DOI: 10.22059/IJAEDR.2019.287458.668800

مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران

دوره ۲-۵۲، شماره ۳، ۱۴۰۰ (۴۵۵-۴۴۱)

An Analysis of the Effects of the Policies of Water Demand Management in Marvdasht: An Application of the Positive Mathematical Programming (PMP)

HAMID REZA BASHIRI[1], SEYED NEMATOLLAH MOUSAVI[2]*, BAHAEDDIN NAJAFI[3]

1, Ph.D. Student of Agricultural Economics at University of Marvdasht, Marvdasht, Iran

2, Associate Professor of Agricultural Economics at University of Marvdasht, Marvdasht, Iran

3, Professor of Agricultural Economics at University of Marvdasht , Marvdasht, Iran

(Received: Sep. 4, 2019- Accepted: Dec. 30, 2019)

ABSTRACT

Water scarcity is a major deterrent to agricultural development. Adopting appropriate policies to sustain this resource has become an important strategic issue in the country. One of the policies implemented in the agricultural sector for sustainable water resources is the policy of changing the pattern of cropping and reducing the level of water crop cultivation based on the pattern and increasing irrigation efficiency. Accordingly, the aim of this study was to determine the effectiveness of gradual reduction of rice cultivation area along with increasing irrigation efficiency on economic and environmental indices in Marvdasht County. For this purpose, a Positive Mathematical Planning Model (PMP) and calibrated based on crop area data for the year 2017-2018 used. The method used for data collection was based on survey, documentary studies and the use of expert opinions and experiences. The results of this study showed that the application of water demand management policies in the context of different scenarios of reducing rice crop area, in spite of the decrease in the economic benefits of the agricultural sector, improves the economic efficiency index of water resources and decreases the water demand. Therefore, in order to stabilize surface and ground water resources in Marvdasht city, it recommend to change the optimum cropping pattern, in order to reduce the cultivation level of water crops and provide farmers with facilities to equip their farms with new irrigation systems.

Keywords: Water Management, PMP, Crop Pattern, Irrigation Efficiency, Marvdasht.

Introduction

As water plays a key role in agriculture, any change in the rate of access to water has direct impacts in this field. The simulation of the results shows that irrigational water demand will increase in the 21st century all over the world whereas the world is faced with climate change and the rise in population. The high consumption of water in the agricultural sector in Iran (over 90% of fresh water) and the poor efficiency of irrigation are clear indications that there is need for improvement in this section. Great water loss in fields, inappropriate use of irrigational systems, leakage in water channels, disproportional size of fields and the amount of water consumption and methods of proper irrigation, improper evaluating water resources and consumption models, too dense cereal and fruit trees fields, disregard to the amount of water and the choice of proper product to be grown are factors that have posed problems to the management of water in agriculture. Therefore, this paper makes an attempt to study two policies in sustainable management of water resources: scrapping the growing rice as a product that demands high water consumption from agricultural models and an increase of the efficiency of irrigation in Marvdasht. To these aims, positive mathematical programming has been used.

Material and Method

Howit (1995) introduced PMP in 1995 for the first time, a program that made possible an assessment of programming models according to base year. The general idea in PMP is the

* نویسنده مسئول: نعمت اله موسوی

E-mail:

application of present data in dual variables which restricts linear programming to the present activity levels. dual variables are used for the reinsertion of non-linear goal function that reconstruct the level of observed activities by means of an optimized response to the question of new programming what is without calibration restriction. The present paper uses PMP model to study the effects of the elimination of growing high-water consumption products and the increase in the efficiency of irrigation in Marvdasht. This model circumvents the common flaws in mathematical programming models because it first simulates farmers' behavior and then applies the methods and thus in comparison with other models can bring about more reliable results.

Results

The results of the application of the present model show that the developed model is credible enough to analyze different agricultural policies. The results also show by reducing growing rice in the experiment region growing lentil, beet, tomato, onion, and sorghum s increased. In other words, upon the prohibition of growing high-water consuming rice, farmers will turn to other productive produce like watermelons and melon.

The results of the application of this model with changes in growing methods, has resulted in a decrease in the consumption of water compared to base year and thus helps sustain water resources in the region. However, owing to the limitation of water resources, considering other methods to preserve water resources and at the same time making farmers profit is essential. To this aim, the results of the program will be compared to the base year. In fact, resultant negative values in the program changes show that although elimination of growing rice from the agricultural models in Marvdasht leads to the increase in the efficiency of irrigation and saves water resources in this region, the changes brought about in growing produces models reveal a reduction compared to the base year.

تحلیلی بر آثار سیاست‌های مدیریت تقاضای آب در شهرستان مرودشت

حمیدرضا بشیری[۱]، سیدنعمت اله موسوی[۲]*، بهاالدین نجفی[۳]
۱، دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه آزاد مرودشت، مرودشت، ایران
۲، دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه آزاد مرودشت، مرودشت، ایران
۳، استاد گروه اقتصاد کشاورزی، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران
(تاریخ دریافت: ۹۸/۶/۱۳- تاریخ تصویب: ۹۸/۱۰/۹)

چکیده

امروزه کمبود آب به‌عنوان عامل مهم بازدارنده توسعه کشاورزی می‌باشد. اتخاذ سیاست-های مناسب برای پایداری این منبع به یک موضوع مهم و استراتژیک در کشور تبدیل شده است. از جمله سیاست‌های قابل اجرا در بخش کشاورزی جهت پایداری منابع آب، سیاست تغییر الگوی کشت و کاهش سطح زیر کشت محصولات آب بر از الگو و افزایش راندمان آبیاری می‌باشد. بر این اساس، هدف این مطالعه تعیین میزان اثربخشی کاهش تدریجی سطح زیر کشت برنج به‌همراه افزایش راندمان آبیاری بر شاخص‌های اقتصادی و زیست‌محیطی شامل میزان مصرف آب، بهره‌وری آب و بازده برنامه‌ای در هر هکتار در شهرستان مرودشت بود. برای این منظور، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) مورد استفاده قرار گرفت و نسبت به داده‌های مربوط به سطح کشت محصولات در سال پایه ۱۳۹۶-۱۳۹۷ کالیبره گردید. روش درنظر گرفته شده برای جمع‌آوری داده‌های این مطالعه مبتنی بر مطالعات پیمایشی، اسنادی و استفاده از نظرات و تجربیات کارشناسی بوده است. نتایج مطالعه نشان داد اعمال سیاست مدیریت تقاضای آب در چارچوب سناریوهای مختلف کاهش سطح زیر کشت محصول برنج، علی‌رغم کاهش در منافع اقتصادی بخش کشاورزی منطقه باعث بهبود شاخص بهره‌وری اقتصادی منابع آب و کاهش تقاضای آب به میزان ۲۶ درصد می‌شود. بنابراین، جهت پایداری منابع آب سطحی و زیرزمینی در شهرستان مرودشت، تغییر الگوی بهینه کشت در جهت کاهش سطح زیرکشت محصولات آب‌بر و اعطای تسهیلات به کشاورزان برای تجهیز مزارع به سیستم‌های نوین آبیاری توصیه می‌شود. با توجه به کاهش بازده برنامه‌ای در نتیجه اعمال این سیاست، حمایت از کشاورزان می‌تواند در موفقبت اجرای این سیاست موثر واقع شود.

واژه‌های کلیدی: **مدیریت منابع آب، برنامه ریزی ریاضی مثبت، الگوی کشت، راندمان آبیاری، مرودشت.**

مقدمه

رشد جمعیت در سراسر جهان، افزایش تقاضا برای موادغذایی و نگرانی‌ها در خصوص امنیت‌غذایی، تغییرات آب و هوا و افزایش ارزش آب در داخل و خارج کشاورزی، چالش‌هایی را در کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته به‌وجود آورده است. این مشکلات رشد اقتصادی پایدار و رفاه کشاورزان به‌عنوان کسانی که بیشترین آسیب را از محدودیت آب می‌بینند، به‌خطر انداخته است. در چنین شرایطی انتظار می‌رود تغییر در روند جمعیتی و تغییرات اقلیم چالش‌های پیش‌روی

منابع آبی را تشدید کنند. تغییرات اقلیم از طریق تغییر در الگوی بارش، دما و حوادث آب و هوایی شدید (سیل و خشکسالی) تهدیدی برای بخش کشاورزی به‌شمار می‌روند (Baron et al., 2002; Kotir et al., 2016).

بر اساس پیش‌بینی‌های منتشرشده توسط موسسه منابع آب، نیمی از کشورهای منطقه خاورمیانه تا سال ۲۰۴۰ میلادی، تنش‌های آبی بسیار شدیدی را تجربه خواهند کرد (FAO, 2016). ایران هم چالش‌های زیادی را در بخش آب تجربه کرده، به شکلی که در حال حاضر حل معضل کمبود آب تبدیل به یک اولویت ملی شده است. بررسی آمار و ارقام نشان می‌دهد میانگین بارش در ایران از ۳۲۵ میلی‌متر در سال ۴۸-۱۳۴۷ به ۲۳۸/۴ میلی‌متر در سال ۹۵-۹۴ رسیده است و میزان رواناب از ۱۸۲ میلیارد مترمکعب در سال ۴۸-۱۳۴۷ به ۵۹ میلیارد مترمکعب کاهش‌یافته است. ماکزیمم رواناب در کل این دوره معادل ۱۸۲ میلیارد مترمکعب در سال ۴۸-۱۳۴۷ رخ داده است ولی متوسط رواناب ۵ ساله اخیر به ۴۸ میلیارد مترمکعب کاهش‌یافته است. این کاهش منابع در تغییرات میزان سرانه منابع آبی به خوبی قابل لمس است. برای نمونه سرانه آب تجدیدپذیر سالانه کشور از حدود ۱۳ هزار مترمکعب در سال ۱۳۰۰ به حدود ۱۹۰۰ مترمکعب در سال ۱۳۸۵ (Babran and Honarbakhsh, 2008) و ۱۳۰۰ مترمکعب در سال ۱۳۹۱ تقلیل یافته و در سال‌های اخیر سرانه منابع آبی به حدود ۱۰۰۰ مترمکعب رسیده است که تقریباً یک‌پنجم مقدار اولیه آن در دوره موردبررسی است.

با توجه به نقش که مهمی که نهاده آب در تولید محصولات کشاورزی بازی می‌کند، تغییر در میزان دسترسی به آب اثرات مستقیم بر بخش کشاورزی خواهد داشت. شبیه‌سازی نتایج نشان می‌دهد که تقاضای آب آبیاری در سطح جهان در طول قرن ۲۱ افزایش می‌یابد و این در حالی‌است که جهان با تغییر اقلیم و رشد جمعیت مواجه است (Doll, 2002; Fisher et al., 2006; Arnell et al., 2011). در ایران نیز مصرف بالای آب در بخش کشاورزی (بیش از ۹۰٪ آب‌های شیرین) و راندمان پایین آبیاری به‌خوبی نشان‌دهنده نیاز به توسعه بیشتر این بخش در کشور است (Hosseinzad and Kazemiyeh, 2014). تلفات زیاد آب در مزارع کشاورزی، بهره‌برداری نامناسب از تأسیسات آبیاری موجود، نشت آب از کانال‌های انتقال آب، نامناسب بودن شکل و اندازه مزارع در ارتباط با مقدار آب و نحوه آبیاری، نبود آگاهی کشاورزان از اهمیت بهینه‌سازی و کارایی مصرف آب آبیاری، استفاده نکردن از روش‌های آبیاری مناسب، قیمت‌گذاری نامناسب منابع آب، نامناسب بودن الگو و تراکم کشت محصولات زراعی و باغی، توجه نکردن به میزان مصرف آن در انتخاب تولید محصولات کشاورزی از جمله عواملی است که مدیریت آب در بخش کشاورزی را با مشکل مواجه کرده است. ایران، همواره از ناکارآمدی شدید بخش کشاورزی که وابستگی شدید به آبیاری و مصرف عمده منابع آب محدود کشور دارد، رنج برده است (Tahamipour and Yazdani, 2016). با وجود این‌که تنها ۱۵ درصد از اراضی کشور تحت کشت می باشد، بخش کشاورزی بیش از ۹۲ درصد از مصارف آب را به خود اختصاص داده است. متوسط راندمان آبیاری در ایران کمتر از ۴۰ درصد بوده و تنها ۵ درصد از اراضی کشاورزی از سیستم‌های آبیاری تحت فشار بهره می‌برند (Madani, 2014). با توجه به الگوهای بارش، کشاورزی دیم از قدرت تولید قابل ملاحظه‌ای برخوردار نمی‌باشد. الگوی کشت موجود در ایران با شرایط و موجودیت منابع آب سازگار نبوده و عمدتاً براساس انتخاب سنتی محصولات، شیوه‌های منسوخ کشاورزی و قیمت‌های تضمینی خرید محصولات توسط دولت تعیین می‌شود.

بخش کشاورزی استان فارس نقش اساسی در تأمین تولید، اشتغال و امنیت‌غذایی کشور دارد به‌طوری‌که با سهمی برابر با ۸/۱ درصد، رتبه دوم را در ارزش افزوده بخش کشاورزی کشور داراست.

مناطقی از استان فارس از دیرباز کانون کاشت شلتوک و برداشت برنج به‌عنوان محصولی با نیاز به آب فراوان بوده است. به گزارش ایرنا، خشکسالی و تغییر شرایط آب و هوایی بر اراده کشاورزان فائق آمده و بسیاری از آنان که معیشت خویش را با کشت برنج تأمین می‌کردند را ناگزیر به صرف‌نظر از کاشت این محصول پرطرفدار در بازار کرده است. طی سال‌های

اخیر، سطح کشت برنج در استان فارس متأثر از خشکسالی و نبود آب، کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است و بخش قابل توجهی از مزارعی که نسبت به کاشت شلتوک اقدام کرده‌اند، نیز خشکیده‌اند. بنا بر آمارهای رسمی، کاشت برنج در سال‌های ۹۱ و ۹۲ در استان فارس در گستره‌ای به وسعت ۴۰ هزار هکتار از اراضی این استان بود اما در سال ۹۶ و متأثر از خشکسالی، این محصول تنها در حدود ۲۸ هزار هکتار از اراضی استان کاشته شد. این رقم در سال ۹۷ به حدود ۱۸ هزار هکتار کاهش یافته است و با تداوم شرایط خشکسالی، پیش-بینی می‌شود که در سال های آتی نیز سطح زیر کشت برنج در فارس کاهش یابد. بیشترین کشت برنج در استان فارس در مناطق کامفیرو شهرستان مرودشت، بیضا در شهرستان سپیدان، ممسنی و رستم، فیروزآباد و سیمکان شهرستان جهرم صورت می‌گیرد. کاشت برنج در مناطق غیر از شمال کشور با مشکل جدی سطح پایین بهره‌وری منابع آب روبرو است. محدودیت کاشت برنج در خارج از مناطق شمال کشور متأثر از بهره‌وری پایین آب، چند سالی است مورد توجه وزارت جهاد کشاورزی قرار گرفته و بر همین اساس، هیئت دولت، بحث ممنوعیت تدریجی کشت این محصول را در استان‌هایی غیر از گیلان و مازندران در دستور کار قرار داده است. در استان فارس نیز به موازات ممنوعیت کشت برنج، انجام کشت‌های جایگزینی که می‌تواند معیشت کشاورزان را تا حدودی تأمین کند و در الگوی کشت قرار گیرد در دستورکار سازمان جهاد کشاورزی استان قرار گرفته است. لذا، در این مطالعه تلاش شده است که دو سیاست مهم در زمینه مدیریت پایدار منابع آب یعنی حذف محصول برنج به‌عنوان یک محصول با نیاز آبی بالا از الگوی کشت و افزایش راندمان آبیاری در شهرستان مرودشت مورد ارزیابی قرار گیرد. در راستای دستیابی به اهداف مطالعه از مدل برنامه‌ریزی مثبت ریاضی استفاده شده است.

بررسی مطالعات گذشته نشان داد که مدل‌های مختلف برنامه‌ریزی ریاضی جهت تحلیل سیاست‌ها استفاده شده است. مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی نیز خود به سه دسته مدل‌های برنامه‌ریزی هنجاری[۱](NMP) یا مدل‌های بهینه‌سازی، مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی[۲](PMP) و مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی اقتصاد-سنجی[۳](EMP) تقسیم می‌شوند (Gallego-Ayala, 2011). اکثر مطالعات از مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی برای این منظور بهره‌برده‌اند (Sabohi saboni et al., 2006; Zamani, 2011; Nikouei and Zibaei, 2012; Parhizkar et al., 2015; Vaziri et al., 2016; Ghaderzadeh et al., 2016; Bagheri et al., 2017; Cortignani and Severini, 2009; Gallego-Ayala, 2012; Aidam, 2015; Aayog, 2016; Asadi and Najafi Alamdarlo, 2019).

Asadi and Najafi Alamdarlo (2019) در مطالعه-ای به بررسی اقتصادی الگوی کشت دشت دهگلان در راستای کاهش استفاده از منابع آب زیرزمینی با استفاده از برنامه ریزی اثباتی پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که اعمال سیاست کم‌آبیاری در مراحلی از رشد محصولات که حساسیت کمتری نسبت به تنش کم‌آبی دارند، باعث می‌شود که کشاورزان الگوی کشت محصولاتی را انتخاب نمایند که منافع اقتصادی بالایی در مقایسه با کشت سایر محصولات دارند.

Bagheri et al., (2017) اثر سیاست قیمت‌گذاری آب بر پایداری و حفظ آبخوان مهیار شمالی در حوضه زاینده رود را با استفاده از مدل برنامه‌ریزی مثبت به شکل پویا ارزیابی نمودند. نتایج مطالعه با شبیه‌سازی یک دوره ۲۰ ساله نشان داد که لحاظ نمودن سیاست قیمت‌گذاری منابع آب زیرزمینی با تغییر الگوی کشت در جهت محدودتر شدن درصد کشت محصولات با آبیاری غرقابی و گسترده‌تر شدن درصد کشت محصولات با آبیاری تحت فشار و در نتیجه تعدیل روند بهره‌برداری بی‌رویه از منابع کمیاب آب، متغیرهای هیدرولوژیکی اعم از بیلان آب زیرزمینی، ضخامت لایه اشباع آبخوان و سطح ایستایی آبخوان می‌تواند در سطح قابل ملاحظه‌ای بهبود یابند. با این حال، به دلیل تأثیر منفی افزایش قیمت آب بر منافع اقتصادی در بخش کشاورزی منطقه، ضروری است سیاست قیمت‌گذاری آب به گونه ای اعمال گردد که علاوه بر بهبود پایداری کشاورزی و

5- Normative Mathematical Programming(NMP)

- Positive Mathematical Programming (PMP)[۲]

- Econometric Mathematical Programming (EMP)[۳]

حفظ منابع حیاتی آب، منافع اقتصادی و اجتماعی بهره برداران نیز دچار نوسان زیادی نگردد. Ghaderzadeh et al., (2016) به بررسی پایداری منابع آب در بخش کشاورزی شهرستان دهگلان با استفاده از مدل برنامه ریزی کسری چندهدفه بر مبنای میزان آب مصرفی و الگوی بهینه کشت پرداختند. نتایج نشان داد سیاست افزایش قیمت محصولات استراتژیک روی درآمد کشاورزان تأثیر مثبت داشته و استفاده از آن همراه با سیاست استفاده از کل زمین تأثیر بیشتری در پایداری منابع آب دارد. Vaziri et al., (2016) اثر قیمت گذاری اقتصادی آب آبیاری بر الگوی کشت در دشت دهگلان را برای مدیریت تقاضای آب بررسی نمودند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که با اعمال سیاست قیمت آب و افزایش قیمت آن تا مرز ارزش اقتصادی آن، منجر به کاهش مصرف آب و سطح زیرکشت تمامی محصولات به‌ویژه کاهش سطح زیرکشت محصولاتی می شود که بازده ناخالص آنها بیشترین کاهش را در قبال این سیاست داشته‌اند.

Aayog, (2016) آثار سیاست حمایت قیمتی را بر سطح زیر کشت محصولات کشاورزی در کشور هند بررسی نموده است. نتایج حاصل از مطالعه فوق نشان می‌دهد که با اجرای سیاست حمایت قیمتی در هند به‌ویژه طی یک دهه اخیر سطح زیر کشت محصولات مشمول این سیاست از جمله برنج، ذرت و پنبه به‌طور قابل توجهی افزایش‌یافته است. Aidam, (2015) اثر سیاست قیمت‌گذاری آب بر تقاضای منابع آب را برای کشاورزان غنا مورد بررسی قرار داد. نتایج مطالعه نشان داد که سیاست قیمت‌گذاری آب تأثیر منفی بر تقاضای منابع آب در غنا دارد اما این زمانی اتفاق می‌افتد که قیمت آب به‌طور قابل توجهی افزایش یابد. با این‌حال، اگر قیمت آب بالا باشد، تأثیر منفی بر فعالیت‌های کشت، درآمد کشاورزان، اشتغال و تنوع محصول دارد. از این رو به منظور حداقل سازی و کاهش تلفات در بخش، پیشنهاد شد که اطلاع‌رسانی‌های لازم در زمینه کمبود آب به کشاورزان داده شود تا ضمن آگاهی یافتن از کمبود منابع آب نسبت به بکارگیری فن‌آوری‌های صرفه جویی در مصرف آب بهتر متقاعد شوند. Gallego-Ayala, (2012) به‌منظور تعیین قیمت آب آبیاری در اسپانیا از روش PMP و تجزیه‌وتحلیل سلسله مرتبی استفاده کرد. ایشان در مطالعه خود با استفاده از روش PMP اثر سیاست‌های مختلف قیمت‌گذاری آب را بر الگوی کشت و مصرف نهاده‌ها بررسی کردند و با استفاده از روش تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی قیمتی را که دربرگیرنده هر سه معیار اقتصادی، اجتماعی و زیست-محیطی مطالعه باشد را تعیین نمود. در پایان، قیمت به‌دست آمده در هر روش قیمت‌گذاری آب را به‌عنوان قیمت بهینه در آن روش معرفی کرد. Cortignani and Severini, (2009) سیاست‌های بخش مدیریت منابع آب را برای منطقه‌ای در مدیترانه با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که اعمال سیاست‌های کاهش منابع آب دردسترس و افزایش قیمت آب آبیاری بر کاهش مقدار مصرف آب مؤثر است و مادامی که دسترسی به آب کاهش می‌یابد، تعدیل در روش‌های آبیاری میزان واکنش کشاورزان را نسبت به سیاست‌های جدید افزایش می‌دهد.

در مطالعات انجام شده اثر سیاست‌های مختلف بر تغییرات الگوی کشت، مصرف آب و سود ناخالص کشاورزان با استفاده از روش برنامه‌ریزی مثبت (مدل اقتصادی) مورد بررسی قرار گرفته است و به اثر گذاری سیاست‌های قیمتی بیشتر توجه شده است. در مطالعه حاضر سعی شد تا با توجه به اهمیت سیاست کاهش سطح زیرکشت محصولات آب‌بر نظیر برنج از الگوی کشت، اثربخشی این سیاست در کنار افزایش راندمان آبیاری ارزیابی شود. با توجه به اینکه حذف محصول برنج از الگوی کشت در مناطق جنوبی کشور که از نظر دسترسی به منابع آب در شرایط خوبی نیستند در دستور کار سازمان جهاد کشاورزی قرار دارد؛ لذا، بررسی اثر این سیاست بر الگوی کشت و تقاضای آب در بخش کشاورزی می‌تواند برای سیاست گذاران راهنمای خوبی باشد.

مواد و روش‌ها

هاویت[۱] اولین بار در سال ۱۹۹۵ برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) را که سنجش مدل‌های برنامه‌ریزی را نسبت به سال پایه امکان‌پذیر نموده، معرفی کرد (صبوحی و پرهیزکاری، ۱۳۹۲). ایده کلی مدل PMP استفاده از اطلاعات موجود در متغیرهای دوگان است که جواب مسأله برنامه‌ریزی خطی را به سطح فعالیت‌های موجود محدود می‌کند. مقادیر دوگان برای تصریح تابع هدف غیرخطی‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند که سطح فعالیت‌های مشاهده شده را از طریق جواب بهینه مسأله برنامه‌ریزی جدیدی که فاقد محدودیت واسنجی است، بازسازی می‌کند (Parhizkar et al., 2015). در مطالعه حاضر جهت ارزیابی اقتصادی-زیست‌محیطی اثرات سیاست حذف محصولات آب بر از الگوی کشت و افزایش راندمان آبیاری در شهرستان مرودشت از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) استفاده شده است. این الگو به این دلیل که ابتدا رفتار کشاورزان را شبیه-سازی و سپس، سیاست‌ها را اعمال می‌کند، فاقد نواقص رایج در الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی است و می‌تواند نتایج معتبر و مطمئن‌تری نسبت به سایر الگوها ارایه نماید. برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی رهیافتی برای کالیبره - نمودن الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی نسبت به سطوح مشاهده شده در طول یک دوره یا زمان خاص بر مبنای متغیرهای دوگان محدودیت‌های واسنجی است (Howitt, 1995; Paris and Howitt, 1998).

در این رهیافت، اطلاعات دوگان برای کالیبره نمودن یک تابع هدف غیرخطی مورد استفاده قرار گرفته، به نحوی که در نهایت سطوح فعالیت مشاهده شده در دوره زمانی پایه بدون محدودیت‌های کالیبراسیون را به دست دهد. در رهیافت حداکثر آنتروپی کلاسیک PMP که توسط Howitt (1995) ارایه شد، سه مرحله اصلی به‌منظور الگوسازی وجود دارد. در مرحله اول، ایجاد یک الگوی معمول برنامه‌ریزی ریاضی خطی که علاوه بر محدودیت‌های ساختاری، محدودیت‌های واسنجی را نیز دارا بوده، مدنظر قرار می‌گیرد. محدودیت‌های واسنجی برای مقیدسازی مقدار بهینه متغیرهای تصمیم برای ایجاد مشاهدات سال پایه به کار می‌رود. مقادیر دوگان به‌دست آمده در این مرحله در تخمین پارامترهای مندرج در تابع هدف مورد استفاده قرار می‌گیرد. با فرض وجود یک مساله بیشینه‌سازی سود ناخالص در سال پایه، الگوی مرحله اول PMP را می‌توان به‌صورت رابطه (۱) تا (۴) نشان داد:

$$Max\ Z = P'X - C'X \qquad (۱)$$

$$Subject\ to: \qquad (۲)$$

$$AX \le b \qquad [\lambda_1] \qquad (۳)$$

$$X \le X^R + \varepsilon \qquad [\lambda_2] \qquad (۴)$$

$$X \ge 0$$

در رابطه فوق، Z مقدار تابع هدف (سود ناخالص)، P بردار (N×1) از درآمد ناخالص رشته فعالیت‌های زراعی در واحد سطح، X بردار (N×1) سطح زیر کشت رشته فعالیت‌های زراعی، C بردار (N×1) هزینه حسابداری تولید هر هکتار از رشته فعالیت زراعی در واحد سطح، A ماتریس (M×N) ضرایب فنی، b بردار (M×1) مقدار منابع تولیدی موجود، X^R بردار (N×1) سطوح مشاهده شده رشته فعالیت‌های کشاورزی در دوره زمانی پایه و ε بردار (N×1) عدد مثبت بسیار کوچک است که برای جلوگیری از وابستگی خطی بین محدودیت‌های ساختاری و محدودیت‌های واسنجی در الگو لحاظ می-گردد. همچنین در الگوی فوق، λ_1 شامل مقادیر بردار (M×1) متغیرهای دوگان مربوط به محدودیت‌های منابع تولید و λ_2 نیز بردار (N×1) متغیرهای دوگان مربوط به محدودیت‌های واسنجی را نشان می‌دهد. به اعتقاد Howitt (1995) و Paris and Howitt (1998) بردار متغیرهای دوگان λ_2 برآیندی از خطای تصریح الگو، خطای جمع‌آوری داده‌ها، خطای تجمیع، رفتار ریسکی و انتظارات قیمتی می‌باشد. به‌منظور کالیبره نمودن الگو می‌توان هم از توابع هزینه غیرخطی و هم از توابع تولید غیرخطی در تابع هدف استفاده نمود. به نظر Howitt (1995) مقادیر دوگان محدودیت‌های کالیبراسیون در واقع هزینه‌های ضمنی نهایی اضافی بوده که به‌منظور تحقق شرایط برابری مقادیر نهایی برای تخصیص زمین

۱. Howitt

۲. Marginal -

محاسبه می‌شوند. استدلال نهفته در این مرحله آن است که چون محدودیت کالیبراسیون الزام‌آور خواهد بود؛ لذا، هزینه نهایی تولید بردار رشته فعالیت‌های X^R برابر با مجموع مقادیر دوگان λ_2 و هزینه‌های تولید (C) است. در حقیقت الگوی فوق هزینه نهایی اقتصادی را که متفاوت از هزینه حسابداری بوده و کشاورز آن را متحمل شده، تعیین می‌نماید (Paris and Howitt, 1998). این دیدگاه درباره هزینه نهایی مشابه مفهوم متغیرهای پنهان[1] و تخمین آن‌ها در اقتصادسنجی می‌باشد. از این‌رو، هدف اصلی الگوی فوق به‌دست آوردن یک اندازه از بردار هزینه نهایی تفاضلی λ_2 سازگار با تمام اطلاعات موجود است. مرحله دوم در رهیافت PMP استفاده از قیمت‌های سایه‌ای به‌دست آمده در مرحله اول، به‌منظور کالیبره نمودن پارامترهای یک تابع هدف غیرخطی است. اگر استفاده از تابع هزینه غیرخطی مبنای واسنجی قرار گرفته، تصریح یک تابع هزینه متغیر VC با فرم تابعی درجه دوم به صورت زیر مدنظر قرار می‌گیرد:

$$VC(X) = d'X + X'QX/2 \quad (۵)$$

که در آن d بردار (N×1) از ضرایب تابع هزینه درجه دوم و Q ماتریس (N×N) متقارن، مثبت و نیمه معین با عناصر نوعی q_{ii} برای رشته فعالیت‌های i و i' است. بردار هزینه نهایی متغیر MVC (X) مربوط به تابع هزینه درجه دوم برابر با مجموع بردار هزینه تولید حسابداری C و بردار هزینه نهایی تفاضلی λ_2 می‌باشد.

$$MVC(X) = \bar{V}Cv(X)X^{R\prime} = d + QX^R = C + \lambda_2 \quad (۶)$$

در رابطه فوق، $\bar{V}Cv(X)$ بردار گرادیان (1×N) از مشتقات مرتبه اول Cv (X) برای $X = X^R$ است.

تعداد ضرایب موجود (عناصر بردار d و ماتریس Q که باید برآورد شود برابر با [n + n(n + 1)/2] می‌باشد. درحالی‌که تعداد معادلات n بوده و سیستم کمتر از حد معین است. به‌منظور فایق آمدن بر کمتر از حد معین بودن سیستم، از روش حداکثر آنتروپی[2] (ME) به‌منظور برآورد ضرایب استفاده می‌شود.

سرانجام در مرحله سوم رهیافت PMP، تابع هدف غیرخطی کالیبره شده در مرحله دوم، در یک مساله برنامه‌ریزی غیرخطی شبیه به مرحله اول اما بدون محدودیت‌های کالیبراسیون مورداستفاده قرار می‌گیرد. این مدل غیرخطی کالیبره شده با انتخاب تابع هزینه غیرخطی فعالیت که در گام قبلی به‌دست آمده، سطوح فعالیت مشاهده شده و مقادیر دوگان اصلی محدودیت-های منابع محدود مقید را بازتولید می‌نماید. در نهایت، الگوی PMP به‌منظور شبیه‌سازی و اعمال سیاست می-تواند مورد استفاده قرار گیرد (Howitt, 1995).

در این مطالعه، تابع هدف شامل حداکثرسازی بازده ناخالص سالانه حاصل از فعالیت‌های کشاورزی غالب در منطقه مرودشت است. تابع هدف به کار رفته در این مطالعه به‌صورت رابطه (۷) ارایه شده است.

$$MAX: Z = \sum_{i=1}^{13}(P_i - C_i)X_i \quad (۷)$$

Subject to :

$$X_i \le X_i^0 + \varepsilon \quad for\ i = 1,2,\ldots,13 \quad (۸)$$

$$\sum_{i=1}^{13} X_i \le TX \quad (۹)$$

$$\sum_{i=1}^{13}\left(\frac{WA_i}{EF}\right)X_i \le TWA \quad (۱۰)$$

$$\sum_{i=1}^{13} SSP_i X_i \le TSSP \quad (۱۱)$$

$$\sum_{i=1}^{13} NHO_i X_i \le TNHO \quad (۱۲)$$

$$\sum_{i=1}^{13} HERBI_i X_i \le THERBI \quad (۱۳)$$

$$\sum_{i=1}^{13} L_i X_i \le TL \quad (۱۴)$$

$$X_i \ge 0 \quad (۱۵)$$

در الگوی فوق، i متغیر مربوط به محصولات مختلف قابل کشت و تولید در شهرستان مرودشت شامل گندم آبی، جو آبی، ذرت دانه‌ای، ذرت علوفه‌ای، عدس، چغندر، خیار، یونجه، لوبیا، گوجه‌فرنگی و پیاز و برنج می‌باشد. همچنین رابطه (۷) بیان‌گر تابع هدف (حداکثرسازی سود ناخالص کشاورزان) است و رابطه (۸) محدودیت واسنجی را نشان می‌دهد. رابطه (۹) نیز مربوط به محدودیت اراضی زراعی است و نشان می‌دهد که مجموع زمین مورد استفاده در الگوی پیشنهادی

---

[1] - Latent variables
[2] - Maximum Entropy

نباید از زمین در دسترس در نمونه مورد مطالعه بیشتر باشد. همچنین، X_0 در این محدودیت شامل بردار $(n\times1)$ غیرمنفی از سطوح مشاهده شده فعالیت‌های تولیدی و ε نیز شامل بردار $(n\times1)$ از اعداد مثبت کوچک است. رابطه (۱۰) تا (۱۴) به ترتیب محدودیت‌های مربوط به مصرف آب، مصرف کودهای شیمیایی (فسفاته، ازته)، انواع سموم (علف‌کش، حشره‌کش و قارچ‌کش) و نیروی کار هستند.

اطلاعات مورد نیاز این مطالعه اعم از هزینه‌ها، مصارف نهاده‌ها در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ از طریق مصاحبه حضوری و تکمیل پرسشنامه به روش نمونه‌گیری تصادفی ساده از کشاورزان منطقه و همچنین، سازمان جهاد کشاورزی گردآوری شده‌است. جهت تعیین نمونه‌گیری تصادفی ساده از رابطه (۱۶) استفاده شده‌است:

$$n=\frac{N\sigma^2}{(N-1)D+\sigma^2} \qquad (۱۶)$$

در معادله‌ی بالا n حجم نمونه، N حجم جامعه، σ^2 واریانس جامعه است اما چون قابل برآورد نمی‌باشد از واریانس نمونه (s^2) استفاده می‌شود. همچنین در این رابطه مقدار D برابر است با:

$$D=\frac{B^2}{4} \qquad (۱۷)$$

که در رابطه بالا B کران خطای برآورد می‌باشد. همچنین، جهت تحلیل و بررسی اطلاعات از نرم‌افزار GAMS 23.7 مورد استفاده قرار گرفته است.

نتایج و بحث

داده‌ها و اطلاعات مربوط به محصولات عمده زراعی شهرستان مرودشت در سال پایه ۹۷-۱۳۹۶ در جدول (۱) نشان داده شده است. بخشی از داده‌ها از طریق مراجعه مستقیم به ادارات زیربط در استان (سازمان جهادکشاورزی و شرکت آب منطقه‌ای استان) جمع‌آوری شد. داده‌های مربوط به نیاز آبی محصولات منتخب نیز با استفاده از نرم‌افزار NETWAT و گزارشات شرکت آب منطقه‌ای برای شهرستان مرودشت محاسبه شد.

جدول ۱. اطلاعات وضع موجود در منطقه

فعالیت	سطح زیر کشت (هکتار)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	نیاز آبی خالص (مترمکعب در هکتار)
گندم	۴۸۰۰۱/۹۴	۵۰۰۰	۴۵۸۰
جو	۱۱۱۴۵/۲۷	۲۹۲۳	۳۹۰۰
ذرت دانه‌ای	۶۴۵/۴	۸۴۰۰	۷۰۸۰
عدس	۲۶	۸۷۰	۵۰۶۰
چغندر قند	۳۸۲۹/۷	۶۳۳۷۷	۹۵۷۰
خیار	۳۸/۵	۲۰۵۷۰	۵۵۸۰
پیاز	۴۴۰/۳	۵۲۸۹۴	۸۶۱۰
گوجه فرنگی	۲۱۸۶/۸۵	۵۶۶۰۹	۷۰۸۰
یونجه	۲۸۱۵/۵۵	۱۲۸۳۶	۱۰۳۴۰
ذرت علوفه‌ای	۵۵۵۷/۲	۵۹۲۰۵	۴۱۴۰
لوبیا چیتی	۱۷۹/۵	۱۳۸۰	۷۰۳۰
برنج	۱۳۵۹۵/۷	۵۰۴۴/۲	۸۹۹۰

منبع: جهاد کشاورزی استان فارس

با توجه به جدول (۱)، ملاحظه می‌شود که محصولات گندم و برنج دارای بیشترین سطح زیر کشت در منطقه می‌باشند. با توجه به نیاز آبی محصولات، برنج با نیاز خالص آبی ۸۹۹۰ مترمکعب درهکتار به عنوان محصولی که بیشترین آب مصرفی را در منطقه دارد شناسایی شد. با توجه به راندمان پایین آبیاری در بخش کشاورزی به دلیل حجم بالای آب اختصاص یافته به مزارع، در جهت مدیریت پایدار منابع آب در منطقه در

این مطالعه سیاست حذف محصول برنج در طی چهار مرحله همراه با سیاست افزایش ده درصدی راندمان آبیاری مورد ارزیابی قرار گرفت. با[1] توجه به مصرف بالای آب در بخش کشاورزی اعمال سیاست‌های مدیریت مصرف آب در این بخش می‌تواند نقش موثری در جهت مقابله با بحران کم آبی ایفا نماید. در این خصوص، افزایش عملکرد در واحد سطح و افزایش بهره-وری در تولید و رعایت الگوی کشت مناسب با هر منطقه جزو برنامه‌های دولت در برنامه ششم توسعه می‌باشد. با توجه به کاهش بارندگی در چند سال اخیر و استفاده بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی توسط پمپاژهای شخصی مجاز و غیر مجاز، جلوگیری از کاشت محصولات با مصرف و نیاز آب بالا به‌ویژه برنج در دستور کار سازمان جهاد کشاورزی قرار گرفت. لذا، در این مطالعه کاهش سطح زیرکشت محصولات کشاورزی از طریق حذف محصول برنج به‌عنوان سیاست مدیریت تقاضای آب بخش کشاورزی مورد بررسی قرار گرفت. سناریوهای در نظر گرفته شده در این مطالعه در جدول (۲) آورده شده است.

۱ . متوسط راندمان آبیاری در این مطالعه بر اساس اطلاعات جمع آوری شده معادل ۴۰ درصد در نظر گرفته شد.

جدول ۲. سناریوهای مختلف

سناریو	توضیح سناریو
شرایط فعلی	سطح زیر کشت فعلی برنج در منطقه با راندمان آبیاری ۴۰ درصد
سناریو ۱	۴۰ درصد کاهش سطح زیر کشت برنج با افزایش ده درصدی راندمان آبیاری
سناریو۲	۶۰ درصد کاهش سطح زیر کشت برنج با افزایش ده درصدی راندمان آبیاری
سناریو ۳	۸۰ درصد کاهش سطح زیر کشت برنج با افزایش ده درصدی راندمان آبیاری
سناریو ۴	۱۰۰ درصد کاهش سطح زیر کشت برنج با افزایش ده درصدی راندمان آبیاری

نتایج اعمال همزمان دو سیاست کاهش سطح زیر کشت برنج همراه با افزایش ده درصدی راندمان آبیاری در پنج سطح در جدول (۳) ارایه شده است. در سناریو اول سطح زیر کشت محصولات گندم، جو، ذرت دانه‌ای، خیار و لوبیا افزایش می‌یابند. در این بین سطح زیرکشت محصولاتی همچون گوجه فرنگی و ذرت علوفه‌ای با کاهش همراه است. به طور جزئی تر محصول گندم از جمله محصولاتی است که افزایش سطح زیرکشت را تجربه نموده است. به‌طوری‌که پس از اعمال سیاست افزایش راندمان آبیاری به همراه کاهش ۲۰ درصدی سطح زیرکشت برنج، سطح زیرکشت این محصول با رشد ۲/۷۹ درصدی به ۴۹۳۴۲/۵ هکتار افزایش می‌یابد. بیشترین رشد سطح زیرکشت مربوط به محصول عدس است. به طوریکه سطح زیر کشت آن از ۲۶ هکتار به ۲۳۹/۳ هکتار افزایش می‌یابد. پس از آن بیشترین رشد سطح زیرکشت پس از اعمال سناریو اول مربوط به محصول چغندرقند است به‌طوری‌که پس از اعمال این سیاست سطح زیرکشت آن از ۳۸۲۹/۷ هکتار به ۴۶۰۶/۲ هکتار افزایش می‌یابد.

در بین محصولات منتخب مورد بررسی سطح زیرکشت گوجه فرنگی و ذرت علوفه‌ای پس از اعمال سناریو اول با کاهش به ترتیب ۱۰/۲۱ درصد و ۰/۵۸ درصد همراه است. کاهش سطح زیرکشت این دو محصول با حرکت به سمت سناریوهای آخر یعنی حذف محصول برنج از الگوی کشت بهمراه افزایش راندمان آبیاری، کاهش بیشتری پیدا کرده بطوری که سطح زیرکشت ذرت علوفه‌ای با کاهش ۲/۶۱ درصد روبرو خواهد شد و محصول گوجه فرنگی نیز از الگوی کشت خارج می‌شود.

در سناریو دوم با کاهش ۴۰ درصدی سطح زیرکشت برنج و افزایش راندمان آبیاری، محصولات جو، ذرت دانه‌ای، خیاز نیز به کنار گوجه فرنگی و ذرت علوفه‌ای با کاهش سطح زیرکشت همراه می‌باشند. به‌طور جزئی‌تر، این محصولات کاهش سطح زیرکشت به ترتیب ۰/۴۷۸ درصد، ذرت دانه‌ای، ۳/۸۱۱ درصد و خیار ۰/۷۶۹ درصد را تجربه می‌نمایند. همانطور که در جدول (۳) پیداست سطح زیرکشت این محصولات در این سناریو به ترتیب معادل ۱۱۰۹۱/۹ هکتار، ۶۲۰/۸ هکتار و ۳۸/۲

هکتار خواهد بود. همچنین محصولاتی نظیر گندم با سطح زیرکشت ۴۸۸۷۹ هکتار، چغندرقند با ۶۹۷۳ هکتار، یونجه با ۲۸۷۲ هکتار و لوبیا با ۱۸۶ هکتار به‌ترتیب رشد ۱/۸۲ درصد، ۸۲ درصد، ۵/۵۷ درصد و ۳/۷۱۱ درصد را تجربه می‌کنند.

با حرکت به سمت سناریوهای آخر رشد سطح زیرکشت گندم به ۲/۳۲ درصد افزایش می‌یابد. همچنین، جو با رشد ۲/۰۸۶ درصد روبروست اگرچه در سناریوهای سوم و چهارم با کاهش سطح زیرکشت همراه است. با کاهش بیشتر در سطح زیر کشت برنج و آزاد شدن زمین و آب مصرفی در شهرستان مرودشت، کشاورزان کشت محصولاتی که با بازدهی بالاتری همراه هستند را افزایش می‌دهند. با توجه به در نظر گرفتن هدف حداکثر کردن سود کشاورزان، محصولی نظیر عدس و چغندرقند که نسبت به بقیه محصولات غالب در شهرستان دارای سود بیشتری است، با افزایش سطح زیر کشت روبرو است. همچنین، با کاهش بیشتر در سطح زیر کشت برنج میزان افزایش در سطح زیر کشت برخی محصولات کمتر و یا محصولاتی نظیر جو، ذرت دانه‌ای و خیار کاهش در سطح زیر کشت دارند. عدس همچنان از جمله محصولاتی است که بیشترین رشد سطح زیرکشت را تجربه می‌کند؛ به‌طوری‌که در سناریو آخر سطح زیرکشت این محصول به ۲۱۵۶ هکتار می‌رسد. محصول پیاز، چغندرقند، لوبیا و محصول علوفه‌ای یونجه به دلیل وجود بازار مناسب و صرفه اقتصادی بالا، با وجود پرآب بودن پس از افزایش راندمان آبیاری و کاهش سطح زیر کشت برنج منطقه، با افزایش سطح زیر کشت روبرو هستند و کشاورزان از کاهش سطح زیرکشت این محصولات اقتصادی صرفه‌نظر می‌کنند، در حالی که مطابق نتایج به دست آمده در برخی از سناریوهای مورد بررسی از سطح زیرکشت محصول غله‌ای جو (به دلیل صرفه اقتصادی کمتر) به میزان بیشتری می‌کاهند. به‌طور خلاصه می‌توان بیان نمود که، محصول عدس و چغندرقند حساس‌ترین محصول در الگوی کشت شهرستان مرودشت تحت اعمال سناریوهای مدیریتی تقاضای آب به‌شمار می‌رود.

جدول (۳). تغییرات سطح زیر کشت محصولات در نتیجه اعمال سیاست افزایش راندمان آبیاری و حذف برنج از الگوی کشت

فعالیت	گندم	جو	ذرت دانه‌ای	عدس	چغندرقند	خیار	پیاز	گوجه‌فرنگی	یونجه
سناریو پایه	۴۸۰۰۱/۹	۱۱۱۴۵/۳	۶۴۵/۴	۲۶	۳۸۲۹/۷	۳۸/۵	۴۴۰/۳	۲۱۸۶/۸	۲۸۱۵/۵
سناریو ۱	۴۹۳۴۲/۵	۱۱۲۸۴/۴	۶۴۹/۳	۲۳۹/۳	۴۶۰۶/۲	۳۹/۲	۴۵۱/۴	۱۹۶۳/۵	۲۸۹۸/۰
درصدتغییر	**۲/۷۹۳**	**۱/۲۹۴**	**۰/۶۰۷**	**۸۲۰/۳۷۸**	**۲۰/۲۷۶**	**۱/۹۵۲**	**۲/۵۱۸**	**-۱۰/۲۱۵**	**۲/۹۵۲**
سناریو ۲	۴۸۸۷۸/۹	۱۱۰۹۱/۹	۶۲۰/۸	۸۸۵/۵	۶۹۷۳/۲	۳۸/۲	۴۸۴/۹	۱۳۰۱/۴	۲۹۷۲/۶
درصد تغییر	**۱/۸۲۷**	**-۰/۴۷۸**	**-۳/۸۱۱**	**۳۳۰۵/۶۸۳**	**۸۲/۰۸۱**	**-۰/۷۶۹**	**۱۰/۱۳۸**	**-۴۰/۴۸۹**	**۵/۵۷۹**
سناریو ۳	۴۸۴۱۵/۵	۱۰۸۹۹/۵	۵۹۲/۳	۱۵۳۱/۶	۹۳۴۰/۱	۳۷/۱	۵۱۸/۵	۶۳۹/۴	۳۰۴۷/۲
درصد تغییر	**۰/۸۶۱**	**-۲/۲۰۵**	**-۸/۲۳**	**۵۷۹۰/۹۸۷**	**۱۴۳/۸۸۶**	**-۳/۴۹**	**۱۷/۷۵۷**	**-۷۰/۷۶۳**	**۸/۲۲۸**
سناریو ۴	۴۸۰۲۳/۸	۱۰۷۴۴/۲	۵۶۵/۸	۲۱۵۵/۹	۱۱۶۲۷/۸	۳۶/۲	۵۵۰/۸	۰	۳۱۱۸/۹
درصد تغییر	**۰/۰۴۶**	**-۳/۵۹۸**	**-۱۲/۳۲۷**	**۸۱۹۲/۰۷۸**	**۲۰۳/۶۲۲**	**-۵/۹۸۱**	**۲۵/۰۹۹**	**-۱۰۰**	**۱۰/۷۷۵**
سناریو ۵	۴۹۱۱۷/۶	۱۱۳۷۷/۸	۵۹۰/۳	۲۱۵۶/۲	۱۱۶۴۴/۱	۳۷/۶۷۰	۵۴۸/۱	۰	۳۱۰۴/۴
درصد تغییر	**۲/۳۲۴**	**۲/۰۸۶**	**-۸/۵۴۱**	**۸۱۹۲/۹۸۹**	**۲۰۴/۰۴۸**	**-۲/۱۵۷**	**۲۴/۴۹۹**	**-۱۰۰**	**۱۰/۲۵۹**

منبع: یافته‌های تحقیق

ادامه‌ی جدول (۳). تغییرات سطح زیر کشت محصولات در نتیجه اعمال سیاست افزایش راندمان آبیاری و حذف برنج از الگوی کشت

فعالیت	ذرت علوفه‌ای	لوبیا	برنج
سناریو پایه	۵۵۵۷/۲	۱۷۹/۵	۱۳۵۹۵/۷
سناریو ۱	۵۵۲۴/۷	۱۸۸/۳	۱۰۸۷۶/۶
درصد تغییر	-۰/۵۸۴	۴/۹۱۸	-۲۰
سناریو ۲	۵۴۸۷/۶	۱۸۶/۱	۸۱۵۷/۴
درصد تغییر	-۱/۲۵۱	۳/۷۱۱	-۴۰
سناریو ۳	۵۴۵۰/۵	۱۸۴/۰	۵۴۳۸/۳
درصد تغییر	-۱/۹۱۹	۲/۵۰۴	-۶۰
سناریو ۴	۵۴۱۵/۰	۱۸۲/۰	۲۷۱۹/۱
درصد تغییر	-۲/۵۵۸	۱/۳۹۴	-۸۰
سناریو ۵	۵۴۱۲/۰	۱۸۳/۵	۰
درصد تغییر	-۲/۶۱۳	۲/۲۶۱	-۱۰۰

منبع: یافته‌های تحقیق

تغییر در سطح زیرکشت محصولات در منطقه مورد بررسی با تغییر در بکارگیری منابع زمین و آب همراه است. نتایج مربوط به به این تغییرات در جدول (۴) ارایه شده است. براساس اطلاعات جدول (۴)، در سناریو اول این سیاست میزان کاهش استفاده نهاده زمین ۰/۴۵ درصد نسبت به حالت پایه بوده که این روند کاهش در میزان استفاده از زمین در سناریو آخر به ۴/۸۵ درصد می‌رسد. در سناریو آخر دو محصول برنج و گوجه که سطح زیر کشت قابل توجهی در الگوی کشت منطقه دارند به طور کامل از الگو کشت حذف می‌شوند به همین خاطر میزان استفاده از نهاده زمین کاهش بیشتری نسبت به سناریوهای اول دارد. میزان آب مصرفی نیز در سناریو اول ۲۱/۶ درصد کاهش داشته که با حذف دو محصول تقریبا با نیاز آبی بالا این میزان صرفه‌جویی به ۲۷ درصد می‌رسد.

جدول (۴). درصد تغییرات استفاده از منابع در سناریوهای ترکیبی کاهش سطح زیر کشت برنج با افزایش ده درصدی راندمان آبیاری

نهاده‌های تولید	سناریو پایه	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ۴	سناریو ۵
زمین (هکتار)	۸۸۴۶۱/۹	-۰/۴۵	-۱/۵۶۷	-۲/۶۷۷	-۳/۷۵۵	-۴/۸۵
آب (میلیون مترمکعب)	۱۲۴۹/۴	-۲۱/۵۸۹	-۲۲/۴۵۳	-۲۳/۳۱۸	-۲۴/۲۲۳	-۲۶/۹۱۲

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به جدول (۵) ملاحظه می‌شود که در سیاست ترکیبی دوم نیز میزان تغییرات در بازده برنامه‌ای و شاخص بهره‌وری اقتصادی آب همانند سیاست های اعمال شده قبل، روند کاهشی دارند. در سناریو اول این سیاست بازده برنامه‌ای کاهش ۳۶/۶۶ درصدی نسبت به حالت پایه دارد و این کاهش در سناریوهای بعد بیشتر شده و در نهایت، در سناریو آخر به ۶۰/۴ درصد می‌رسد.

شاخص بهره‌وری اقتصادی نهاده آب نیز تحت اعمال این سیاست از مقدار ۱/۵۴۱ حالت پایه خود به مقدار ۱/۲۴۴ در سناریو اول می‌رسد و با روند کاهش در بازده برنامه‌ای مقدار این شاخص هم کاهش یافته و در نهایت، به ۰/۸۳۵ می‌رسد.

جدول (۵). درصد تغییرات بازده برنامه‌ای در سناریوهای ترکیبی کاهش سطح زیر کشت برنج با افزایش ده درصدی راندمان آبیاری

شرح	سناریو پایه	سناریو ۱	سناریو ۲	سناریو ۳	سناریو ۴	سناریو ۵
بازده برنامه‌ای (میلیون ریال)	۱۹۲۴/۸	-۳۶/۶۶۲	-۳۹/۶۹۴	-۴۴/۶۵۶	-۵۱/۵۴۷	-۶۰/۳۹۵
بهره‌وری اقتصادی اب	۱/۵۴۱	۱/۲۴۴	۱/۱۹۸	۱/۱۱۲	۰/۹۸۵	۰/۸۳۵

منبع: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

طی سال‌های اخیر، بهره برداری از آب‌های سطحی و زیرزمینی در شهرستان مرودشت روند صعودی داشته و به‌دلیل عدم تغذیه مناسب سفره‌های آب سطحی و زیرزمینی، برداشت بی‌رویه از منابع آب به‌خصوص چاه‌ها مساله کم آبی حادتر شده و افت سطح آب زیرزمینی در این منطقه افزایش یافته است. از سوی دیگر، با توجه به کاهش ذخیره آب سد درود زن در برخی از سال‌ها نیز حقابه کشاورزی به خوبی تأمین نشده است. در نتیجه، ضرورت مطالعات دقیق و راهبردی در جهت مدیریت پایدار منابع آب امری اجتناب ناپذیر می‌باشد. به‌همین دلیل، برای تأمین آب در این مناطق لازم است مدلی طراحی شود تا بتوان از آن در برنامه‌ریزی تأمین آب قابل اعتماد در مدیریت منابع آب بهره مند شد. با توجه به کاهش عرضه آب های سطحی و برداشت بی‌رویه آب-های زیرزمینی در استان فارس بطور عام و در شهرستان مرودشت به‌طور خاص، اتخاذ برنامه‌های سیاستی مناسب در جهت مدیریت تقاضای آب در سطح مزارع ضروری و حائز اهمیت است. به‌همین منظور، در مطالعه حاضر تلاش شد تا با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) ابتدا وضعیت سیستم شبیه‌سازی و در نهایت، اثرات سیاست کاهش سطح زیر کشت محصول برنج و افزایش راندمان آبیاری بر مدیریت تقاضای آب ارزیابی و تحلیل شود. پس از اعمال سیاست افزایش راندمان آبیاری به همراه کاهش ۲۰ درصدی سطح زیرکشت برنج، سطح زیرکشت گندم با رشد ۲/۷۹ درصدی به ۴۹۳۴۲/۵ هکتار افزایش می‌یابد. بیشترین رشد سطح زیرکشت مربوط به محصول عدس است. به-طوری‌که سطح زیر کشت آن از ۲۶ هکتار به ۲۳۹/۳ هکتار افزایش می‌یابد. پس از آن بیشترین رشد سطح زیرکشت پس از اعمال سناریو اول مربوط به محصول چغندرقند است به‌طوری‌که پس از اعمال این سیاست سطح زیرکشت آن از ۳۸۲۹/۷ هکتار به ۴۶۰۶/۲ هکتار افزایش می‌یابد. به‌عبارت دیگر، کشاورزان در صورت مواجه با سیاست ممنوعیت کشت محصول آب بر برنج، به سمت کشت محصولات پر بازده دیگر نظیر عدس، پیاز، چغندر و ذرت سوق پیدا می‌کنند. به‌عبارت دیگر، بازدهی بالاتر این محصولات نسبت به جو و گندم (به-عنوان محصولات اصلی در الگوی کشت منطقه) ولو با نیاز آبی بالاتر، رشد قیمت این محصولات در سنوات اخیر و پیش‌بینی افزایش رو به رشد قیمت آن‌ها باعث شده که افزایش کشت این محصولات توجیه‌پذیر باشد. هرچند با اعمال سیاست‌های مورد بررسی میزان بازده برنامه‌ای نسبت به سناریو پایه در سطح پایین‌تری قرار می‌گیرد اما می‌توان به صرفه جویی ۲۶ درصدی منابع آب و زمین در منطقه مورد مطالعه کمک نمود. به جهت پذیرش سیاست حذف محصول برنج از الگوی کشت، به-عنوان یک محصول آب بر، دولت می‌تواند بخشی از این کاهش بازده ناخالص را در قالب بسته‌های حمایتی و یا پرداخت مستقیم جبران نماید. مقاومت زارعین به تغییر الگوی کشت و حذف محصول اصلی برنج از الگوی کشت به جهت نقشی که از نظر اقتصادی برای کشاورزان دارد قابل انتظار است و نتایج مطالعه حاضر نیز گویای این حقیقت است که هزینه اجرای سیاست حذف محصول برنج، کاهش بخشی از بازده برنامه‌ای زارعین خواهد بود. همچنین محاسبه شاخص بهره وری اقتصادی آب نشان داد که شاخص بهره‌وری اقتصادی آب در سطح اولیه سیاست مورد نظر معادل ۱/۵۴ و در سناریو آخر معادل ۰/۸۳ خواهد بود. نتایج نشان داد که اجرای سیاست حذف محصول برنج از الگوی کشت، کاهش تقاضای آب در بخش کشاورزی، و در نتیجه کاهش برداشت از منابع سطحی و زیر زمینی را در پی خواهد داشت. اما این سیاست با کاهش بازده برنامه‌ای همراه است. لذا، پیشنهاد می‌شود که از برنامه‌های سیاستی کمکی مناسبی مانند پرداخت‌های مستقیم بعنون غرامت و یا یارانه به نهاده‌های کشاورزی در جهت کاهش هزینه‌های تولید زارعین، استفاده شود. همچنین، به‌کارگیری راهبردهایی مانند فراهم نمودن بازار مناسب برای فروش محصولات، ایجاد بازارهای محلی و منطقه‌ای و خرید محصولات با قیمت‌های تضمینی جهت جبران کاهش به وجود آمده در سود ناخالص کشاورزان این شهرستان در شرایط جدید، توسط مسئولین بخش کشاورزی توصیه می‌شود. همچنین نتایج تحقیق حاضر گویای آن بود که افزایش راندمان آبیاری نقش موثری در مدیریت پایدار منابع آب خواهد داشت. لذا، دوره‌های آموزشی و ترویجی در ارتباط با مصرف بهینه آب در بخش

کشاورزی، آموزش راه‌های جلوگیری از اتلاف آب و سیستم‌های نوین می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی در مدیریت پایدار منابع آب داشته باشد. در پایان، جهت پایداری منابع آب سطحی و زیرزمینی شهرستان مرودشت، تغییر الگوی بهینه کشت در جهت کاهش سطح زیرکشت محصولات آب‌بر، اعطای تسهیلات با نرخ بهره کم به کشاورزان برای تجهیز مزارع به سیستم‌های نوین آبیاری و به‌کارگیری سیاست حمایتی پیشنهاد می‌شود. همچنین، به‌نظر می‌رسد جمع آوری اطلاعات مورد نیاز از طریق طبقه‌بندی تصادفی با توجه به کیفیت خاک، شرایط آب و هوایی و مقیاس تولید بتوان به نتایج بهتری دست یافت که این نکته می‌تواند در مطالعات آینده مورد توجه قرار گیرد.

REFERENCES

1. Aayog, N. (2016). *Evolution report on efficacy of minimum support prices (MSP)*. Guaranteed price on cropping pattern, Government of India, 1-99.
2. Aidam, P.W. (2015). The impact of water-pricing policy on the demand for water resources by farmers in Ghana. *Agricultural Water Management*, 158: 10-16.
3. Arnell, N. W., Vuuren, D. P., & Isaac, M. (2011). The implications of climate policy for the impacts of climate change on global water resources. *Global Environmental Change*, 21(2), 592-603.
4. Asadi, M., & Najafi Alamdarlo, H. (2019). Economic evaluation of optimum cultivating pattern for reducing the use of groundwater in Dehgolan plain. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 50(1), 29-43. doi: 10.22059/ijaedr.2018.249900.668543
5. Babran, S. & Honarbakhsh, N. (2008). Water crisis in the world and Iran. *Rahbord*. 48: 193-219.
6. Bagheri, A., Nikouei, A.R., Khodadad Kashi, F. & Shokat Fadaei, M. (2016). Evaluation of Water Pricing Policy on Aquifer Stability and preservation: Study of Northern Mahyar Plain Aquifer in Zayandeh-Rud Basin. *Agricultural Economics & Development*. 31(2): 105-120.
7. Baron, J. S., Poff, N. L., Angermeier, P. L., Dahm, C. N., Gleick, P. H., Hairston, N. G., & Steinman, A. D. (2002). Meeting ecological and societal needs for freshwater. *Ecological Applications*, 12(5), 1247-1260.
8. Cortignani, R. & Severini, S. (2009). Modeling farm-level adoption deficit irrigation using positive mathematical software. 38: 244-258.
9. Doll, P. (2002). Impact of Climate Change and Variability on Irrigation Requirements: a Global Perspective. *Climatic Change*, 54(3), 269-293.
10. FAO. (2016). *How to Feed the World in 2050*. Rome, Italy.
11. Fisher, G., Tubiello, F., van Velthuizen, H., & Wiberg, D. (2006). Climate change impacts on irrigation water requirements: Effects of mitigation, 1990–2080. *Technological Forecasting and Social Change*, 74(7), 1083–1107.
12. Gallego-Ayala, J. (2012). Selecting irrigation water pricing alternatives using a multi methodological approach. *Mathematical and Computer modelling*, article in press.
13. Hosseinzad, J., & Kazemiyeh, F. (2013). The Role of Water Resources Management in Agricultural Development of Tabriz Plain. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 44(3), 369-377. doi: 10.22059/ijaedr.2013.50225
14. Howitt, R.E. (1995). Positive Mathematical Programming. *American Journal of Agricultural Economic*, 77(2): 329-342.
15. Howitt, R.E. (2005). *Agricultural and Environmental Policy Models: Calibration, Estimation and Optimization*, unpublished, 2005, available at: www.ageecon.ucdavis.edu.
16. Kotir, J. H., Smith, C., Brown, G., Marshall, N., & Johnstone, R. (2016). A system dynamics simulation model for sustainable water resources management and agricultural development in the Volta River Basin, Ghana. *Science of the Total Environment*, 573(1), 444-457.
17. Madani, K. (2014). Water management in Iran: what is causing the looming crisis? *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 4, 315-328.
18. Parhizkari, A., khodadadi Hosseini, M., Taghizadeh Ranjbari, H., & Mahmoudi, A. (2015). Determination of appropriate economic strategy for protection of groundwater resources in Qazvin plain. *Rural Development Strategies*, 2(4): 477-498.
19. Paris, Q. (2001). Dynamic positive equilibrium problem. *Working paper*, No. 01-005, Department of Agricultural and Resource Economics University of California Davis.
20. Paris, Q., Howitt R.E. (1998). An Analysis of ill-Posed Production Problems using Maximum Entropy. *American Journal of Agricultural Economics*, 80(1): 124-138.

21. Tahamipour, M., & Yazdani, S. (2016). The Role of Economic Instruments in IWRM: The Case Study of Irrigation Water Pricing in Western Basins of Iran. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 47(3), 545-556. doi: 10.22059/ijaedr.2016.60223.
22. Zamani, A. (2011). Investigating the Impact of Water Pricing on its Productivity in Agricultural Sector, *M.Sc. Thesis*, Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University.