنبه	۱۸۰	مقدار	۱۰۹	۳۹	۱۴	۰
		درصد	-۳۹/۱	-۷۸/۰	-۹۲/۰	-۱۰۰
سبزیجات	۲۵۰	مقدار	۱۷۵	۱۰۰	۸	۰
		درصد	-۲۹/۷	-۵۹/۶	-۹۶/۷	-۱۰۰
مجموع سود**	۵۱۶۳۶/۷۱	مقدار	۵۱۲۸۷/۳۰	۵۱۱۴۰/۹۱	۵۰۹۵۰/۶۷	۵۰۵۶۲/۶۴
		درصد	-۰/۶۷	-۰/۹۶	-۱/۳۲	-۲/۰۸

* و **: به ترتیب بر حسب هکتار و میلیون ریال

با توجه به نتایج جدول ۲، ملاحظه می‌شود که با اجرای این سیاست تحت سناریوهای ۱۰ تا ۴۰ درصد، کشاورزان از سطح زیرکشت محصولات آب‌بری مانند سیب‌زمینی، هندوانه، یونجه و ذرت علوفه‌ای می‌کاهند و به سمت توسعه سطح زیرکشت گندم آبی، جو آبی و ذرت دانه‌ای متمایل می‌شوند. علت این امر نیاز آبی کمتر محصولات فوق در مقایسه با محصولات آب‌بر سیب‌زمینی، هندوانه، یونجه و ذرت علوفه‌ای است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که پیاز، پنبه و سبزیجات که بالاترین میزان نیاز آبی در هر هکتار را به خود اختصاص داده‌اند، در شرایط سیاست‌گذاری، تغییرات کاهشی شدیدی را در سطح زیرکشت خود تجربه می‌نمایند. سطح زیرکشت پیاز از ۷۹۸ هکتار در سال مبنا به ۳۶۸ هکتار می‌رسد که کاهش سطحی معادل با ۱/۹۱ تا ۵۳/۸ درصد را به دنبال دارد. افزون بر نتایج فوق، جدول ۲ نشان می‌دهد که پنبه و سبزیجات از دیگر محصولات الگوی کشت در منطقه A حساس‌تر می‌باشند، به طوری که سطح زیرکشت این محصولات با کاهش عرضه منابع آب بیش از ۳۰ درصد نسبت به شرایط سال پایه، صفر می‌شود و این محصولات از الگوی کشت منطقه خارج می‌شوند. این امر نشان می‌دهد که کشت آن‌ها در شرایط مواجهه کشاورزان با محدودیت عرضه منابع آب توصیه نمی‌شود. مطابق با نتایج به دست آمده، متمایل شدن رفتار کشاورزان منطقه A به سمت توسعه سطح زیرکشت غلات گندم آبی (به میزان ۱/۳۳ تا ۱۲/۲ درصد)، جو آبی (به میزان ۱/۱۲ تا ۸/۹۵ درصد) و ذرت دانه‌ای (به میزان ۰/۱۸ تا ۱/۳۳ درصد) نسبت به شرایط سال مبنا تنها راهکار حفظ سطح زیرکشت محصولات منتخب در الگو تحت شرایط رویارویی کشاورزان با محدودیت عرضه منابع آب کشاورزی است. ملاحظه می‌شود که تحت شرایط اعمال سناریوهای ۱۰ تا ۴۰ درصد کاهش عرضه منابع آب کشاورزی در این منطقه، الگوهای بهینه کشت به صورتی تغییر می‌یابند (در بهینه‌ترین حالت ممکن) که کمترین میزان تغییرات در سود ناخالص حاصل از الگوهای بهینه برای کشاورزان حاصل شود. بدین ترتیب ملاحظه می‌شود که مجموع بازده ناخالص حاصل از الگوی کشت از ۵۱۶۳۶/۷۱ میلیون ریال در سال مبنا به ۵۰۵۶۲/۶۴ میلیون ریال تحت شرایط اعمال بالاترین سناریوی کاربردی می‌رسد که تغییرات اندکی را (حدود ۰/۶۷ تا ۲/۰۸ درصد) نسبت به شرایط سال مبنا به دنبال دارد.

جدول ۳، اثرات اعمال سیاست کاهش عرضه منابع آب در منطقه B (منطقه با کشاورزی در شرایط معتدل و سرد) از استان کرمان را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که با اجرای این سیاست تحت سناریوهای ۱۰ تا ۴۰ درصد، کشاورزان منطقه B از سطح زیرکشت اغلب محصولات منتخب می‌کاهند و توجه خود را به سمت افزایش سطح زیرکشت گندم آبی (۲/۸۴ تا ۱۴/۷ درصد) و جو آبی (۱/۹۵ تا ۹/۴۱ درصد) در الگوی کشت نسبت به شرایط سال مبنا سوق می‌دهند.

جدول ۳. آثار بالقوه سیاست کاهش عرضه منابع آب بر الگوی کشت در استان کرمان (منطقه B)

محصولات منتخب	الگوی کشت*	میزان تغییرات	سناریوهای کاربردی سیاست کاهش عرضه منابع آب			
			۱۰ درصد	۲۰ درصد	۳۰ درصد	۴۰ درصد
گندم آبی	۹۸۸۸	مقدار	۱۰۱۶۹	۱۰۴۵۲	۱۰۸۷۱	۱۱۳۴۱
		درصد	۲/۸۴	۵/۶۹	۹/۹۳	۱۴/۷
جو آبی	۵۳۳۹	مقدار	۵۴۹۸	۵۶۰۱	۵۷۴۴	۵۹۰۱
		درصد	۱/۹۵	۳/۸۷	۶/۵۱	۹/۴۱
ذرت دانه‌ای	۲۰۳۳	مقدار	۱۹۹۷	۱۹۶۲	۱۸۹۵	۱۸۱۸
		درصد	-۱/۷۵	-۳/۵۰	-۶/۷۶	-۱۰/۶
سیب‌زمینی	۵۴۰	مقدار	۵۱۱	۴۸۳	۴۳۳	۳۷۵
		درصد	-۵/۲۱	-۱۰/۴	-۱۹/۷	-۳۰/۵
هندوانه	۱۴۵۲	مقدار	۱۴۲۶	۱۴۰۰	۱۳۵۳	۱۲۹۹
		درصد	-۱/۷۸	-۳/۵۵	-۶/۷۷	-۱۰/۵
یونجه	۴۴۴۳	مقدار	۴۳۹۰	۴۳۳۸	۴۲۳۸	۴۱۱۲
		درصد	-۱/۱۸	-۲/۳۵	-۴/۶۰	-۷/۲۶
ذرت علوفه‌ای	۱۲۷۰	مقدار	۱۲۲۲	۱۱۷۴	۱۰۸۸	۹۸۷
		درصد	-۳/۷۶	-۷/۵۱	-۱۴/۳	-۲۲/۲
پیاز	۴۰۰	مقدار	۳۴۸	۲۹۶	۲۰۵	۹۹
		درصد	-۱۲/۹	-۲۵/۸	-۴۸/۶	-۷۵/۲
پنبه	۲۲۰	مقدار	۱۲۹	۳۸	۱۴	۰
		درصد	-۴۱/۳	-۸۲/۶	-۹۳/۶	-۱۰۰
سبزیجات	۴۳۰	مقدار	۳۷۶	۳۲۲	۲۲۵	۱۱۴
		درصد	-۱۲/۵	-۲۵/۱	-۴۷/۵	-۷۳/۴
مجموع سود**	۲۳۴۷۳/۲۶	مقدار	۲۳۱۷۰/۴۶	۲۲۹۸۶/۸۵	۲۲۷۵۸/۹۹	۲۲۴۶۱/۸۸
		درصد	-۱/۲۹	-۲/۰۷	-۳/۰۴	-۴/۳۱

* و **: به ترتیب بر حسب هکتار و میلیون ریال

در این منطقه از استان کرمان برخلاف منطقه A، کشاورزان تمایلی جهت توسعه سطح زیرکشت ذرت دانه‌ای ندارند و در شرایط سیاست‌گذاری طرف عرضه منابع آب، سطح زیرکشت این محصول را با غلات گندم و جو آبی جایگزین می‌کنند. علت این امر تا حد زیادی می‌تواند نسبت سود به آب مصرفی پایین در هر هکتار از ذرت دانه‌ای در منطقه B نسبت به منطقه A از طرح الگوی کشت استانی باشد. افزون بر نتایج فوق، مطابق با جدول ۳ ملاحظه می‌شود که مجموع بازده ناخالص زارعین منطقه B تحت شرایط اعمال سناریوهای مختلف کاهش عرضه منابع آب (۱۰ تا ۴۰ درصد) به ترتیب حدود ۱/۲۹، ۲/۰۷، ۳/۰۴ و ۴/۳۱ درصد تنزیل می‌یابد. این در حالی است که الگوهای بهینه شبیه‌سازی شده در منطقه A از استان کرمان میزان سود ناخالص حاصل برای کشاورزان را با سهم بالاتر و یا تقلیل کمتری (۰/۶۷ تا ۲/۰۸ درصد) تضمین می‌نمایند. علت این امر می‌تواند کاهش سطح زیرکشت ذرت دانه‌ای در الگوی کشت منطقه B (برخلاف الگوی منطقه A) در کنار دیگر محصولاتی که بازده ناخالص منفی در واحد سطح دارند (مانند پیاز، ذرت علوفه‌ای، سبزیجات و پنبه) باشد.

جدول ۴، اثرات اعمال سیاست کاهش عرضه منابع آب کشاورزی در منطقه C (منطقه با کشاورزی در شرایط گرمسیری) از استان کرمان را نشان می‌دهد.

جدول ٤. آثار بالقوه سیاست کاهش عرضه منابع آب بر الگوی کشت در استان کرمان (منطقه C)

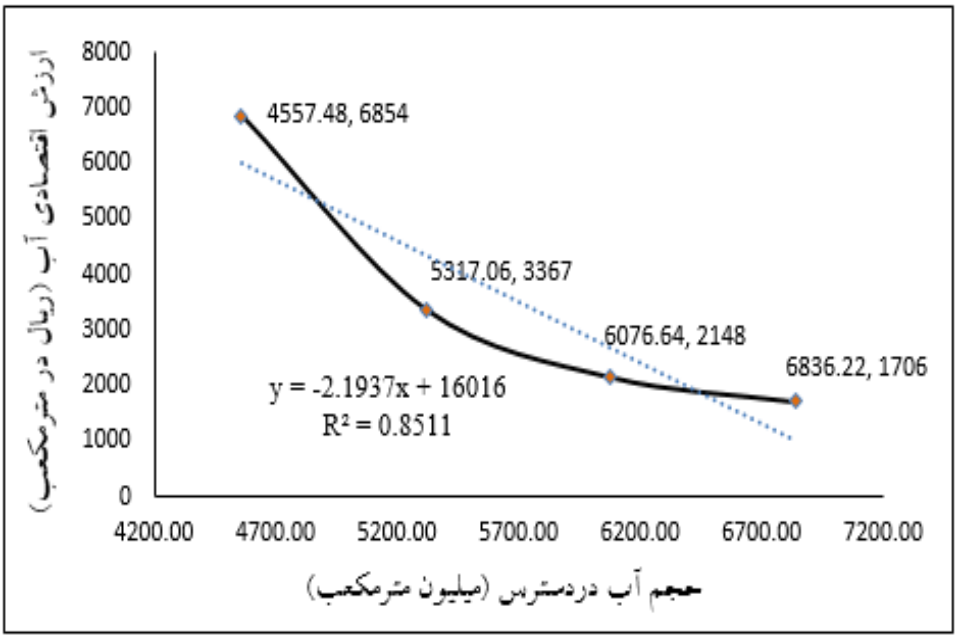
محصولات منتخب	الگوی کشت*	میزان تغییرات	سناریوهای کاربردی سیاست کاهش عرضه منابع آب			
			۱۰ درصد	۲۰ درصد	۳۰ درصد	۴۰ درصد
گندم آبی	۱۶۵۴۰	مقدار	۱۶۸۱۷	۱۷۰۹۴	۱۷۷۲۵	۱۹۲۹۷
		درصد	۱/۶۶	۳/۳۴	۷/۱۵	۱۶/۶
جو آبی	۸۸۰۵	مقدار	۹۰۷۱	۹۳۳۸	۹۹۲۴	۱۱۲۳۲
		درصد	۳/۰۸	۶/۱۱	۱۲/۸	۲۷/۶
ذرت دانه‌ای	۵۴۰۰	مقدار	۵۳۴۸	۵۲۹۶	۵۱۲۷	۴۶۷۳
		درصد	-۰/۹۷	-۱/۹۳	-۵/۰۵	-۱۳/۴
سیب‌زمینی	۶۸۹۱	مقدار	۶۸۹۸	۶۹۰۶	۶۹۲۷	۶۹۹۱
		درصد	۰/۱۰	۰/۲۱	۰/۵۲	۱/۴۵
هندوانه	۵۹۰۸	مقدار	۵۹۰۷	۵۹۰۵	۵۹۰۳	۵۹۰۰
		درصد	-۰/۰۲	-۰/۰۴	-۰/۰۸	-۰/۱۴
یونجه	۵۷۹۶	مقدار	۵۶۷۶	۵۵۵۶	۵۱۷۷	۴۱۲۹
		درصد	-۲/۰۷	-۴/۱۳	-۱۰/۷	-۲۸/۷
ذرت علوفه‌ای	۴۵۵۱	مقدار	۴۴۴۹	۴۳۴۷	۴۰۲۶	۳۱۳۳
		درصد	-۲/۲۴	-۴/۴۸	-۱۱/۵	-۳۱/۳
پیاز	۳۸۹۳	مقدار	۳۸۳۱	۳۷۷۰	۳۵۷۷	۳۰۳۴
		درصد	-۱/۵۸	-۳/۱۶	-۸/۱۲	-۲۲/۱
پنبه	۲۵۷	مقدار	۱۵۸	۵۹	۲۲	۰
		درصد	-۳۸/۴	-۷۶/۹	-۹۱/۴	-۱۰۰
سبزیجات	۳۸۵	مقدار	۲۶۷	۱۴۹	۱۳	۰
		درصد	-۳۰/۵	-۶۱/۱	-۹۶/۶	-۱۰۰
مجموع سود**	۲۳۷۳۵/۲۳	مقدار	۲۳۵۱۶/۴۵	۲۳۲۹۲/۱۶	۲۰۳۸۷/۲۵	۲۲۹۱۳/۵۴
		درصد	-۰/۹۲	-۱/۸۷	-۲/۷۳	-۳/۴۶

* و **: به ترتیب بر حسب هکتار و میلیون ریال

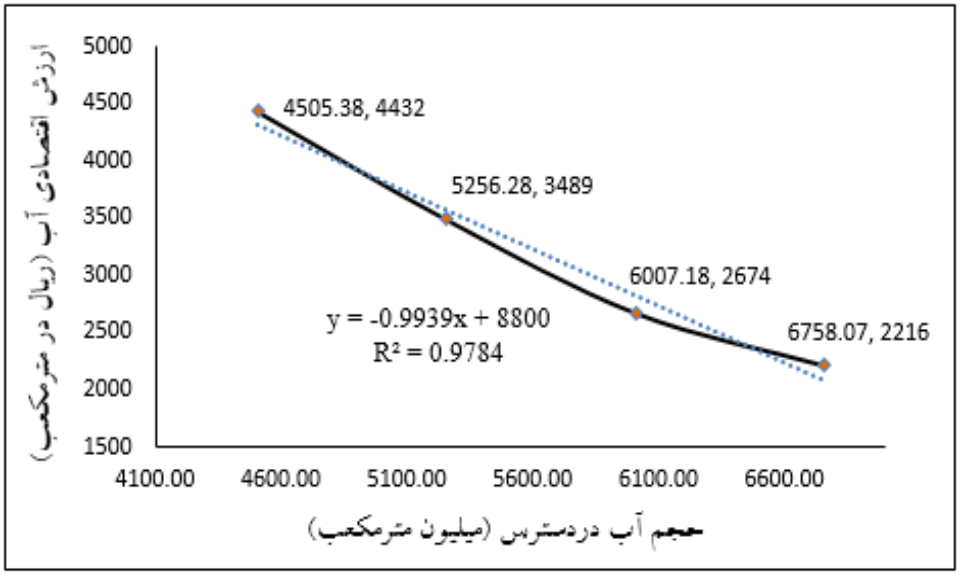
با توجه به جدول ۴، ملاحظه می‌شود که با محدود شدن میزان آب دردسترس کشاورزان جنوب استان کرمان (منطقه C) الگوهای کشت با شدت بیشتری نسبت به الگوهای شبیه‌سازی شده در مناطق A و B به سمت کاهش محصولات پرآب و توسعه سطح زیرکشت محصولات غله‌ای کم‌آب متمایل می‌گردند. تحت سناریوهای ۱۰ تا ۴۰ درصد کاهش عرضه آب، کشاورزان این منطقه از سطح زیرکشت 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. افزون بر این، تحت شرایط اعمال برنامه‌های سیاستی پلمپ چاه‌های غیرمجاز بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی و احداث بندها، سازه‌های انحرافی و سدهای ذخیره‌سازی که در نهایت منجر به کاهش عرضه منابع آب در منطقه C می‌شوند، سطح زیرکشت ذرت علوفه‌ای از ۴۵۵۱ به ۳۱۳۳ هکتار می‌رسد. سطح زیرکشت پیاز نیز تحت این شرایط از ۳۸۹۳ هکتار در سال مبنا 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 دارد که علت این میزان کاهش، نیاز آبی بالای آن‌ها و کمبود منابع آب دردسترس کشاورزان تحت شرایط اعمال سناریوهای فوق (بیش از ۲۰ درصد) می‌باشد. این امر زارعین منطقه C 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 بکاهند. آن‌چه که تا حد زیادی در الگوهای بهینه‌ی زراعی منطقه C همانند مناطق A و B مشهود می‌باشد، 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 کاربردی ۳۰ و ۴۰ درصد منجر به حذف پنبه و سبزیجات از الگوهای بهینه کشت در منطقه C می‌شود. بدین معنی که کشاورزان مناطق جنوبی استان کرمان با مواجهه شدن در شرایط اعمال برنامه‌های سیاستی طرف عرضه منابع آب، بلافاصله عکس‌العمل نشان داده و رفتار احتمالی آن‌ها به سمت کاهش بخش عظیمی از سطح زیرکشت محصولات آب‌بر و پرهزینه پنبه و سبزیجات (در سطح سناریوهای کاربردی پایین‌تر) و کنار گذاشتن این محصولات از الگو با جایگزینی

محصولات غله‌ای گندم و جو آبی (در سطح سناریوهای کاربردی بالاتر) پیش می‌رود. کاهش ۳۸/۴ درصد سطح زیرکشت محصول پنبه و ۳۰/۵ درصدی محصول سبزیجات در همان ابتدای اجرای برنامه سیاستی طرف عرضه منابع آب (یعنی در سطح سناریوی ۱۰ درصد) گویای این رفتار احتمالی پیش‌بینی شده برای کشاورزان منطقه C است که حساسیت بالای کشاورزان را نسبت به محصولات نامبرده در شرایط بحرانی شدن منابع آب موجود در منطقه نشان می‌دهد. نتیجه جالب و شایان توجه پس از کالیبراسیون سیستم مدل‌سازی اقتصادی ارائه شده در شرایط سیاست‌گذاری طرف عرضه منابع آب، حفظ و تداوم کشت محصول سیب‌زمینی توسط کشاورزان در الگوهای بهینه زراعی منطقه C (جنوب استان کرمان) است. این در حالی است که در هر دو منطقه A و B کشاورزان تمایلی برای حفظ و توسعه سطح زیرکشت این محصول (سیب‌زمینی) در الگوهای بهینه کشت ندارند. بخش دیگری از یافته‌ها حاکی از آن است که مجموع بازده ناخالص زارعین منطقه C 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 تنزیل می‌یابد که علت این میزان تغییرات کاهشی در مجموع بازده ناخالص حاصل از الگوهای بهینه زراعی تغییرات شدید سطح زیرکشت محصولات پنبه و سبزیجات و عدم تمایل کشاورزان این منطقه برای توسعه سطح زیرکشت محصولاتی مانند ذرت دانه‌ای، هندوانه، یونجه و ذرت علوفه‌ای در الگوی زراعی است.

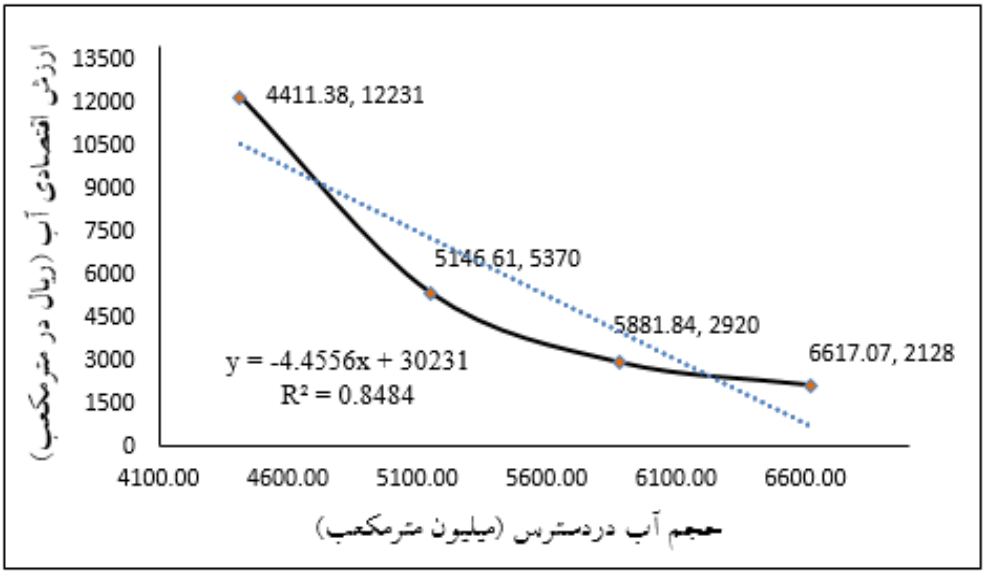
نتایج حاصل از کالیبراسیون سیستم مدل‌سازی ارائه شده در این تحقیق نشان می‌دهد که اعمال سیاست‌های طرف عرضه منابع آب افزون بر الگوی کشت و بازده ناخالص کشاورزان، ارزش اقتصادی آب و میزان تقاضای کشاورزان کرمانی برای این نهاده را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. از این رو، با توجه به روند تغییرات ارزش اقتصادی آب و میزان مصارف آبی کشاورزان تحت شرایط سیاست‌گذاری طرف عرضه، توابع تقاضای آب کشاورزی در هر منطقه از استان کرمان (مناطق C, B, A) استخراج شد و کشش قیمتی تقاضای آب به صورت تجمیعی برآورد شد. ارزش اقتصادی هر مترمکعب نهاده آب تحت شرایط اعمال سناریوهای ۱۰ تا ۴۰ درصد، در منطقه A از ۱۷۰۶ به ۶۸۵۴ ریال، در منطقه B از ۲۲۱۶ به ۴۴۳۲ ریال و در منطقه C از ۲۱۲۸ به ۱۲۲۳۱ ریال افزایش یافت که این امر باارزش‌تر بودن هر مترمکعب نهاده آب کشاورزی را جهت تولید محصولات زراعی در منطقه C از استان کرمان در مقایسه با دیگر مناطق (A و B) این استان بازگو می‌کند. شکل‌های ۲، ۳ و ۴ توابع تقاضای آب برآورد شده برای کشاورزان مناطق مختلف استان کرمان را نشان می‌دهند:



شکل ۲. تابع تقاضای آب کشاورزان منطقه A تحت شرایط سیاست‌گذاری طرف عرضه



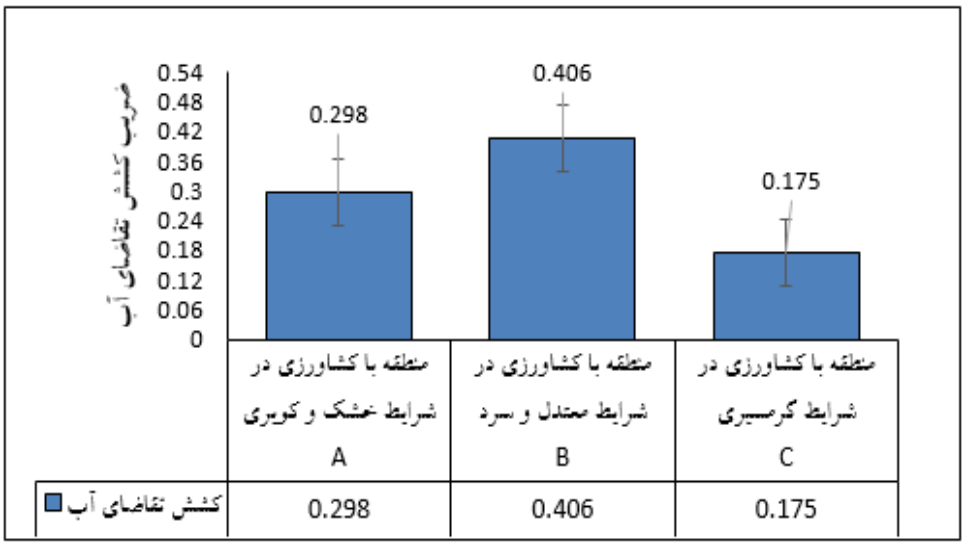
شکل ۳. تابع تقاضای آب کشاورزان منطقه B تحت شرایط سیاست‌گذاری طرف عرضه



شکل ٤. تابع تقاضای آب کشاورزان منطقه C تحت شرایط سیاست‌گذاری طرف عرضه

مطابق با شکل‌های ۲ تا ۴، با توجه به شیب تابع تقاضای برآورد شده برای نهاده آب کشاورزی در منطقه C نسبت به مناطق A و B، می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط تشدید کاهش میزان عرضه منابع آب، کشاورزان منطقه C ناگزیر به پرداخت ارزش یا مقدار بالاتری نسبت به کشاورزان مناطق دیگر (A و B) برای نهاده آب آبیاری جهت تخصیص بین فعالیت‌های زراعی خود در سطح اراضی فاریاب می‌باشند.

شکل ۵ ضریب کشش تجمیعی برآورد شده برای تقاضای آب کشاورزی در مناطق مذکور را نشان می‌دهد. این ضریب بیانگر مفهوم نسبت تغییرات مقدار تقاضای آب کشاورزی به تغییرات قیمت یا ارزش واقعی این نهاده است. مطابق با این شکل ملاحظه می‌شود که ضریب کشش تقاضای آب در منطقه B در بالاترین سطح ممکن برآورد شده است. با توجه به رابطه معکوس بین کشش و شیب توابع تقاضا، تابع تقاضای نهاده آب برای کشاورزان منطقه C در جنوب استان کرمان دارای بیشترین میزان شیب (منحنی تقاضای U شکل‌تر با شیب تندتر یا بیشتر) و تابع تقاضای نهاده آب برای کشاورزان منطقه B دارای کمترین میزان شیب (منحنی تقاضای خطی شکل‌تر با شیب کندتر یا کمتر) است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش یک واحد در ارزش واقعی نهاده آب کشاورزی تحت یک شرایط پایاپای، میزان تقاضا یا مصرف آب آبیاری توسط کشاورزان در سطح اراضی منطقه A حدود ۰/۲۹۸، منطقه B حدود ۰/۴۰۶ و در منطقه C حدود ۰/۱۷۵ واحد کاهش می‌یابد.



شکل ۵. مقایسه وضعیت کشش قیمتی تقاضای آب کشاورزی در استان کرمان

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، ابتدا یک الگوی برنامه‌ریزی اقتصادی مناسب برای مدیریت منابع آب کشاورزی در استان کرمان ارائه گردید و در ادامه آثار بالقوه اعمال برنامه‌های سیاستی طرف عرضه منابع آب بر زیربخش کشاورزی ارزیابی شد. برای این منظور، از کالیبراسیون سه مرحله‌ای مدل اقتصادی جامع مبتنی بر روش برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP) و رویکرد ماکزیمم بی‌نظمی (ME) استفاده شد. داده‌ها و اطلاعات موردنیاز برای این منظور، مربوط به سال ۱۳۹۷-۱۳۹۶ هستند که به‌صورت اسنادی و با رویکرد مطالعات منطقه‌ای (برای مناطق A، B و C در طرح جامع الگوی کشت استانی) از طریق سازمان‌های بخش کشاورزی و مدیریت منابع آب استان کرمان گردآوری شدند. پس از واسنجی سیستم مدل‌سازی ارائه شده، سیاست‌گذاری در طرف عرضه منابع آب با اجرای سناریوهای کاربردی در سطوح مختلف صورت گرفت. نتایج نشان داد که کشاورزان کرمانی تنها بخشی (حدود یک سوم) از ارزش واقعی نهاده آب کشاورزی را در قالب هزینه‌هایی چون استحصال و انتقال می‌پردازند و نهاده آب در استان کرمان یک نهاده نسبتاً رایگان تلقی می‌شود. این امر می‌تواند عدم تخصیص بهینه آب و مصارف بی‌رویه این نهاده را توسط کشاورزان در سطح اراضی زراعی (به ویژه در منطقه A از استان کرمان) در پی داشته باشد. میزان تغییرات مجموع بازده ناخالص حاصل از الگوی کشت در منطقه A از استان کرمان در مقایسه با دیگر مناطق (B و C) این استان کمتر یا پایین‌تر بود، لذا می‌توان نتیجه گرفت که الگوی فعلی کشت در منطقه A نسبت به الگوهای فعلی مناطق B و C بهینه‌تر می‌باشد و در شرایط اعمال سیاست‌های طرف عرضه منابع آب، تغییرات کمتری را تجربه می‌کند. این در حالی است که الگوهای کشت پیشنهادی توسط مدل تجربی برای منطقه B به دلیل غیربهینه بودن نسبت به سال مبنای خود، بیشترین میزان تغییرات بازده ناخالص را برای کشاورزان کرمانی به دنبال دارند. بخش دیگر از نتایج گویای آن بود که بیشترین تغییرات ارزش اقتصادی نهاده آب مربوط به منطقه C در جنوب استان کرمان (با کشاورزی در شرایط گرمسیری) است. لذا کشاورزان این منطقه با اجرایی شدن برنامه‌های سیاستی طرف عرضه و تشدید کاهش عرضه منابع آب، ناگزیر به پرداخت ارزش یا مبلغ بالاتری نسبت به کشاورزان مناطق A و B هستند. بخش پایانی نتایج به دست آمده در این تحقیق نیز نشان داد که ضریب کشش قیمتی تقاضای آب بیشترین میزان ممکن را در منطقه B (با کشاورزی در شرایط معتدل و سرد) به خود اختصاص داده است. بدین مفهوم که با افزایش اندکی در ارزش واقعی نهاده آب کشاورزی در منطقه B، میزان تقاضا یا مصارف این نهاده در واحد سطح توسط کشاورزان کاهش چشم‌گیرتری را به دنبال خواهد داشت. در پایان، جهت مدیریت بهینه منابع آب موجود و تداوم فعالیت‌های زراعی در شرایط رویارویی کشاورزان کرمانی با سیاست‌گذاری‌های طرف عرضه، به‌کارگیری این سیاست‌ها با برنامه‌های تعدیلی در طرف تقاضای آب (قیمت گذاری‌های 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 آب و هوایی 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. افزون بر این، یافته-های تحقیق حاضر حاکی از آن بود که ارزش اقتصادی یا هزینه نهاده آب کشاورزی در شرایط تحقق سیاست‌گذاری‌های طرف عرضه منابع آب در منطقه جنوب استان کرمان (منطقه C با کشاورزی در شرایط گرمسیری) بیش از دیگر مناطق این استان است، لذا در شرایط تدوین سیاست‌گذاری‌های قیمتی به این تفاوت بایستی توجه شود. از سوی دیگر، با توجه به هزینه‌های بالای نهاده آب در این منطقه تحت شرایط سیاست‌گذاری حرکت به سمت دیگر بخش های درآمدی (غیرکشاورزی) برای کشاورزان این منطقه قابل پیشنهاد است.

ملاحظات اخلاقی

در مطالعه حاضر فرم‌های رضایت‌نامه آگاهانه توسط تمامی آزمودنی‌ها تکمیل شد.

حامی مالی

هزینه‌های مطالعه حاضر توسط نویسندگان مقاله تأمین شد.

مشارکت نویسندگان

طراحی و ایده‌پردازی: حسین تقی‌زاده رنجبری، محسن شوکت فدایی، ابوالفضل محمودی؛ روش شناسی و تحلیل داده‌ها: غلامرضا یاوری، فاطمه علیجانی، ابوالفضل محمودی؛ نظارت و نگارش نهایی: حسین تقی‌زاده رنجبری.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

References

1. Amini Faskhoodi A, Hadinejad A. Optimizing the pattern of exploitation and allocation of agricultural water resources using nonlinear programming models. Second National Conference on the Effects of Drought and Its Management Strategies. 2009; May 20 and 31, Isfahan, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research Center. (In Persian)
2. Boghraee H, Mahjoori Majd N. Develop a model based on local markets and the hierarchical structure of farmers to allocate and price water. Iranian Journal of Water Resources Research. 2019; 15 (1): 80-90. (In Persian)
3. Kerman Regional Water Company. Kerman Water Statistics, Statistics and Information Technology Office. 2018. (In Persian)
4. Riahi Zamin R, Torkamani J, Shajari Sh. investigating the side effects of groundwater overdraft on the supply of agricultural products: A case study of wheat in Marvdasht city. Journal of Agricultural Economics Research. 2019; 41: 276-263. (In Persian)
5. Zhou Q, Wu F, Zhang Q. Is irrigation water price an effective leverage for water management? An empirical study in the middle reaches of the Heihe River basin. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. 2015; 89-90: 25-32.
6. Shi M, Wang X, Yang H. Wang T. Pricing or quota? A Solution to Water Scarcity in Oasis Regions in China: ACase ofHeihe River Basin. Journal Sustainability. 2014; 6: 7601-7620.
7. Howitt R.E, Medellin-Azuara J, MacEwan D, Lund R. Calibrating disaggregate economic models of agricultural production and water management. Science of the Environmental Modeling and Software. 2012; 38: 244-258.
8. Franco-Crespo C.A, Sumpsi Vinas J.M. The impact of pricing policies on irrigation water for agro-food farms in Ecuador. Journal Sustainability. 2017; 6: 1-18.
9. Ghaderzade H. Karimi M. The effect of irrigation water quota policy on groundwater consumption in Qara Dehgolan plain. Journal of Agricultural Economics. 2018; 12(4): 73-98. (In Persian)
10. Hasanvand M, Jolaee R, Keramatzade A, Ashrafi F. Application of PMP model in order to analyze the effects of policy, price change and amount of agricultural water on the cultivation pattern of agricultural products (selected products) in Neka city. Journal of Agricultural Economics. 2018; 12(3): 73-95. (In Persian)
11. Asadi M, Najafi Alamdarlo H. Economic evaluation of the optimal cultivation pattern (cropping pattern) in order to reduce the use of groundwater resources in Dehgolan plain. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research. 2019; 50(1): 43-29. (In Persian).
12. Agricultural Jihad Organization of Kerman Province. Department of Plant Improvement and Production, Agricultural Statistics of Kerman Province. 2018.
13. Justin D.D, Dominic P.P, Paul J.B. An agro-economic approach to framing perennial farm-scale water resources demand management for water rights markets. Agricultural Water Management. 2018; 3(1): 68-81.
14. Medellin-Azuara J, Harou j, Howitt R.E. Estimating economic value of agricultural water under changing conditions and the effects of spatial aggregation. Science of the Total Environment. 2010; 408: 5639-5648.
15. Parhizkari A, Taghizade Ranjbari H, Shokat Fadaee M, Mahmoodi A. Assessing the economic losses of the transfer between water basins on the cultivation pattern and the income status of farmers in the basin (Case study: water

transfer from Alamutrood tributaries to Qazvin plain). Journal of Agricultural Economics and Development. 2015; 29(3): 319-333. (In Persian)
16. Graveline N. Economic calibrated models for water allocation in agricultural production: A review. Environmental Modelling and Software. 2016; 81(1): 12-25.
17. Petsakos A, Rozakis S. Calibration of agricultural risk programming models (PMP model approach). European Journal of Operational Research. 2015; 242(1): 536-545.
18. Cortignani R, Severini S. Modeling farm-level adoption of deficit irrigation using Positive Mathematical Programming, Agricultural Water Management. 2009; 96 (1): 1785-1791.