

**Applied Economics Studies, Iran (AESI)**

P. ISSN:2322-2530 & E. ISSN: 2322-472X

Journal Homepage: <https://aes.basu.ac.ir/>

Scientific Journal of Department of Economics, Faculty of Economic and Social Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran.

Publisher: Bu-Ali Sina University. All rights reserved.

Copyright©2022, The Authors. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons. (© The Author(s))



Bu-Ali Sina University

Shadow Price of Water and Agricultural Competitiveness: An Empirical Study for Iran's Selected Agricultural Products Using System Dynamics

Saeed Rasekhi¹ , Saber Shakeri² , Shahyar Zaroki³ , Atena Salmanpour⁴ 

Type of Article: Research

 <https://dx.doi.org/10.22084/aes.2024.29672.3709>

Received: 2024.07.28; Revised: 2024.09.23; Accepted: 2024.11.18

Pp: 135-174

Abstract

The agriculture sector, as a key sector in the national economy, plays an important role in food security and economic development. Iran has a special position in the production of agricultural products with its climatic diversity and unique features, but due to dry and semi-arid weather conditions and scattered rainfall, it faces the problem of water scarcity. This issue has caused the inconsistency between water scarcity and agricultural competitiveness. The main purpose of the present research is to answer the question whether the shadow price of water is effective on the competitiveness of the agricultural sector. For this purpose and in the first stage, using the production function approach, the shadow price of selected Iranian agricultural products (including wheat, rice, potato and corn in selected provinces) was estimated during the period of 2001-2018 (based on the latest available data) and then in the next step, the research question was answered with the approach of system dynamics. The results of the simulation and sensitivity analysis of the model show that by applying the shadow price and increasing the price of water, the demand for water consumption in the agricultural sector is reduced, and with the negative effect on the product performance, the competitiveness of the selected agricultural products is reduced. Based on this and considering the strategic importance of the agricultural sector, water pricing should be done with special sensitivity, but technological and soft measures to save and increase water productivity in the agricultural sector and to improve the optimal cultivation pattern as well as the foreign trade pattern are essential.

Keywords: Shadow Price of Water, Competitiveness, Agriculture, System Dynamics, Iran.**JEL Classification:** O13, Q01, Q15, Q17, Q18.

1. Professor, Department of Energy Economics, Faculty of Economic and Administrative Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran (Corresponding Author). **Email:** srasekhi@umz.ac.ir

2. MA in Economic Systems Planning, Department of Energy Economics, Faculty of Economic and Administrative Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

3. Associate Professor, Department of Energy Economics, Faculty of Economic and Administrative Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

4. MA in Economic Systems Planning, Department of Economics and Accounting, Faculty of Industries and Management, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

Citations: Rasekhi, S., Shakeri, S., Zaroki, S. & Salmanpour Ahmadi, A., (2025). "Shadow Price of Water and Agricultural Competitiveness: An Empirical Study for Iran's Selected Agricultural Products Using System Dynamics". *Journal of Applied Economics Studies in Iran*, 13(52): 135-174. doi: [10.22084/aes.2024.29672.3709](https://doi.org/10.22084/aes.2024.29672.3709)

Homepage of this Article: https://aes.basu.ac.ir/article_5811.html?lang=en

1. Introduction

Iran's water resource is limited and almost scarce, and in this situation, with the increase in population and economic development, meeting the water needs of different sectors faces many limitations. Therefore, water demand management and the implementation of policies that increase the motivation of consumers to save and prevent wasting the amount of consumption of this valuable input is very effective and important. One of the main reasons for the low efficiency of water in the agricultural sector, as well as its lack of efficiency in this sector, is the lack of clarity about the accurate price of water and its low relative price. The low efficiency of irrigation water requires investment in water-saving technology. However, due to this fact, the motivation to invest in alternative water irrigation technology in order to prevent water wastage is low. One of the best policies and methods to preserve water resources is the policy of accurate pricing of water in different sectors so that an optimal pattern in water consumption can be employed.

The main purpose of the present article is to investigate the effect of shadow price of water on the competitiveness of selected products of Iran's agricultural sector during the period of 2011-2018. In this research, production approach is used to estimate the competitiveness of selected agricultural products, and system dynamics is employed to simulate and make policy scenarios.

2. Materials and Methods

Considering the dilemma of water price and agriculture products competitiveness, in this study, in the first stage, using the production approach, the shadow price of selected agricultural products of Iran (including the main crops, wheat, rice, potatoes and corn, in selected provinces) during the period of 2011-2018. The shadow price of water can be a measure for optimal water consumption and efficient allocation of water among different crops. In the next step, using the system dynamics approach, the effect of shadow price on the competitiveness of selected agricultural products is simulated and examined.

The system presented in this research consists of four subsystems: economic, social, food sustainability, environment. In the economic subsystem, agricultural producers achieve profitability while using the required inputs in the process of producing and selling products. The social subsystem includes the population, consumers, labor force working in the agricultural sector, and population movement and migration. In the subsystem of food sustainability, the supply of required food, production efficiency, the area under cultivation and crop losses are among the key variables. In this subsystem, with the increase of cultivated area and crop yield, total food production increases. At the same time, product performance depends on production inputs, especially water. As the price of water increases, the demand for it decreases and as a result, it causes a decrease in the performance. Of course, water productivity increases with the increase of

cultivated area with a modern irrigation system, which increases production performance and reduces irrigation water consumption. The environmental subsystem also includes provincial water resources, available water in the agricultural sector, agricultural water demand, water consumption efficiency and the effect of water pricing on the reduction of agricultural sector consumption.

3. Data

The raw data and basic information in this research were obtained from the Ministry of Agriculture Jihad, the Islamic Republic of Iran Customs Administration (IRICA), Statistical Center of Iran (SCI), Ministry of Energy, and National Organization for Civil Registration (Iran). Based on basic data, competitiveness calculations and measurement of other variables of dynamic subsystems have been done.

4. Discussion

According to the results, it was found that in most years the economic value of water is higher than the water-price paid by farmers. The results of the simulation and sensitivity analysis of the model show that with the increase in water prices, the demand for water consumption in the agricultural sector has decreased, and as a result, with a negative effect on product performance, it causes a further decrease in the competitiveness of selected agricultural products. Therefore, due to the importance of the agricultural sector in food security and job creation, water pricing should be done with special sensitivity, and in order to save and increase water productivity in the agricultural sector, new irrigation technologies should be used.

The results of the present research show that wheat receives the least impact from the increase in the price of water input. The low consumption of irrigation water and the increase in water productivity by implementing the policy of equipping irrigation systems in the area under crop cultivation will cause the economic pricing of water, the competitiveness and production of the product to have little changes compared to the base situation. Rice, as the main variety in the household consumption basket, plays a high role in food security and providing calories to consumers. Due to its high water requirement, it is not possible to increase the price of water input for this product. Potato is also one of the basic and widely consumed commodities in the food supply of the country. Considering its role in food security, export of agricultural goods and job creation, it is felt necessary to pay attention to supporting its production. Corn is one of the important grains providing poultry feed. Considering that a large part of the country's needs for poultry feed is imported, its domestic production is important in order to maintain the food security. Therefore, the increase in the price of water by affecting the performance and profitability of the product will bring a further decrease in the area under cultivation and production.

5. Conclusion

According to the results, increasing the price of water alone cannot be a suitable solution to improve water efficiency and prevent the wastage of this vital resource. If liberalization is to be done in the input market, it should also be done in the product market, which has social and food security consequences. Of course, the price of water in the agriculture sector is low, which is acceptable in terms of support and food security, but in this case, there are other concerns such as depleting and wasting underground water reserves. Improving water efficiency, increasing the yield of water products, using green water, modern irrigation, improving technology, high-yielding seeds, improving the level of mechanization, modifying the foreign trade pattern can be solutions to solve this concern. Due to the low price of water, there is little incentive for farmers to use these systems. In this regard, the government's intervention and investment and promotion, technical and educational support to the farmers is necessary.

Acknowledgments

The authors would like to express their gratitude to the journal officials and referees.

Conflict of Interest

There is no conflict of interest. There is no funding support.

Observation Contribution

The corresponding author contributed to conceptualization, idea generation, article content quality, research finalization and control of all calculations, simulations and estimations of the research model. The co-authors were responsible for the empirical literature, initial simulation of the research model, and initial framework of the article.



فصلنامه علمی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران

شاپای چاپی: ۲۵۳۰-۲۳۲۲؛ شاپای الکترونیکی: ۴۷۲۸-۲۳۲۲

وبسایت نشریه: <https://aes.basu.ac.ir>

نشریه گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

حق نشر متعلق به نویسنده(گان) است و نویسنده تحت مجوز Creative Commons Attribution License به مجله اجازه می‌دهد مقاله چاپ شده را در سامانه به اشتراک بگذارد، منوط بر این که حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.



قیمت سایه‌ای آب و رقابت‌پذیری بخش کشاورزی: مطالعه موردی برای کالاهای کشاورزی منتخب ایران با رویکرد پویایی‌شناسی سیستم

سعید راسخی^۱، صابر شاکری‌مآب^۲، شهریار زروکی^۳، آتنا سلمانپوراحمدی^۴

نوع مقاله: پژوهشی

شناسه دیجیتال: <https://dx.doi.org/10.22084/aes.2024.29672.3709>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۰۷، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۷/۰۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۸

صص: ۱۷۴-۱۳۵

چکیده

بخش کشاورزی به عنوان بخش کلیدی در اقتصاد ملی، نقش مهمی در امنیت غذایی و توسعه اقتصادی دارد. ایران با تنوع اقلیمی و ویژگی‌های منحصربه‌فرد در تولید محصولات کشاورزی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است، ولی به دلیل شرایط آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک و پراکندگی بارش با مسأله کم‌آبی مواجه است. این موضوع موجب دوگانگی کمیابی آب و رقابت‌پذیری در بخش کشاورزی شده است. هدف اصلی پژوهش حاضر پاسخ به این پرسش است که، آیا قیمت سایه‌ای آب بر رقابت‌پذیری بخش کشاورزی مؤثر است؟ برای این منظور و در مرحله نخست، با استفاده از رویکرد تابع تولید، قیمت سایه‌ای محصولات منتخب کشاورزی ایران (شامل: محصولات زراعی گندم آبی، برنج دانه بلند مرغوب، سیب‌زمینی آبی و ذرت دانه‌ای آبی در استان‌های منتخب) طی دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳۸۰ ه.ش. (براساس آخرین داده‌های قابل دسترس) برآورد شده و سپس در مرحله بعد، با رویکرد پویایی‌شناسی سیستم به پرسش پژوهش پاسخ داده شده است. نتایج شبیه‌سازی و تحلیل حساسیت مدل نشان می‌دهد که با اعمال قیمت سایه‌ای و افزایش قیمت آب، تقاضای آب مصرفی در بخش کشاورزی کاهش یافته و با اثرگذاری منفی بر عملکرد محصول، رقابت‌پذیری کالاهای منتخب کشاورزی کاهش می‌یابد. بر این اساس و با توجه به اهمیت راهبردی بخش کشاورزی، قیمت‌گذاری آب باید با حساسیت ویژه صورت پذیرد، ولی اقدامات فناورانه و نرم برای صرفه‌جویی و افزایش بهره‌وری آب در بخش کشاورزی و اصلاح الگوی کشت و هم‌چنین اصلاح الگوی تجارت خارجی ضروری است.

کلیدواژگان: قیمت سایه‌ای آب، رقابت‌پذیری، کشاورزی، پویایی‌شناسی سیستم، ایران.

طبقه‌بندی JEL: O13, Q01, Q15, Q17, Q18.

۱. استاد گروه اقتصاد انرژی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابل، ایران (نویسنده مسئول).

Email: srasekhi@umz.ac.ir

۲. کارشناس ارشد برنامه‌ریزی سیستم‌های اقتصادی، گروه اقتصاد انرژی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابل، ایران

Email: sabershakeri68@gmail.com

۳. دانشیار گروه اقتصاد انرژی، دانشکده علوم اقتصادی و اداری، دانشگاه مازندران، بابل، ایران

Email: Sh.zaroki@umz.ac.ir

۴. کارشناس ارشد برنامه‌ریزی سیستم‌های اقتصادی، گروه اقتصاد و حسابداری، دانشکده صنایع و مدیریت، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

Email: AT.Salmanpour@gmail.com

ارجاع به مقاله: راسخی، سعید؛ شاکری‌مآب، صابر؛ زروکی، شهریار؛ و سلمانپوراحمدی، آتنا، (۱۴۰۳). «قیمت سایه‌ای آب و رقابت‌پذیری بخش کشاورزی: مطالعه موردی برای کالاهای کشاورزی منتخب ایران با رویکرد پویایی‌شناسی سیستم». مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۱۳(۵۲): ۱۷۴-۱۳۵.

doi: 10.22084/aes.2024.29672.3709

صفحه اصلی مقاله در سامانه نشریه: https://aes.basu.ac.ir/article_5811.html

۱. مقدمه

سیستم‌های کشاورزی آبی برای تأمین تقاضای قابل توجه غذا، به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه ضروری هستند (وارد^۱، ۲۰۲۲). با توجه به افزایش سریع جمعیت جهان، صنعتی شدن و عدم قطعیت در رابطه با وضعیت آب و هوا، تخمین زده می‌شود که تا سال ۲۰۵۰م. تقریباً ۹/۳ میلیارد نفر روی زمین زندگی خواهند کرد و این میزان جمعیت به افزایش ۷۰ تا ۱۰۰٪ در تولید محصولات غذایی نیاز خواهد داشت (تیان و همکاران^۲، ۲۰۲۱)؛ از سوی دیگر، بخش کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف‌کننده منابع آبی در سطح جهان است و ایران نیز از این موضوع مستثنی نمی‌باشد. ایران با میانگین بارندگی یک-سوم میانگین جهانی (۸۶۰ میلی‌متر در سال) و توزیع نامناسب مکانی و زمانی در منطقه خشک و نیمه‌خشک واقع شده است (ناصری و همکاران، ۱۳۹۶).

درحال حاضر، با توجه به شرایط کم‌آبی در ایران، قیمت‌گذاری آب در بخش کشاورزی براساس قانون توزیع عادلانه آب و نوع محصول مورد کشت محاسبه می‌شود. این قیمت‌گذاری براساس مقدار آب مصرفی نیست و بر این اساس، انگیزه کافی برای تخصیص بهینه و صرفه‌جویی در مصرف آب وجود ندارد؛ از این‌رو، قیمت واقعی (بازده نهایی) آب در اکثر موارد بیش از بهای دریافتی آن است (پرهیزکاری و صبوچی، ۱۳۹۲). از سوی دیگر، آب مهم‌ترین نهاده بخش کشاورزی به‌شمار می‌رود و قیمت‌گذاری آن بر رقابت‌پذیری آن مؤثر است. لازم به ذکر است که در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰، میزان تولید محصولات زراعی ۸۴.۷۷ میلیون تن بوده است که ۹۲.۹۶٪ آن متعلق به اراضی با کشت آبی و ۷.۰۴٪ متعلق به اراضی کشت دیم می‌باشد (آمارنامه کشاورزی، ۱۴۰۱).

همان‌گونه که عنوان شد، بیشترین آب مصرفی در دنیا به بخش کشاورزی اختصاص دارد و بی‌شک، آب برای این بخش یک نهاده اساسی محسوب می‌شود. مشخصاً حدود ۷۰٪ آب مصرفی به مصرف کشاورزی می‌رسد و باوجود این که سهم بخش کشاورزی در تولید ناخالص داخلی در مقایسه با بخش صنعت قابل ملاحظه نیست، ولی در امنیت غذایی و همچنین در تجارت خارجی سهم قابل توجهی دارد؛ این موضوع از یک‌سو نشان می‌دهد بهره‌وری آب در بخش کشاورزی پایین است^۳، و از سوی دیگر، نشانگر اهمیت این نهاده در تولید و صادرات بخش کشاورزی می‌باشد. براساس گزارش مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی، ارزش صادرات بخش کشاورزی ایران در سال ۱۴۰۲ حدود ۲.۶ میلیارد دلار بوده است^۴. با توجه به کل صادرات ۸۶.۹ میلیارد دلاری و صادرات نفت ۳۵.۹ میلیارد دلاری ایران در سال ۱۴۰۲، بخش کشاورزی ایران حدود ۷٪ کل صادرات و حدود ۱۲٪ صادرات غیرنفتی کشور را به خود اختصاص می‌دهد که رقم قابل توجهی محسوب می‌شود.

قیمت‌گذاری آب حداقل از دو جهت برای بخش کشاورزی حائز اهمیت است؛ اولاً قیمت آب با رشد بخش کشاورزی و امنیت غذایی ارتباط مستقیمی دارد. به گونه‌ای که چالش کم‌آبی، تهدید جدی برای بخش کشاورزی

1 Ward

2 Tian et al.

^۳ گزارش مدیریت منابع آب و توسعه پایدار وزارت نیرو (۱۴۰۲) نشان می‌دهد ۹۲٪ آب کشور در بخش کشاورزی مصرف می‌شود؛ همچنین براساس بانک جهانی (۲۰۲۲) بهره‌وری آب در ایران در سال ۲۰۲۰م. معادل ۴.۸ دلار تولید ناخالص داخلی به ازای هر مترکعب برداشت آب شیرین می‌باشد که در مقایسه با بهره‌وری آب در سطح جهانی (۲۰.۹) نشانگر ۲۳٪ استاندارد جهانی است (اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران، ۱۴۰۲). براساس سند راهبردی بهره‌وری آب که در سال ۱۴۰۱ توسط شرکت مدیریت منابع آب ایران (وزارت نیرو) تهیه شده است، کارایی مصرف آب در بخش کشاورزی معادل ۷۰٪ کمتر از میانگین جهانی است (۲۰.۲۴ دلار هر مترکعب در مقایسه با ۰.۸۱ دلار هر مترکعب).

4 <https://dolat.ir/detail/446888>

کشور به شمار می‌رود (اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی، ۱۴۰۲). با قیمت‌های پایین آب، باوجود هدررفت آب و کاهش بهره‌وری آب، تولید محصولات کشاورزی آب‌بر افزایش پیدا می‌کند. ولی این موضوع در بلندمدت موجب تخلیه آب‌های زیرزمینی و کاهش بیشتر کارایی استفاده از آب می‌گردد؛ از طرف دیگر، در ایران، آب بازار رقابتی ندارد، به‌صورت حجمی به فروش نمی‌رود، به‌عنوان عامل تولید در حساب‌های ملی وارد نمی‌شود، یارانه آب در حساب‌های دولت و ملی نیز منعکس نمی‌شود. با این شرایط قیمت نسبی پایین این نهاده حیاتی منجر به استفاده ناکارا از آن می‌شود و در مقابل کاهش یارانه آب و افزایش قیمت این نهاده، موجب افزایش هزینه‌های تولید و قیمت محصولات کشاورزی آب‌بر و بنابراین، کاهش رقابت‌پذیری این محصولات می‌شود.^۱ این دوگانگی قیمت آب و رقابت‌پذیری می‌تواند اینرسی سیاستی در قیمت‌گذاری ایجاد کند؛ به‌ویژه اگر سیاست‌گذار نتواند اهداف سیاستی را اولویت‌بندی کند. وی یا باید به امنیت غذایی و رقابت‌پذیری وزن بیشتری دهد و یا نگران ذخائر آبی برای کشوری باشد که در اقلیم خشک قرار گرفته است.^۲ بدیهی است که برای افزایش امنیت غذایی و رقابت‌پذیری باید عملکرد محصولات کشاورزی افزایش یابد و عملکرد پایین محصولات کشاورزی نباید با قیمت پایین آب جبران شود.

با توجه به دوگانگی قیمت آب و رقابت‌پذیری، در این مطالعه، در مرحله نخست، با استفاده از رویکرد تابع تولید، قیمت سبزیجات محصولات منتخب کشاورزی ایران (شامل: محصولات زراعی اصلی (گندم آبی، برنج دانه‌بلند مرغوب، سیب‌زمینی آبی و ذرت دانه‌ای آبی در استان‌های منتخب) طی دوره زمانی ۱۳۸۰-۱۳۹۷ (براساس آخرین داده‌های قابل‌دسترس) برآورد شده است. قیمت سبزیجات آب می‌تواند معیاری برای مصرف بهینه آب و تخصیص کارآمد آب میان محصولات مختلف باشد؛ به‌ویژه با توجه به کسری تراز بازرگانی منابع آبی کشور، مدیریت تقاضای آب در بخش کشاورزی از طریق توجه به ارزش اقتصادی آب (قیمت واقعی آب) و الگوی کشت بهینه در طراحی الگوی تولید و تجارت محصولات کشاورزی ضروری می‌باشد (محمدجانی و یزدانیان، ۱۳۹۳). در گام بعدی، با به‌کارگیری از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم، اثر قیمت سبزیجات بر رقابت‌پذیری محصولات منتخب کشاورزی مورد آزمون قرار می‌گیرد.

براساس داده‌های فائو (FAO)^۳ رژیم غذایی اکثر مردم دنیا مبتنی بر چند محصول زراعی غذایی اصلی^۴ شامل: برنج، گندم، ذرت و سیب‌زمینی است؛ هم‌چنین، ۵۰ هزار گیاه خوراکی در دنیا کشت می‌شود که سه محصول زراعی، یعنی برنج، ذرت و گندم، ۶۰٪ انرژی دریافتی جهانی را تأمین می‌کنند^۵ و برای بیش از ۴ میلیارد نفر به‌عنوان منبع تغذیه و درآمد محسوب می‌شوند (آژانس بین‌المللی انرژی اتمی^۶). براساس گزارش فائو، سهم

^۱ نتایج مطالعه «حسینی» و همکاران (۱۳۹۵) نشان می‌دهد کاهش یارانه آب در بخش کشاورزی موجب کاهش مصرف خانوارهای روستایی و افزایش شاخص قیمت و هزینه‌های تولید در بخش کشاورزی می‌شود.

^۲ هرچند در برنامه ششم توسعه عنوان شده است که برای ارتقای عدالت اجتماعی، افزایش بهره‌وری آب و انرژی و هدفمندکردن یارانه‌ها در جهت افزایش تولید و توسعه نقش مردم در اقتصاد، به دولت اجازه داده می‌شود که قیمت آب و سایر کالاها و خدمات یارانه‌ای به تدریج تا پایان سال ۱۴۰۰ اصلاح کند، ولی روند قیمت آب در بخش کشاورزی نشان می‌دهد اصلاح قابل‌توجهی در این بخش صورت نگرفته است و تعرفه آب بهای کشاورزی در شبکه‌های آبیاری براساس قانون تثبیت آب بهای زراعی مصوب سال ۱۳۶۹ و بر مبنای ۱ تا ۳٪ محصول کاشت شده محاسبه می‌شود (لیلی‌زاده و همکاران، ۱۴۰۱). این موضوع می‌تواند ناشی از دغدغه‌های دیگر در این مسیر باشد.

^۳ Food and Agriculture Organization (FAO)

^۴ Staple food Crops

^۵ www.fao.org/4/u8480e/U8480E07.htm

^۶ www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull53-3/53305711111.pdf

غذایی این محصولات در سال ۲۰۱۹م. به ترتیب ۶۵.۹، ۸۱.۸ و ۶۶.۹٪ می باشد (کوزوب و همکاران^۱، ۲۰۲۲). در ایران، براساس آمارنامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی (۱۴۰۲)، در سال ۱۴۰۰، استان فارس با سهم ۲۰.۷۲٪ مهم ترین تولیدکننده ذرت آبی است. استان خوزستان نیز با سهم ۱۷.۸۳٪ مهمترین تولیدکننده گندم آبی می باشد؛ همچنین، استان همدان در تولید سیب زمینی آبی (با سهم ۱۸.۳۸٪) دارای رتبه اول کشوری است. استان مازندران نیز با تأمین حدود ۴۴٪ برنج کشور در تولید این محصول صدرنشین است.

مقاله حاضر در چهار بخش سازماندهی شده است؛ بعد از مقدمه در بخش نخست، پیشینه پژوهش در بخش دوم ارائه شده است. روش شناسی پژوهش در بخش سوم آمده است. بخش چهارم، به شبیه سازی و اعتبارسنجی مدل و تحلیل سناریو اختصاص دارد. نتیجه گیری و توصیه های سیاستی در بخش پنجم ارائه شده است.

۲. پیشینه پژوهش

مفهوم رقابت پذیری^۲ در ادبیات اقتصاد و تجارت بین الملل دارای تعاریف گسترده ای است. رقابت طی زمان و باوجود تلاش های گسترده برای معنا بخشیدن به این سازه، به مفهومی مبهم تبدیل شده است. برخی محققان این واژه را محدود به مزیت نسبی یا موارد مشابه در نظر می گیرند و بعضی دیگر، آن را به عنوان جنبه های عملکردی اقتصاد کلان در نظر می گیرند (سیگل^۳، ۲۰۰۶). در این رابطه، «فاینزلیبر»^۴ (۱۹۹۱) بیان می کند که رقابت پذیری ظرفیت یک کشور برای حفظ و گسترش مشارکت خود در بازار بین المللی و همزمان بالا بردن استاندارد زندگی جمعیت است. «مارتین»^۵ (۱۹۹۱) اشاره می کند که رقابت پذیری نشان دهنده موقعیت یک کالا در بازار رقابتی است؛ همچنین، «پورتر»^۶ (۱۹۹۰)، مزیت رقابتی را به عنوان عملکرد برتر اقتصاد در نظر می گیرد. در چارچوب «مدل الماس»^۷ پورتر، رقابت پذیری با شاخص های عملکردی همچون مزیت هزینه، سودآوری، بهره وری و کارایی آشکار می شود. «لاتروف»^۸ (۲۰۱۰) بهره وری و کارایی را شاخص یا معیار رقابت پذیری در نظر می گیرد. با توجه به تعاریف متعدد برای رقابت پذیری، «کروگمن»^۹ (۱۹۹۴) توجه بیش از اندازه به معیار رقابت پذیری را وسواس خطرناک عنوان می کند.

درمجموع، رقابت پذیری رابطه نزدیکی با عملکرد نسبی یک بنگاه، بخش اقتصادی و یا یک کشور دارد که خود متأثر از قابلیت، شایستگی، برخورداری و محیط آن می باشد. در این چارچوب، عملکرد تجارت بخش کشاورزی نیز متأثر از رقابت پذیری و مزیت های نسبی این بخش می باشد؛ همچنین، رابطه نزدیکی میان سیاست های تجارت کشاورزی و برخی متغیرها همچون: کاربری اراضی، انتخاب روش های تولید، مشوق ها و یارانه های کشاورزی وجود دارد (آندری و همکاران^{۱۰}، ۲۰۲۰). با این حال، اثرات سیاست های حمایتی بر بهبود

¹ Kozub et al.

² Competitiveness

³ Siggel

⁴ Fajnzylber

⁵ Martin

⁶ Porter

⁷ Diamond model

⁸ Latruffe

⁹ Krugman

¹⁰ Andrei et al.

رقابت‌پذیری کشاورزی، به‌ویژه با توجه به تفاوت‌های چشمگیر آن‌ها در پارادایم، ساختار مالکیت زمین، توسعه‌یافتگی و روابط تجارت بین‌الملل پیچیده و بحث‌برانگیز است. در مقابل، «مانوللی» و همکاران^۱ (۲۰۰۴) بیان می‌کنند که با افزایش رقابت‌پذیری کشاورزی، کارایی اقتصادی رشد کرده و در بلندمدت، بخش کشاورزی، ساختار و سازوکار عملکرد داخلی خود را بهبود می‌بخشد.

رقابت‌پذیری از منابع مختلف همچون تفاوت در برخورداری نسبی از عوامل تولید، تفاوت در فناوری‌های تولید و بهره‌وری ناشی می‌شود. این رویکرد مبتنی بر رقابت‌پذیری هزینه و مربوط به تجارت بین صنایع می‌باشد. در مقابل، الگوی تجارت درون صنعت مبتنی بر مؤلفه‌های ساختار بازار، به‌ویژه تمایز محصول است. با این حال به نظر می‌رسد با توجه به همگنی بیشتر محصولات کشاورزی، عملکرد رقابتی بخش کشاورزی بیشتر متأثر از در برخورداری نسبی از منابع، فناوری، سیاست‌ها و محیط اقتصاد کلان و بین‌الملل باشد. در این چارچوب، کاهش دسترسی به آب در بخش کشاورزی، ارزش تولید نهایی مورد انتظار^۲ (MWV) یا هزینه فرصت تولید را به شدت افزایش می‌دهد و متعاقباً با افزایش هزینه‌تولید، رقابت‌پذیری این بخش را کاهش می‌دهد. در مقابل با دسترسی بیشتر به آب، MWV کاهش می‌یابد، که با فرض معمول در رابطه با نزولی بودن بازده نهایی سازگار است (چبیل و همکاران^۳، ۲۰۱۹)؛ اگرچه براساس نظریه‌های اقتصادی، تخصیص بهینه در بازار رقابتی صورت می‌گیرد، قیمت واقعی آب به دلایل مختلف از جمله مالکیت عمومی، کنترل دولتی و انحصار عرضه آب از این قاعده مستثنی است و در بازار رقابتی تعیین نمی‌شود (جیا و همکاران^۴، ۲۰۱۶) و مواردی هم‌چون هزینه‌های فرصت، آثار اقتصادی و محیط‌زیستی مرتبط با کاهش منابع آبی (پرون و جاسچکو^۵، ۲۰۱۷) یا افزایش هزینه بهره‌برداری برای مصرف‌کنندگان آبی را شامل نمی‌شود (راجرز و همکاران^۶، ۱۹۹۸). در این شرایط، قیمت‌گذاری به عنوان یک ابزار اقتصادی برای تعیین ارزش واقعی آب پیشنهاد می‌شود (دینار و همکاران^۷، ۲۰۱۵).

مطالعات مختلفی درباره آب و کشاورزی انجام شده است که در ادامه به این مطالعات اشاره می‌شود؛ مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی (۱۴۰۲) با رویکرد پویایی‌شناسی سیستمی، بحران آب ایران را بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که بهبود کیفیت حکمرانی در بخش آب، منجر به تغییر تقاضای مصرف آب و ارتقای بهره‌وری می‌شود؛ همچنین، «درخشان» (۱۴۰۲) براساس نظریه «دانینگ-کروگر»^۸ نشان داده است که مدیریت آب در ایران به دلیل اندازه دولت و عدم ظرفیت‌سازی و تفویض اختیار، در تله روزمرگی افتاده است. براساس این مطالعه، عدم عبرت‌اندوزی و آسیب‌شناسی اقدامات، موجب شده است که خبرگی و بلوغ در سیستم مدیریت آب پدید نیاید، و این موضوع موجب زوال منابع آب شده است. «توکلی» و همکاران (۱۴۰۰)، مزیت نسبی محصولات کشاورزی استان سمنان را با محوریت بهره‌وری آب بررسی کرده‌اند. براساس این تحقیق، پسته با ۴۸۶۹ تومان بر مترمکعب و انگور با ۳۰۲۲ تومان بر متر مکعب در رتبه‌های اول و دوم بهره‌وری

1 Manoleli et al.

2 marginal water value

3 Chebil et al.

4 Jia et al.

5 Perrone and Jasechko

6 Rogers et al.

7 Dinar et al.

8 Dunning-Kruger Theory

اقتصادی قرار گرفته‌اند؛ براساس این مطالعه، جو، یونجه و گندم به ترتیب با ۳۷۹، ۳۹۹ و ۴۵۷ تومان بر مترمکعب دارای کمترین بهره‌وری اقتصادی هستند. «پیری» و «حیدری» (۱۴۰۰)، ارزش اقتصادی و بهره‌وری آب در محصولات عمده ایرانشهر را با استفاده از رهیافت تابع تولید برای سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ برآورد کردند؛ براساس نتایج این تحقیق به دست آمده از تابع کاب-داگلاس برای گندم و هندوانه، قدرمطلق کشش قیمتی خودی تقاضای مشتق شده آب برای گندم و هندوانه به ترتیب معادل $1/13$ و $1/27$ می‌باشد؛ همچنین، در این تحقیق، ارزش اقتصادی آب برای گندم ۱۲۴۴۱ ریال و برای هندوانه ۱۴۰۰۰ ریال به ازای هر مترمکعب آب به دست آمده است. «بکتاش» و همکاران (۱۳۹۹)، با استفاده از مدل توابع تولید و گاردنر^۱، ارزش اقتصادی آب کشاورزی در سال زراعی ۱۳۹۶ را برای شمال خوزستان برآورد کردند؛ براساس نتایج این تحقیق، آب‌ها برای محصولات گندم، ذرت و صیفی‌جات ۱۵۹۴/۲، ۱۶۹۷/۵ و ۱۳۵۸/۰۷ ریال می‌باشد. با توجه به این مطالعه، برای بهبود نظام تولید کشاورزی باید با تعدیل آب‌ها براساس ارزش اقتصادی شرایط استفاده صحیح و صرفه‌جویی در مصرف نهاده آب فراهم گردد. «نوروزیان» و همکاران (۱۳۹۸)، اثر قیمت‌گذاری آب بر مزیت‌نسبی محصولات کشاورزی شهرستان کاشمر را در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ مورد بررسی قرار دادند؛ براساس نتایج این تحقیق، زعفران، انگور و انار در دو نرخ ارز بازار آزاد و تعادلی دارای مزیت‌نسبی هستند. گندم و جو آبی در نرخ ارز بازار آزاد فاقد مزیت‌نسبی بوده ولی در نرخ ارز تعادلی دارای مزیت‌نسبی می‌باشند.

در رابطه با مطالعات خارجی می‌توان به «دیوید» و همکاران^۲ (۲۰۲۴) اشاره کرد که تعادل آب، انرژی و غذا (WEF)^۳ را بررسی کردند؛ آنان با استفاده از یک مطالعه میدانی، بر اهمیت شاخص‌های اقتصادی در WEF تأکید می‌کنند. براساس این مطالعه، مکانیسم قیمت‌گذاری، اشتغال، تجارت خارجی نیازمند استراتژی سرمایه‌گذاری مبتنی بر مزیت نسبی می‌باشد. «لایزنه» و همکاران^۴ (۲۰۲۴) با ترکیب خروجی‌های یک مدل هیدرولوژیکی جهانی، شکاف آبی را بررسی کرده‌اند. براساس این مطالعه، تغییرات آب و هوایی، رشد جمعیت و انواع مصرف آب مهم‌ترین عوامل شکاف آبی محسوب می‌شوند. «سانگ» و همکاران^۵ (۲۰۲۴) با ارائه یک مدل بهینه‌سازی مدیریت حقوق آب کشاورزی، حق‌آبه استان هیلونگ‌جیانگ چین را طی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۹ بررسی کرده‌اند. این مطالعه با به‌کارگیری پویایی‌شناسی سیستمی و فازی شهودی نشان می‌دهد که مبادله حق‌آبه موجب توسعه هماهنگ مزارع شده است و منافع اقتصادی و بهره‌وری منابع آب نیز بهبود یافته است. «وو»^۶ و همکاران (۲۰۲۳) با استفاده از روش فازی، قیمت معیار حقوق مصرف آب (WURBP)^۷ در منطقه آبی رودخانه زرد نینگشیا^۸ چین از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۰م. را بررسی و تحلیل کردند. براساس این مطالعه، WURBP برای محصولات غذایی معادل ۰.۲۵۲ یوان در مترمکعب و برای محصولات زراعی تجاری^۹ معادل ۰.۶۵۲ یوان

1 Gardner method

2 David et al.

3 Water, Energy & Food (WEF)

4 Leijnse et al.

5 Song et al.

6 Wu et al.

7 Water-use rights benchmark price

8 Ningxia

9 Cash crops

در متر مکعب به‌دست آمده است. «هوانگ» و همکاران^۱ (۲۰۲۳) با هدف بهینه‌سازی الگوی کشت دو مرحله‌ای برای ۱۰ محصول در نه استان حوضه رودخانه زرد کشور چین طی سال‌های کم آبی (۲۰۰۶)، معمولی (۲۰۱۰) و پرابی (۲۰۱۲)، قیمت‌های سایه‌ای را بررسی کرده‌اند. براساس نتایج این مطالعه، تفاوت‌های قابل توجهی در قیمت سایه‌ای آب مصرفی محصولات براساس نوع آب، نوع محصول و مکان وجود دارد. «داس» و همکاران^۲ (۲۰۲۳) به‌منظور بررسی هزینه واقعی آب و ارائه چارچوبی برای ارزش‌گذاری آب تولیدی، مطالعات پیرامون ارزیابی اقتصادی قیمت آب را مرور کردند. آنان یک سیستم آب‌بها را برای مجتمع‌های ساختمانی پیشنهاد می‌کنند، به‌نحوی که کیفیت آب افزایش و نشتی آب کاهش یابد. «قوش» و همکاران^۳ (۲۰۲۳)، اهمیت ارزش‌گذاری و قیمت‌گذاری آب در هند را بررسی کردند. این مطالعه بر اهمیت سیستم کارآمد تعرفه آب در کاهش شکاف فزاینده تقاضا و عرضه آب تأکید می‌کند. همچنین این تحقیق، ترکیبی از کارایی مصرف آب، افزایش عملکرد و شیوه‌های تنوع بخشی محصول برای مدیریت تقاضای آب در بخش کشاورزی را پیشنهاد می‌کند. «نام» و همکاران^۴ (۲۰۲۳) با توجه به نقش قابل توجه صنایع غذایی دریایی در ایجاد اشتغال، هزینه‌های نهایی کاهش آلاینده‌گی (MAC)^۵ برای سه آلاینده آب (COD, BOD و TSS) را برای ۱۱۶ شرکت فعال ویتنام در فرآوری غذاهای دریایی طی دوره زمانی ۲۰۱۸-۲۰۱۶م. را بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشانگر ناهمگونی قابل توجه در MAC می‌باشد. «هرناندز-سولانو» و همکاران^۶ (۲۰۲۳) ضمن ارائه مدل نظری، یک مطالعه تجربی درباره قیمت سایه‌ای آب برای ۱۷۶۵ خانوار روستایی مکزیک در سال ۲۰۰۷م. انجام دادند؛ براساس این مطالعه، قیمت سایه‌ای آب برای تولیدکنندگان معیشتی (برای مصرف خانوار)^۷ باید بیشتر یا مساوی قیمت بازار باشد؛ همچنین نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که دستمزد سایه‌ای کمتر از دستمزد بازار است. «کلاسر» و همکاران^۸ (۲۰۲۳) سیستم انسان-طبیعت^۹ را برای بازار آب اردن بررسی کرده‌اند؛ آنان با به‌کارگیری شاخص‌های مختلف نشان دادند که فروش آب غیرقانونی در اردن بیش از مجوزهای دولتی است و این موجب برداشت بیش از حد از آب‌های زیرزمینی شده است. آنان بر بهبود کارایی و عدالت در تأمین آب عمومی برای تضمین امنیت آب تأکید می‌کنند. «اورتیز-پارتیدا» و همکاران^{۱۰} (۲۰۲۳) ضمن بررسی ۵۳۰ مقاله از سال ۲۰۰۹ تا ژوئیه ۲۰۲۰م، کاربردهای مدل اقتصاد آبی (HEM)^{۱۱} را مورد بررسی قرار داده‌اند. آن‌ها دریافتند که پیچیدگی و ناهمگونی مشکلات مدیریت منابع آب به‌دلیل تقاضا و رقابت فزاینده برای آب در بخش‌های اقتصادی افزایش یافته است. این درحالی است که دسترسی به منابع اضافی^{۱۲} محدود شده است. این مطالعه به ارزش محیط‌زیستی آب تأکید می‌کند. «سپتانا» و همکاران^{۱۳} (۲۰۲۲) با به‌کارگیری ماتریس تحلیل سیاستی، مزیت‌نسبی و رقابتی تولید

1 Huang et al.

2 Das et al.

3 Ghosh et al.

4 Nam et al.

5 Marginal abatement costs

6 Hernández-Solano et al.

7 subsistence producers

8 Klassert et al.

9 Human-natural system

10 Ortiz-Partida et al.

11 Hydro-economic modeling

12 Additional supplies

13 Saptana et al.

سیب زمینی در اندونزی را برای سال زراعی ۲۰۲۰-۲۰۱۹م. تحلیل کردند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد تولید سیب زمینی در کشور اندونزی از نظر بازاری و اجتماعی سودآور است. «سیلن»^۱ (۲۰۲۰) سیاست‌های تولید گندم در ترکیه را با استفاده از ماتریس تحلیل سیاستی مورد ارزیابی قرار داد. براساس این تحقیق، تولید گندم در ترکیه بدون حمایت دولت از بخش کشاورزی دارای مزیت نمی‌باشد. «بیرکنز» و همکاران^۲ (۲۰۱۹)، قیمت سایه‌ای آب را برای چهار محصول اصلی زراعی و یک محصول باغی برآورد کردند. نتایج این مطالعه براساس رویکرد تابع تولید نشانگر تغییرات قیمت سایه‌ای آب در چندین کشور و استفاده ناکارآمد از منابع آبی از جمله آب‌های زیرزمینی تجدیدنپذیر می‌باشد. «چیل» و همکاران^۳ (۲۰۱۹)، رقابت‌پذیری گندم و پرتقال در تونس را تحت سناریوهای کم‌آبی بررسی کردند. نتایج تحلیل حساسیت در این تحقیق نشان داد که رقابت‌پذیری در تولید گندم و پرتقال به دلیل کاهش دسترسی به آب بدتر شده، ولی بهبود کارایی مصرف آب آبیاری منجر به کاهش قابل توجه در هزینه منابع داخلی (DRC)^۴ برای هر دو محصول شده است.

مرور مطالعات داخلی و خارجی نشان می‌دهد، پژوهشی درباره اثر قیمت سایه‌ای بر رقابت‌پذیری انجام نشده است؛ همچنین پویایی‌شناسی سیستمی جنبه تمایز دیگر این مطالعه در مقایسه با سایر مطالعات می‌باشد. مطالعه حاضر از جنبه‌های مختلف متمایز از مطالعات دیگر است؛ اولاً، این پژوهش در سطح کشور و برای استان‌های مختلف انجام شده و بر این اساس، امکان مقایسه کارایی استفاده از آب از نظر قیمت سایه‌ای برای محصولات اصلی-استان منتخب فراهم شده است. ثانیاً، برخلاف اکثر مطالعاتی که داده‌های مربوط به برداشت آب را مبنای تجزیه و تحلیل خود قرار داده‌اند؛ در این پژوهش، قیمت سایه‌ای براساس آب مصرفی محصولات زراعی ارزیابی شده است. همچنین، این پژوهش اولین مطالعه در رابطه با تعیین قیمت سایه‌ای آب و اثر آن بر رقابت‌پذیری بخش کشاورزی ایران می‌باشد و در این راستا از رویکرد پویایی‌شناسی سیستم استفاده شده است که خود نوآوری دیگری برای مطالعه حاضر محسوب می‌شود.

۳. روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش در چند مرحله و به صورت ترکیبی انجام شده است؛ در گام نخست، قیمت سایه‌ای آب از رویکرد تابع تولید کاب-داگلاس^۵ برآورد شده است. در گام دوم، با به کارگیری روش پویایی‌شناسی سیستم و روابطسنجی و ریاضی، اثر قیمت سایه‌ای آب بر رقابت‌پذیری محصولات کشاورزی منتخب مورد ارزیابی قرار گرفته است. همان گونه که عنوان شد در این پژوهش برای برآورد قیمت سایه‌ای از رویکرد تابع تولید استفاده شده است. تابع تولید کاب-داگلاس (CD) یک رابطه عملکردی میان نهاده و ستانده را نشان می‌دهد. در این تابع فرض می‌شود بازده نسبت به مقیاس ثابت و کشش جانشینی واحد است و ممکن است این رویکرد منجر به تخمین بیش از حد شود (کاب-داگلاس، ۱۹۲۸؛ ارهابور^۶، ۱۹۸۲؛ ترفا و ترواس^۷، ۲۰۱۱)؛ با این حال، تابع تولید کاب-

1 Ceylan

2 Bierkens et al

3 Chebil et al.

4 Domestic Resource Cost (DRC)

5 Cobb-Douglas

6 Erhobor

7 Terfa and Terwase

داگلاس بیش از بقیه توابع استفاده می‌شود؛ زیرا معیارهای موردنظر اقتصادی، ریاضی، آماری و اقتصادسنجی را برآورده می‌کند (فیدلیس و همکاران^۱، ۲۰۲۳). فرم کلی تابع کاب-داگلاس با n نهاده (x_i) و یک ستانده (y) به صورت رابطه (۱) می‌باشد.

$$y = Ax_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2} \dots x_n^{\alpha_n} = A \prod_i x_i^{\alpha_i} \quad (1)$$

$$= 1.2. \dots .n$$

با خطی‌سازی لگاریتمی رابطه (۲) می‌توان نوشت:

$$\begin{aligned} \ln y = \ln A + \alpha_1 \ln x_1 + \alpha_2 \ln x_2 + \dots \\ + \alpha_n \ln x_n \end{aligned} \quad (2)$$

براساس رابطه (۲)، تصریح اقتصادسنجی تابع تولید برای برآورد قیمت سایه‌ای در پژوهش حاضر به صورت

زیر می‌باشد:

$$\begin{aligned} \ln Y_{it} = \alpha + \beta_{wat} \ln W_{it} + \beta_{lab} \ln L_{it} + \beta_{mac} \ln M_{it} + \beta_{fer} \ln F_{it} + \beta_{pes} \ln P_{it} + \\ \beta_{sed} \ln S_{it} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (3)$$

که در آن، که در آن به ترتیب W مقدار آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)، L نیروی کار (نفر روز کار در هکتار)، M ماشین‌آلات برحسب ساعت کار در هکتار، F کود شیمیایی (کیلوگرم در هکتار)، P سم مصرفی (کیلوگرم در هکتار) و S نشان‌دهنده بذر مصرفی برحسب کیلوگرم در هکتار، همگی برای محصول i در سال t است. ضرایب β برای هر یک از نهاده‌های تولیدی در تابع تولید کاب-داگلاس نشانگر کشش تولیدی نهاده مذکور است.

در ادامه با استفاده از ضریب به دست آمده از تخمین تابع تولید (رابطه ۳)، تولید نهایی نهاده آب براساس رابطه (۴) به دست می‌آید:

$$MP_W = \frac{\partial \ln Y}{\partial \ln W} \times \frac{Y}{W} = \beta_{wat} \frac{Y}{W} \quad (4)$$

سرانجام با ضرب تولید نهایی در قیمت محصول، قیمت سایه‌ای نهاده آب به شکل رابطه (۵) حاصل می‌شود.

$$P_{shadow} = P_{output} \times MP_W \quad (5)$$

برای برآورد شاخص رقابت‌پذیری محصولات منتخب کشاورزی از هزینه منابع داخلی (DRC)^۲ طی دوره زمانی مورد مطالعه استفاده شده است. یکی از روش‌هایی که به طور گسترده برای اندازه‌گیری رقابت‌پذیری در مطالعات داخلی و خارجی استفاده شده است، رویکرد هزینه منابع داخلی (DRC) است. این روش اگرچه اطلاعات زیادی نیاز دارد، ولی روش دقیق‌تری در مقایسه با سایر شاخص‌های رقابت‌پذیری محسوب می‌شود. نکته اصلی در شاخص DRC مقایسه هزینه نهاده‌های داخلی با ارزش افزوده محصول است. اگر این شاخص کوچک‌تر از یک باشد به این معناست که به کارگیری نهاده‌های داخلی سودآوری داشته و محصول رقابت‌پذیر است. برعکس در صورتی که DRC بزرگ‌تر از یک باشد، ارزش افزوده ناشی از نهاده‌های داخلی نتوانسته است

۸ برای محدودیت‌های تابع کاب-داگلاس به «پهنومرتی» (۲۰۰۲) مراجعه کنید.

1 Fidelis et al.

2 Domestic Resource Cost (DRC)

هزینه این نهاده‌ها را جبران کند. از مطالعاتی که از این روش برای اندازه‌گیری رقابت‌پذیری استفاده کرده‌اند، می‌توان به «سین»^۱ (۲۰۲۰) برای گندم ترکیه، «سپتانا»^۲ و همکاران^۳ (۲۰۲۲) برای سیب‌زمینی اندونزی، «راسخی» و «صیامی»^۴ (۱۳۸۷) برای مرکبات مازندران و «نوروزیان» و همکاران^۵ (۱۳۹۸) برای محصولات زراعی کاشمر اشاره کرد. این شاخص توسط مطالعه حاضر محاسبه و در ادامه استفاده شده است. با برآورد قیمت سایه‌ای آب و شاخص رقابت‌پذیری محصولات منتخب کشاورزی، در مرحله بعد، اثر آن بر رقابت‌پذیری محصولات منتخب کشاورزی با رویکرد پویایی‌شناسی سیستمی^۶ آزمون می‌شود. این روش زیرشاخه‌ای از تفکر سیستمی^۷ می‌باشد (ریچموند^۸ ۱۹۹۴؛ فورد^۹ ۱۹۹۹) که در دهه ۱۹۶۰ توسط «فرستر»^{۱۰} (۱۹۶۱ و ۱۹۶۹) و سایر محققان شکل گرفت. این روش ابزاری مناسب برای کشف روابط علی معلولی از طریق حلقه‌های بازخورد میان اجزای مختلف در سیستم‌های بزرگ می‌باشد (استرمن^{۱۱}، ۲۰۰۰). رویکرد پویایی‌شناسی سیستمی، ترکیبی از روش‌های کیفی و کمی برای شبیه‌سازی ساختار سیستم‌های پیچیده، پویا، غیرخطی و پیوسته-گسسته و تحلیل روابط درونی سیستم است (چن و وی^{۱۲}، ۲۰۱۴). پویایی‌شناسی سیستم براساس معادلات دیفرانسیل و مدل‌های ریاضی با تأخیر زمانی و از طریق نمودارهای حلقه علی^{۱۳} (CLDs) و انباشت-جریان (SFDs)^{۱۴} روابط میان متغیرها را توصیف می‌کند (ریچموند، ۱۹۹۳؛ بارلاس^{۱۵}، ۱۹۹۶؛ استرمن، ۲۰۰۰). مدل‌سازی در پویایی‌شناسی سیستم (SDM) در پنج مرحله صورت می‌گیرد. ابتدا، مرز بسته سیستم تعیین می‌شود؛ سپس، فرضیه پویا تبیین می‌شود. در گام سوم، معادلات مدل تصریح می‌شوند؛ سپس، اعتبارسنجی مدل انجام می‌شود. سرانجام، سناریوسازی، طراحی و تجزیه و تحلیل سیاستی صورت می‌گیرد (استرمن، ۲۰۰۰).

متغیرهای پویایی‌شناسی سیستم عموماً به متغیرهای انباشت، نرخ، کمکی و ثابت دسته‌بندی می‌شوند؛ متغیر انباشت ($S(t)$) حافظه سیستم را نشان می‌دهد و براساس روابط (۶) و (۷) با متغیر نرخ ($R(t)$) ارتباط دارد:

$$S(t) = \int R(t) \quad (6)$$

$$R(t) = \frac{dS(t)}{dt} \quad (7)$$

در تحقیق حاضر، متغیرهای سطح زیرکشت، تراز آب استانی، آب در دسترس بخش کشاورزی، جمعیت شهری و روستایی، نیروی کار آموزش دیده، نیروی کار شاغل، ذخیره کل سیب‌زمینی جزو متغیرهای انباشت هستند. بدیهی است براساس رابطه (۷)، متغیر نرخ از مشتق یا تغییر این متغیرها حاصل می‌شود. سایر متغیرها کمکی در نظر گرفته می‌شوند که در این رابطه می‌توان به شاخص‌های رقابت‌پذیری، قیمت سایه‌ای، نسبت سطح زیرکشت، کمبود آب آبیاری، آب آبیاری مصرفی، کارایی و راندمان آبیاری، سودآوری بازاری، میانگین درآمد

¹ Ceylan

² Saptana et al.

³ System dynamics

⁴ Systems thinking

⁵ Richmond

⁶ Ford

⁷ Forrester

⁸ Sterman

⁹ Chen & Wei

¹⁰ Causal loop diagrams

¹¹ Stock-Flow Diagrams (SFDs)

¹² Barlas

کشاورزان، میزان تولید محصول، شاخص خودکفایی محصول، مصرف داخلی، صادرات و واردات محصول، شاخص امنیت غذایی و قدرت خرید مصرف‌کننده اشاره کرد. متغیرهایی مثل نرخ نسبی رشد متغیرها که طی دوره مورد مطالعه داده شده در نظر گرفته می‌شوند، ثابت می‌باشند. روابط ریاضی تمامی متغیرها براساس نوع متغیر و تعریف هر کدام مشخص شده و در شبیه‌سازی استفاده شده است. داده‌های خام و اطلاعات آماری پایه در تحقیق حاضر از وزارت جهاد کشاورزی، گمرک جمهوری اسلامی ایران، مرکز آمار ایران و سازمان ثبت احوال کشور اخذ شده است.

در ادامه روابط ریاضی پژوهش حاضر ارائه می‌شود. شاخص رقابت‌پذیری محصول i (PCI_i) از رابطه (۸) به دست آمده است (مونک و پیرسون^۱، ۱۹۸۹):

$$PCI_i = \frac{NTRC_i}{(SI_i - TC_i)} \quad (8)$$

که در آن، $NTRC_i$ هزینه منابع غیرقابل تجارت، SI_i درآمد اجتماعی، TC_i هزینه نهاده‌های قابل تجارت همگی در محصول i می‌باشند. درآمد سایه‌ای یا اجتماعی محصول i از رابطه (۹) محاسبه شده است (گولتکین و همکاران^۲، ۲۰۲۲):

$$SI_i = Y_i P_i^w ER \quad (9)$$

که در آن Y_i بازدهی محصول i ، P_i^w قیمت جهانی محصول i و ER نرخ اسمی ارز می‌باشد.

عملکرد محصول i از رابطه (۱۰) به دست آمده است (فیدلیس و همکاران^۳، ۲۰۲۳):

$$Y_i = CK_i^{Bc} F_i^{Bf} W_i^{Bw} L_i^{Bl} T_i^{Bl} Pe_i^{Bp} Se_i^{Bs} \quad (10)$$

که در آن، K_i سرمایه، L_i کار، W_i آب آبیاری، T_i زمین، F_i کود، Pe_i آفت‌کش‌ها و Se_i بذور همگی برای محصول i و C مقدار ثابت معادله است؛ همچنین توان متغیرها نشانگر کشش‌های بازدهی محصول نسبت به متغیرهای مورد اشاره می‌باشند.

تقاضای آب کشت محصول i (WD_i) از رابطه (۱۱) به دست آمده است (براتی و همکاران^۴، ۲۰۲۰):

$$WD_i = \frac{a_{wi}}{WEF_i} IR_i \quad (11)$$

که در این رابطه، a_{wi} ملزومات آبی، WEF_i کارایی مصرف آب و IR_i مساحت آبیاری همگی برای محصول i می‌باشند.

تغییر سطح زیر کشت آبیاری برای محصول i (ILC_i) یک متغیر جریان و تاخیری بوده و از رابطه (۱۲) محاسبه شده است (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۳):

$$ILC_i = GA_i + \text{DELAY}(ITI_i/a_{ki}, 5) \quad (12)$$

که در این رابطه، GA_i عملکرد دولت در رابطه با تجهیزات آبیاری، ITI_i سرمایه گذاری روی فناوری آبیاری، ملزومات واحد سرمایه و DELAY نشانگر اپراتور تأخیر (با وقفه ۵ ساله) در اثرگذاری سرمایه‌گذاری فناوری بر تغییر سطح کشت می‌باشد.

¹ Monke & Pearson

² Gültekin et al.

³ Fidelis et al.

⁴ Barati et al.

تراز آب استانی (WB) از تابع بیشینه (۱۳) به دست آمده است (صلوی تبار و همکاران، ۱۳۸۵):

$$WB = MAX(RV - Ev - D\&I - W_a, 0) \quad (13)$$

که در آن، حجم بارش (RV)، میزان تبخیر (Ev)، تخصیص آب شرب ($D\&I$) و تخصیص آب به کشاورزی (W_a) می باشد. تبخیر و تعرق (Ev) نیز از رابطه (۱۴) به دست می آید (براتی و همکاران، ۲۰۲۰):

$$Ev = EvR \times AWR_a \quad (14)$$

که در آن، AWR_a منابع آبی قابل دسترس برای کشاورزی و EvR نرخ تبخیر می باشد. کمبود آب آبیاری (WS) دیگر متغیر کمکی است که از رابطه (۱۵) به دست آمده است (صلوی تبار و همکاران، ۱۳۸۵):

$$WS = \frac{W_I EW}{a_w} \quad (15)$$

که در این رابطه، W_I آب آبیاری، EW کارایی آب آبیاری و a_w ملزومات آب می باشد. مهاجرت شغلی (EJC) از رابطه شرطی (۱۶) استخراج شده است (وو و همکاران^۱، ۲۰۱۴):

$$EJC = IF \ THEN \ ELSE \left(ig > 0, 0, \frac{ig}{i_r} em \right) \quad (16)$$

در این رابطه، ig شکاف درآمدی روستا، i_r درآمد روستا و em کشش درآمدی مهاجرت از روستا به شهر می باشد.

قدرت خرید مصرف کننده (PPC) از رابطه (۱۷) محاسبه شده است:

$$PPC = PCI / (1 + RAMP(\dot{P}, 0, 40)) \quad (17)$$

در این رابطه، تابع شیب ($RAMP$)^۲ استفاده شده است که نرخ تورم ($\dot{P}$) را با شیب یکنواخت افزایش داده و درآمد اسمی سرانه (PCI) را نسبت به تورم تعدیل می کند.

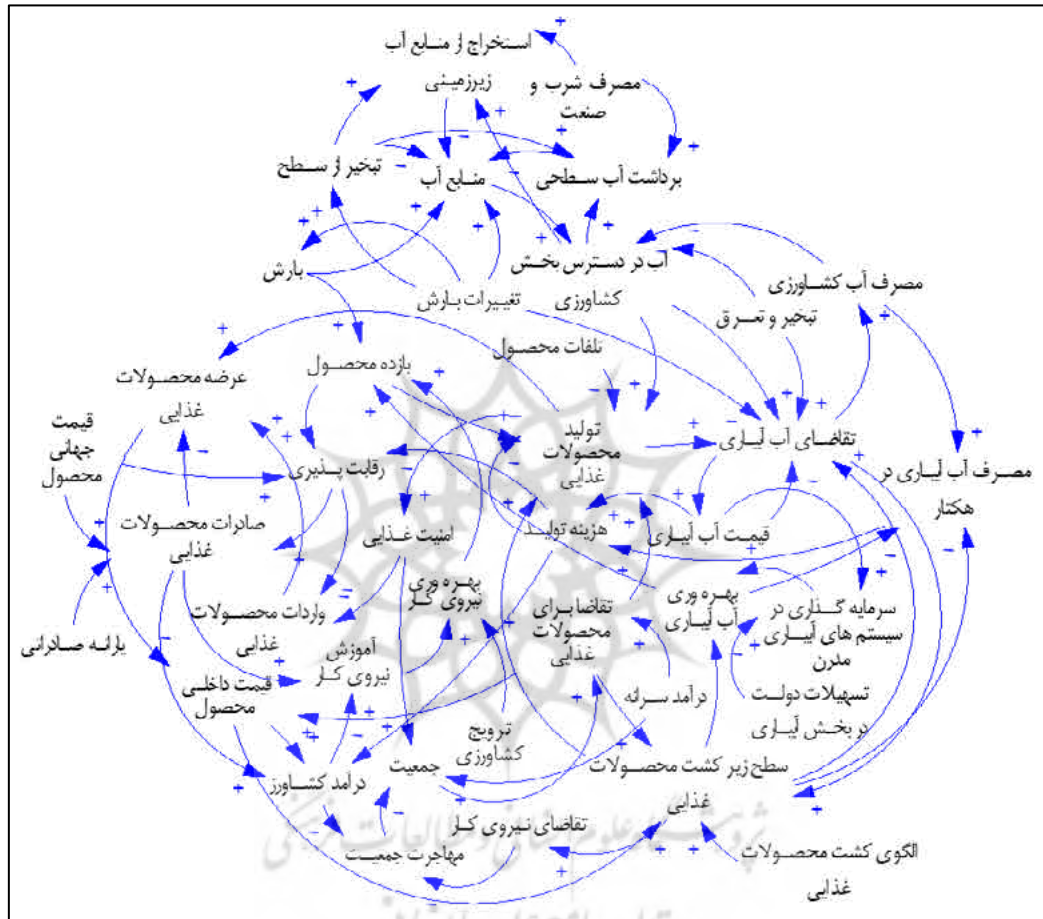
۴. طراحی، اعتبارسنجی و شبیه سازی مدل

در مطالعه حاضر، مرز بسته مسأله در رابطه با اثر قیمت سایه ای آب بر رقابت پذیری محصولات کشاورزی می باشد؛ همچنین، دوره زمانی شبیه سازی و پیش بینی مدل ۱۳۸۰-۱۴۲۰ ه.ش. در نظر گرفته شده است. نمودار (۱) الگوی تصویری-مفهومی اثر قیمت گذاری آب بر رقابت پذیری کالاهای کشاورزی را در قالب CLDs است. سیستم ارائه شده در این نمودار از چهار زیرسیستم: اقتصادی، اجتماعی، پایداری غذا، محیط زیست تشکیل شده است. در زیرسیستم اقتصادی، تولیدکنندگان کشاورزی ضمن به کارگیری نهاده های مورد نیاز در فرآیند تولید و فروش محصولات، به سودآوری دست پیدا می کنند. زیرسیستم اجتماعی شامل: جمعیت، مصرف کنندگان، نیروی کار شاغل در بخش کشاورزی و جابه جایی و مهاجرت جمعیت است. در زیرسیستم پایداری غذا، تأمین غذای مورد نیاز، بازده تولید، سطح زیرکشت و تلفات محصول جز متغیرهای کلیدی می باشند. این بخش شامل تأمین غذای مورد نیاز، بازده تولید، سطح زیرکشت و تلفات محصول می باشد. در این زیرسیستم، با افزایش سطح زیرکشت و عملکرد محصول، تولید کل غذا افزایش می یابد. در عین حال، عملکرد محصول وابسته به نهاده ها

¹ Wu et al.

² Ramp function

تولیدی، به‌ویژه جمله آب است. با افزایش قیمت آب، تقاضا برای آن کاهش می‌یابد و در نتیجه موجب کاهش در عملکرد محصولات تولیدی می‌شود. البته بهره‌وری آب با افزایش سطح زیرکشت دارای سیستم آبیاری مدرن افزایش می‌یابد که باعث افزایش در عملکرد تولید و کاهش در مصرف آب آبیاری می‌شود. زیرسیستم محیط‌زیستی نیز شامل: منابع آب استانی، آب در دسترس بخش کشاورزی، تقاضای آب کشاورزی، کارایی مصرف آب و اثر قیمت‌گذاری آب بر کاهش مصرف بخش کشاورزی می‌باشد.

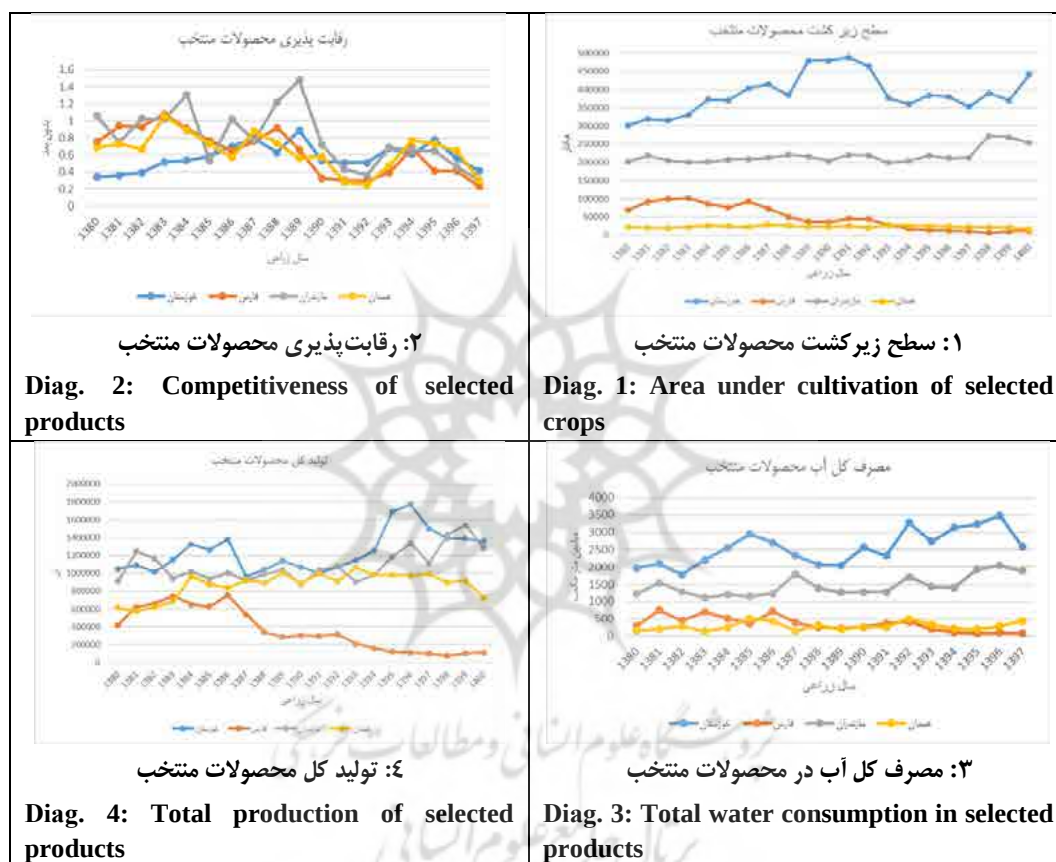


نمودار ۱: الگوی تصویری-مفهومی اثر قیمت‌گذاری آب بر رقابت‌پذیری کالاهای کشاورزی (منبع: مطالعه حاضر).

Graph. 1: Visual-conceptual model of the impact of water pricing on the competitiveness of agricultural goods (Reference: Present study)

در ادامه، با توجه به اطلاعات و داده‌های استخراج شده از سامانه آمار و اطلاعات جهاد کشاورزی و محاسبات مربوط به رقابت‌پذیری محصولات کشاورزی منتخب، نمودارهای مرجع متغیرهای کلیدی تحقیق در استان‌های منتخب (خوزستان، مازندران، همدان و فارس) ارائه شده است (نمودار ۲: شکل‌های ۱ تا ۴). این نمودارها برای تشخیص رفتار مرجع متغیرهای مورد مطالعه ضروری هستند. همان گونه که از این نمودارها مشخص است طی دوره زمانی مورد بررسی استان خوزستان بیشترین سطح کشت را در میان استان‌های منتخب دارد. این الگو برای نمودار (۲: شکل ۳)، یعنی مصرف آب نیز قابل مشاهده است؛ بدین ترتیب، الگوی سطح تولید و مصرف آب مشابه

الگوی سطح کشت تغییر کرده است؛ در عین حال، الگوی تولید محصولات منتخب طی دوره زمانی برای دو استان همدان و فارس متفاوت از الگوی سطح زیرکشت و مصرف آب تغییر کرده است و باوجود الگوی کشت و مصرف آب نسبتاً مشابه دو استان، سطح تولید محصولات منتخب در استان همدان بالاتر و رو به افزایش بوده است. به نظر می‌رسد که با توجه شباهت نسبی استان‌های منتخب و روند کاهشی رقابت‌پذیری آن‌ها (نمودار ۲: شکل ۲) متأثر از تغییر الگوی اقلیم و روند رو به افزایش ارزش سایه‌ای آب می‌باشد. با توجه به روند غیرخطی، پویا و پیچیده رقابت‌پذیری محصولات کشاورزی منتخب طی دوره مورد بررسی، الگوی تجربی این متغیر از طریق پویایی‌شناسی سیستم، شبیه‌سازی می‌شود.

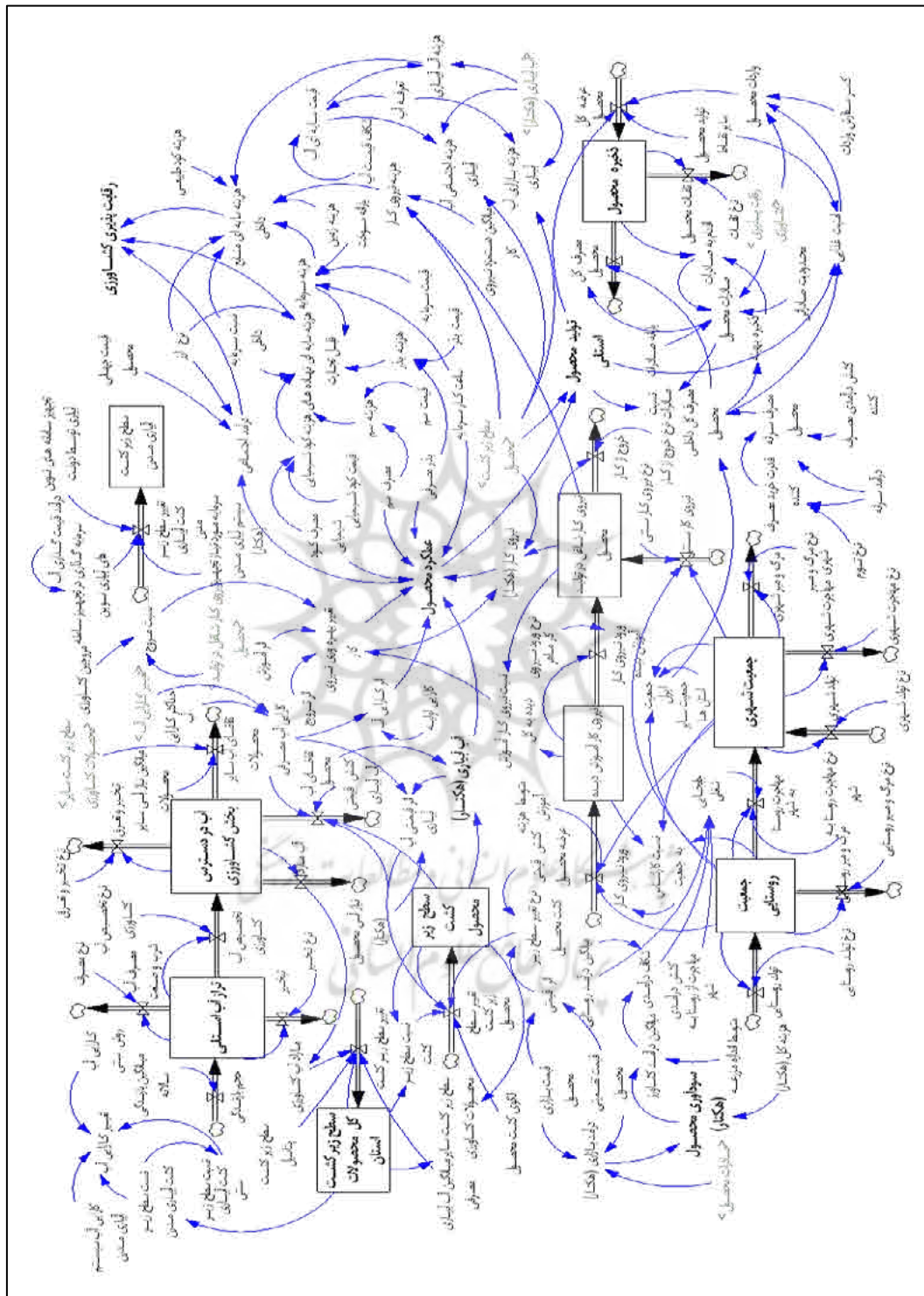


نمودار ۲: شبیه‌سازی الگوی تجربی متغیرها از طریق پویایی‌شناسی سیستم (منبع: مطالعه حاضر براساس داده‌های سامانه آمار و اطلاعات جهاد کشاورزی).

Graph. 2: Simulation of the empirical pathern of variables through system dynamics (Refernce: Present study based on data from the Agriculture Jihad Statistics and Information System).

براساس نمودار CLDs (نمودار ۱)، نمودار انباشت-جریان (SFD) در ادامه طراحی و ارائه شده است (نمودار ۶). لازم به ذکر است که نمودار انباشت-جریان مربوط به بخش محاسباتی پویایی‌شناسی سیستم است. در این نمودار، متغیرهای انباشت ویژگی انباشته‌شدن داشته و در هر لحظه از زمان حافظه سیستم را نشان می‌دهند؛

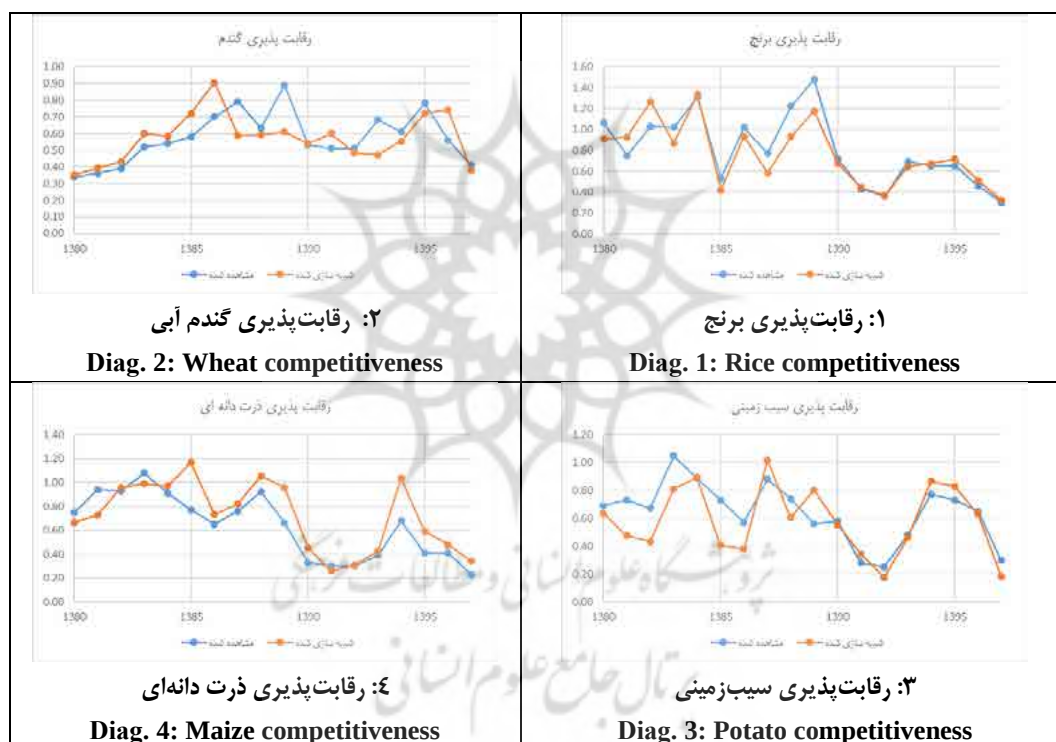
درحالی‌که، متغیرهای نرخ، تغییر متغیر انباشت بوده و شامل فعالیت‌هایی هستند که موجب تغییر انباشت می‌شوند (استرمن، ۲۰۰۰).



نمودار ۳: نمودار انباشت جریان برای اثر قیمت‌گذاری آب بر رقابت‌پذیری کالاهای کشاورزی (منبع: مطالعه حاضر).
 Graph. 3: Stock-flow diagram for the effect of water pricing on the competitiveness of agricultural goods (Reference: Present study).

با تصریح معادلات مرتبط به هر اتصال در نمودار انباشت-جریان، امکان شبیه‌سازی سیستم فراهم می‌شود. در مطالعه حاضر از نرم‌افزار «ونسیم» نسخه ۱۶.۴ استفاده شده است.

قبل از به‌کارگیری نتایج شبیه‌سازی برای سناریوسازی و توصیه‌های سیاستی، لازم است اعتبارسنجی مدل انجام شود. اعتبارسنجی مدل پویایی‌شناسی سیستم یک فرآیند برای اطمینان از صحت مدل برای استفاده از آن به‌عنوان یک ابزار مؤثر است. آزمون‌های اعتبارسنجی به سه گروه تقسیم می‌شوند: ساختار محور^۲، رفتار محور^۳، و سیاست محور^۴ (سوشیل^۵، ۲۰۰۸). بر این اساس در مطالعه حاضر از پنج آزمون شامل آزمون بازتولید رفتار^۶، آزمون شرایط حدی^۷، آزمون سازگاری ابعادی^۸، آزمون کفایت مرزی^۹، آزمون تأیید ساختار^{۱۰} استفاده شده است. برای آزمون بازتولید رفتار، ضمن مقایسه آماری دو مجموعه داده، داده‌های بازتولید شده با نرم‌افزار (ونسیم) در کنار داده‌های واقعی رسم شده است؛ همان گونه که نمودار ۴ (شکل‌های: ۱ تا ۱۶) نشان می‌دهند، تطبیق مناسبی میان داده‌های شبیه‌سازی شده با داده‌های واقعی وجود دارد.



- 1 Vensim DSS 6.4E
- 2 Structure-focused
- 3 Behavior-focused
- 4 Policy-focused
- 5 Sushil
- 6 Behavior reproduction test
- 7 Extreme conditions test
- 8 Dimensional consistency test
- 9 Boundary-adequacy test
- 10 Structure verification test



۶: تولید گندم آبی

Diag. 6: Wheat production



۵: تولید برنج

Diag. 5: Rice production



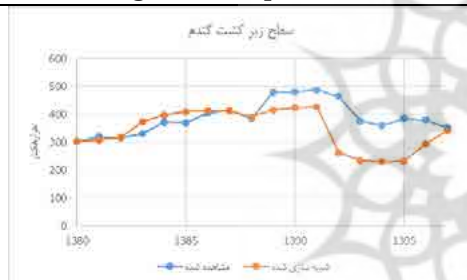
۸: تولید ذرت دانه‌ای

Diag. 8: Maize production



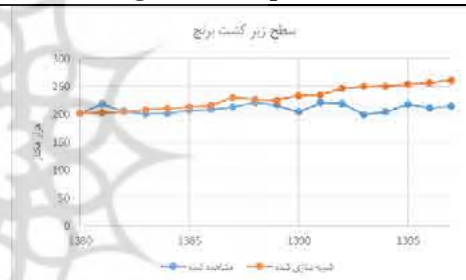
۷: تولید سیب‌زمینی

Diag. 7: Potato production



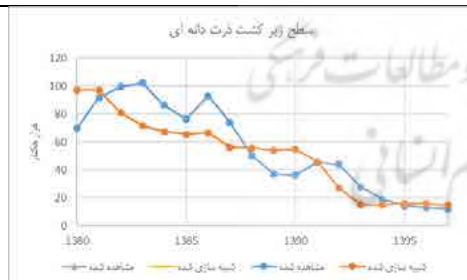
۱۰: سطح زیر کشت گندم آبی

Diag. 10: Area under wheat cultivation



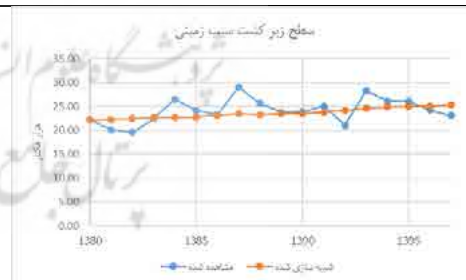
۹: سطح زیر کشت برنج

Diag. 9: Area under rice cultivation



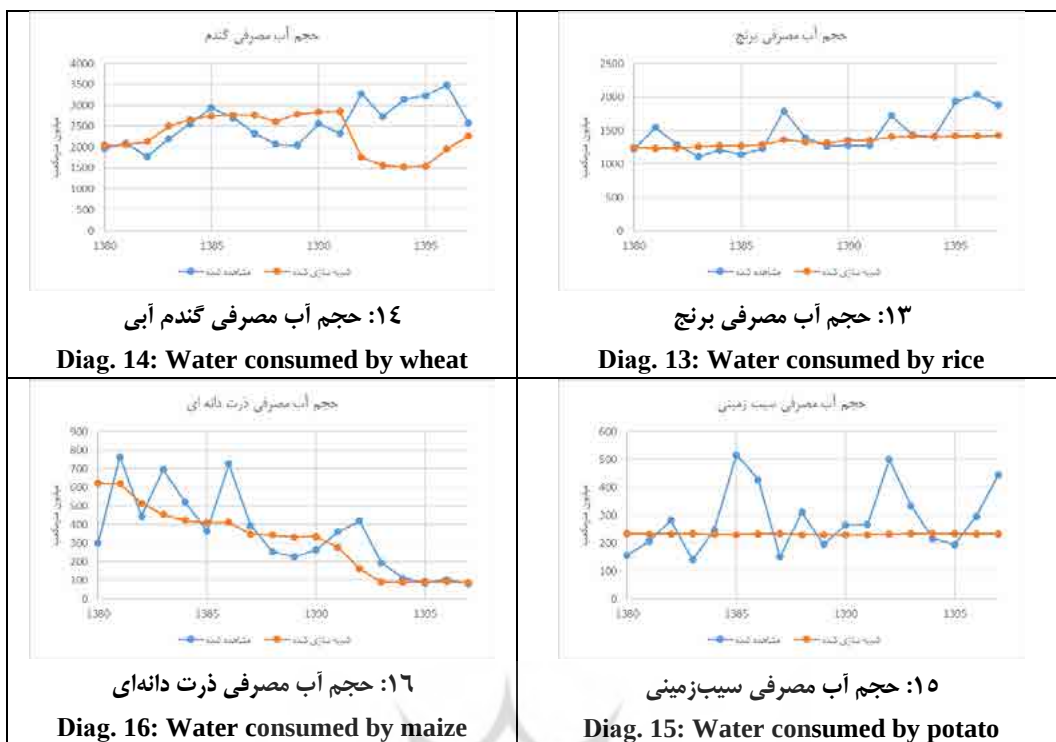
۱۲: سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای

Diag. 12: Area under maize cultivation



۱۱: سطح زیر کشت سیب‌زمینی

Diag. 11: Area under potato cultivation



نمودار ۴: مقایسه آماری دو مجموعه داده، داده‌های بازتولید شده با نرم‌افزار ونسیم (منبع: محاسبات و شبیه‌سازی مطالعه حاضر).

Graph. 4: Statistical comparison of two data sets, data reproduced with Vensim software (Reference: Present study).

در آزمون بازتولید رفتار، استفاده از روش‌های آماری مانند: میانگین مربعات خطا^۱ (MSE)، ریشه دوم خطا^۲ (RSE)، میانگین ریشه دوم درصد خطا^۳ (RMSPE)، مربع خطا^۴ (SE) و میانگین ریشه دوم خطا (RMSE)^۵ رایج است (حاجی‌غلام‌سریزدی و مشایخی، ۱۳۹۶). «استرمن» (۲۰۰۰) معیار RMSPE را به‌عنوان یک روش معمول و ساده برای ارزیابی رفتار مدل معرفی کرده است؛ براساس رابطه (۱۸)، این معیار نشان‌دهنده انحراف مقادیر شبیه‌سازی شده از مقادیر واقعی است.

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{S_i - A_i}{A_i} \right)^2} \quad (18)$$

که در آن، S_i مقادیر شبیه‌سازی شده در زمان i ، A_i مقادیر واقعی در زمان i و n تعداد دوره‌ها می‌باشد؛ همچنین طبق روابط (۱۹) تا (۲۱)، ضرایب نابرابری تیل^۶ شامل U^c ، U^s و U^m برای پیش‌بینی منبع خطای مدل استفاده می‌شوند (استرمن، ۲۰۰۰):

$$U^m = \frac{(\bar{S} - \bar{A})^2}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S_i - A_i)^2} \quad (19)$$

- 1 Mean square error
- 2 Root-square error
- 3 Root-mean-square percent error
- 4 Square error
- 5 Root-mean-square error
- 6 Theil

$$U^s = \frac{(S_s - S_A)^2}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S_i - A_i)^2} \quad (20)$$

$$U^c = \frac{2(1-r)S_s S_A}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S_i - A_i)^2} \quad (21)$$

که در این روابط، $\bar{A}$ و $\bar{S}$ به ترتیب میانگین‌های واقعی و شبیه‌سازی شده، مقادیر S_A و S_S به ترتیب انحراف معیار مقادیر واقعی و شبیه‌سازی شده و r ضریب هم‌بستگی میان مقادیر واقعی و شبیه‌سازی شده است. مجموع این سه معیار همیشه با ۱ برابر است. U^m به خطای سیستماتیک اشاره دارد و نزدیک شدن آن به صفر مطلوب تلقی می‌شود؛ همچنین، U^s نوعی واریانس است که برابری انحرافات استاندارد مقادیر شبیه‌سازی شده و واقعی را نشان می‌دهد و بنابراین زمانی که صفر یا نزدیک به صفر باشد وضعیت بهتری را نشان می‌دهد. U^c نوعی کوواریانس برای اندازه‌گیری خطای غیرسیستماتیک است و نزدیک شدن آن به ۱، مطلوب است (استرمن، ۱۹۸۴). در صورتی که R^2 بزرگ‌تر از ۰.۷۵ باشد، عملکرد مدل بسیار خوب در نظر گرفته می‌شود (سبزی‌پرور و همکاران، ۲۰۱۹). در پژوهش حاضر، از داده‌های مشاهده شده و قابل دسترس طی دوره زمانی ۱۸ ساله (۱۳۸۰-۱۳۹۷) استفاده شده است. چهار متغیر اصلی مدل (براساس اهداف پژوهش و در دسترس بودن داده‌های تاریخی) برای آزمون بازتولید رفتار شامل سطح زیرکشت، تولید کل استانی، حجم آب مصرفی و رقابت‌پذیری محصولات منتخب بخش کشاورزی می‌باشد. نتایج به دست آمده از معیارهای فوق مندرج در جدول (۱) نشان می‌دهد داده‌های بازتولید شده با تقریب خوبی به واقعیت نزدیک است.

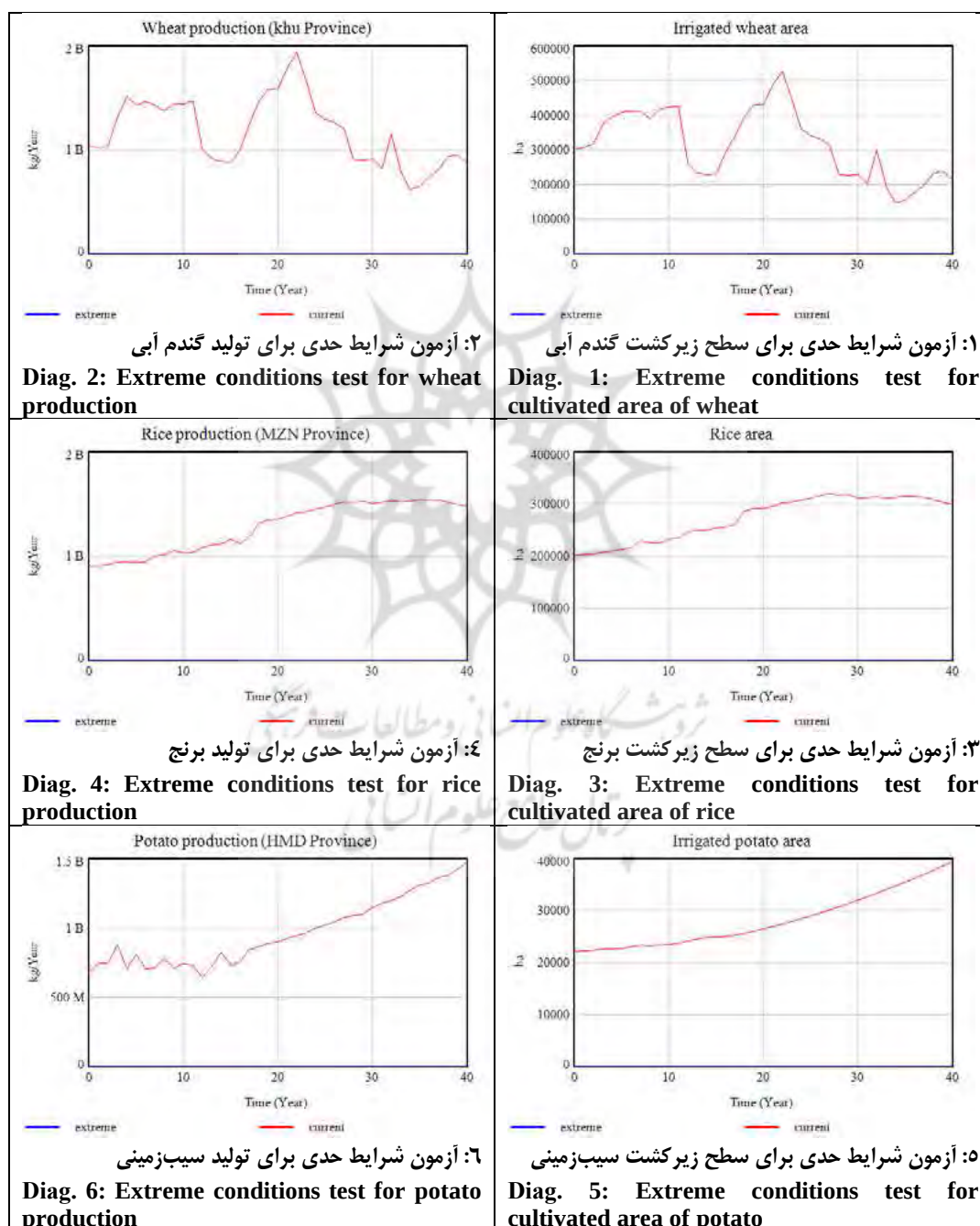
جدول ۱: نتایج آزمون بازتولید رفتار مدل شبیه‌سازی در محصولات منتخب کشاورزی

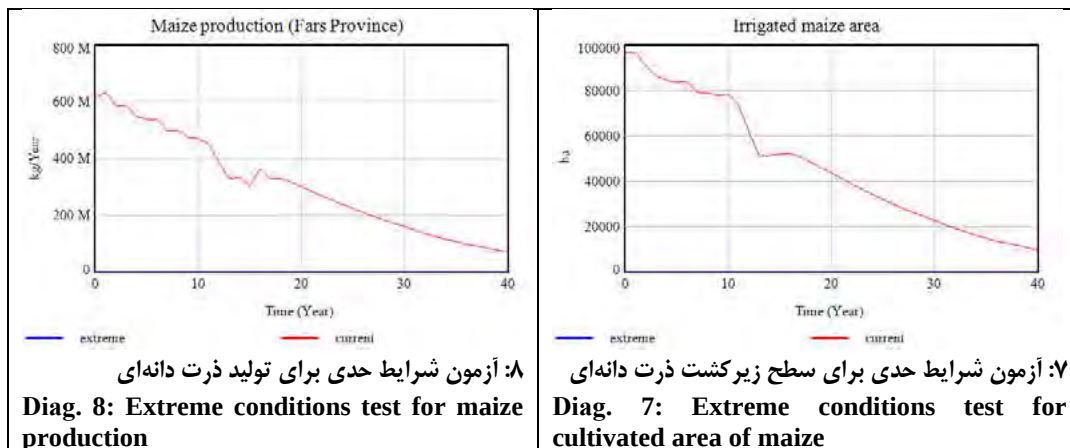
Tab. 1: Results of the behavioral reproduction test of the simulation model in selected agricultural products

محصول	متغیرها	RMSPE	R	R^2	U^m	U^s	U^c
گندم آبی	رقابت‌پذیری	۰.۱۸۵	۰.۹۸	۰.۹۵	۰.۰۰۰۹	۰.۰۰۶۵	۰.۹۹۲۶
	تولید محصول	۰.۲۷۹	۰.۹۶	۰.۹۱	۰.۰۰۰۰۱۳	۰.۰۰۰۰۳	۰.۹۹۹۹
	سطح زیرکشت	۰.۲۰۵	۰.۹۸	۰.۹۶	۰.۲۸	۰.۰۳	۰.۶۸۴۵
	حجم آب مصرفی	۰.۲۹۰	۰.۹۴	۰.۸۹	۰.۰۸۹	۰.۰۰۲۹	۰.۹۰۹۹
برنج	رقابت‌پذیری	۰.۱۴۹	۰.۹۹	۰.۹۷	۰.۰۸۴	۰.۰۶	۰.۸۵۵۳
	تولید محصول	۰.۱۲۲	۰.۹۹	۰.۹۸	۰.۰۰۹۳	۰.۰۰۷۶	۰.۹۱۴۳
	سطح زیرکشت	۰.۱۲۹	۰.۹۹	۰.۹۸	۰.۴۹	۰.۲۲	۰.۲۸۳۲
	حجم آب مصرفی	۰.۱۵۰	۰.۹۸	۰.۹۷	۰.۲	۰.۶۸	۰.۱۱۶۱
ذرت دانه‌ای	رقابت‌پذیری	۰.۲۸۹	۰.۹۷	۰.۹۴	۰.۲۳	۰.۰۱۵	۰.۷۴۵۳
	تولید محصول	۰.۳۰۴	۰.۹۵	۰.۹۰	۰.۲۸	۰.۰۹۵	۰.۶۲۱۵
	سطح زیرکشت	۰.۲۸۵	۰.۹۷	۰.۹۳	۰.۰۷	۰.۰۵۶	۰.۸۷۴۲
	حجم آب مصرفی	۰.۳۹۴	۰.۹۳	۰.۸۹	۰.۰۴۹	۰.۰۵۶	۰.۸۹۳۹
سیب‌زمینی	رقابت‌پذیری	۰.۲۵۷	۰.۹۷	۰.۹۴	۰.۱۳	۰.۰۴۲	۰.۸۲۶۲
	تولید محصول	۰.۲۵۹	۰.۹۷	۰.۹۳	۰.۴۱	۰.۲۱	۰.۳۷۰۴
	سطح زیرکشت	۰.۰۹۴	۰.۹۹	۰.۹۹	۰.۰۵۶	۰.۴۳	۰.۵۱۳۰
	حجم آب مصرفی	۰.۳۶۵	۰.۹۱	۰.۸۳	۰.۱۸	۰.۸۳	-۰.۰۱۷۳

(منبع: محاسبات تحقیق حاضر).

آزمون بعدی برای اعتبارسنجی مدل، آزمون شرایط حدی است که مشخص می‌کند که آیا معادلات در شرایط حدی معنادار باقی می‌مانند (سوشیل^۱، ۲۰۰۸). منفی نشدن متغیرهای حالت و جهت حرکت اطلاعات و مواد براساس مفروضات مدل نیز ازجمله موارد بررسی شده در این بخش بوده و رفتار متغیرها این وضعیت را تأیید می‌کند. به‌منظور بررسی صحت عملکرد مدل در شرایط حدی، میزان سطح زیرکشت برای هر یک از محصولات برابر با صفر قرار داده شد. همان‌گونه که نمودار ۵ (شکل‌های ۱ تا ۸) نشان می‌دهند در صورت عدم کشت محصولات، میزان تولید هر یک از آن‌ها نیز برابر صفر خواهد بود؛ بدین‌ترتیب، مدل در برابر تغییرات متغیرها حساس است و این نشان از کارایی مدل دارد.

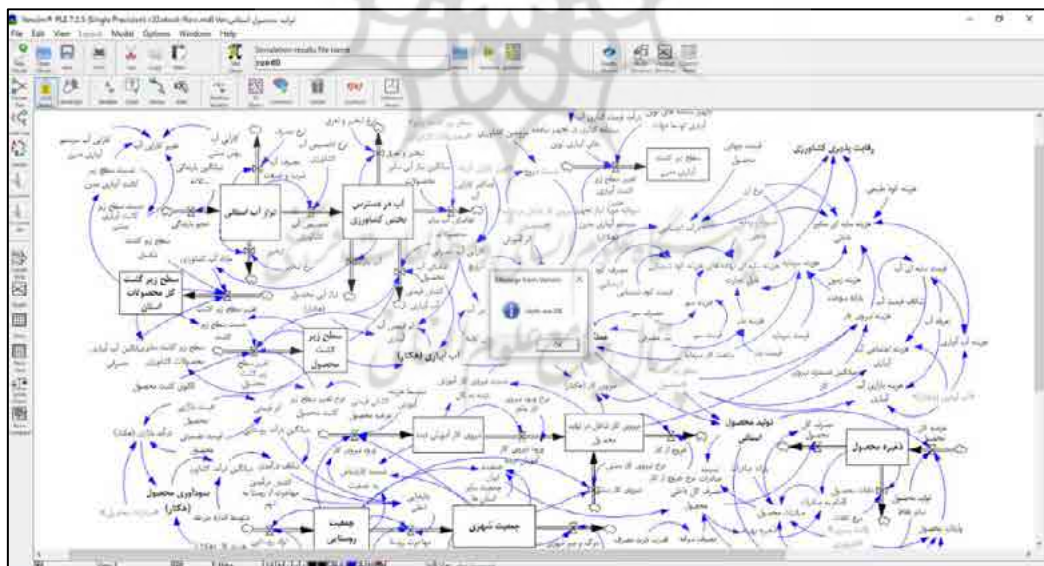




نمودار ۵: مقایسه آماری عدم کشت محصولات، داده‌های بازتولید شده با نرم‌افزار (ونسیم) (منبع: محاسبات و شبیه‌سازی مطالعه حاضر).

Graph. 5: Statistical comparison of no cultivation, data reproduced with software (Vensim) (Reference: Present study).

آزمون بعدی آزمون سازگاری ابعادی است که مشخص می‌کند آیا تعادلی میان ابعاد متغیرها در هر دو طرف معادله وجود دارد یا خیر (سوشیل، ۲۰۰۸). این کار در نرم‌افزار Vensim انجام شده است و نتیجه در شکل (۱) ارائه شده است. این آزمون نشان‌دهنده مناسب بودن مدل می‌باشد.



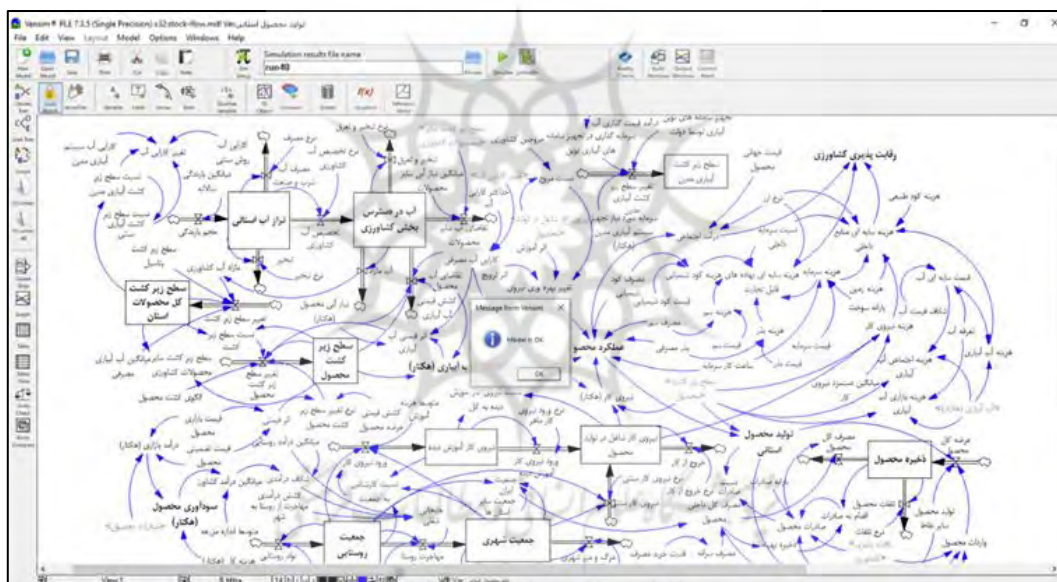
شکل ۱: آزمون سازگاری ابعادی مدل منتخب (منبع: محاسبات تحقیق حاضر با استفاده از نرم‌افزار ونسیم).

Fig. 1: Dimensional consistency test of the selected model (Reference: Present study using Vensim software).

آزمون کفایت مرزی دیگر آزمون ساختار مدل است که مشخص می‌کند، آیا مدل شامل تمام ساختارهای مرتبط، متغیرها و اثرات بازخورد مورد نیاز برای مسأله سیستم است (سوشیل، ۲۰۰۸). در مدل پژوهش حاضر،

کلیه متغیرهای موردنیاز برای بررسی رقابت‌پذیری محصولات کشاورزی، ازجمله: قیمت سایه‌ای آب، سایر متغیرهای مرتبط با هزینه تولید، قیمت نهاده‌ها و محصول و نحوه ارتباط آن‌ها با یکدیگر براساس مبانی نظری و تجربی فرموله شده است. مقادیر تعیین‌شده برای متغیرها براساس مقادیر واقعی آن‌ها و محاسبات صورت‌گرفته در این مطالعه و سایر مطالعات مرتبط و نزدیک با پژوهش حاضر به‌لحاظ زمانی و موضوعی تعیین گردیده است؛ بر این‌اساس و با توجه به فرموله‌بندی و مقادیر مرتبط و نزدیک به واقعیت، مدل تقریب مناسبی از رفتار رقابت‌پذیری و تولید محصولات کشاورزی منتخب ارائه می‌کند.

آزمون تأیید ساختار به‌معنای مقایسه شکل معادلات مدل با روابط در سیستم‌های واقعی است. روابط مورداستفاده در معادلات مدل باید در راستای دانش توصیفی سیستم باشد و همه روابط باید مستدل و براساس اطلاعات موجود باشد. ساختار مدل باید با اهداف و محدودیت‌های موجود در سیستم‌های واقعی مطابقت داشته باشد (بلا و همکاران^۱، ۲۰۱۶). همان‌گونه که شکل (۲) نشان می‌دهد ساختار مدل به‌خوبی تدوین‌شده و طبق آزمون موجود در نرم‌افزار ونسیم تأیید شده است.



شکل ۲: آزمون تأیید ساختار مدل تحقیق حاضر (منبع: محاسبات تحقیق حاضر با نرم‌افزار ونسیم).

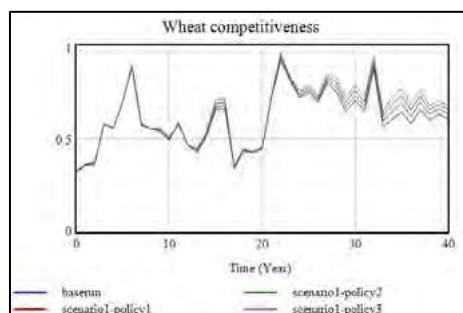
Fig. 2: Structure confirmation test of the current research model (Reference: Current research with Vensim software).

بعد از اعتبارسنجی مدل، در ادامه، شبیه‌سازی اثر سیاست قیمت‌گذاری همراه با سیاست‌های ترکیبی بر رقابت‌پذیری تحت دو سناریو به‌شرح زیر صورت‌گرفته است.

سناریوی اول (نمودارهای ۶ تا ۹) به‌صورت افزایش قیمت نهاده آب در سه سطح ۱۵، ۳۵ و ۶۰٪ همراه با افزایش در تسهیلات دولتی به‌منظور تجهیز سامانه‌های نوین آبیاری در سطوح ۳۰، ۶۰ و ۱۰۰٪ نسبت به حالت پایه و نیز تخصیص بودجه در سطوح ۲۰، ۴۰ و ۸۰٪ از درآمد حاصل از قیمت‌گذاری نهاده آب می‌باشد. با اعمال

¹ Bala et al.

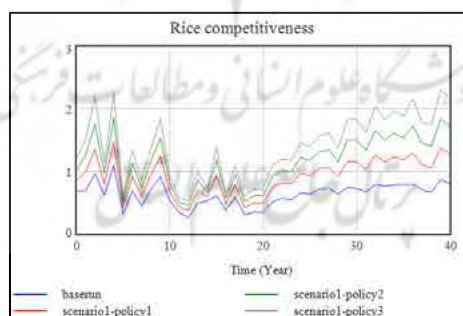
سناریو اول، تحت سه سیاست مذکور، به دلیل افزایش در هزینه تولید ناشی از اثر افزایش قیمت نهاده آب و کاهش در عملکرد محصولات کشاورزی، رقابت‌پذیری کاهش پیدا می‌کند. در محصول گندم آبی، با اعمال قیمت‌گذاری آب تحت افزایش ۱۵٪، ۳۵٪ و ۶۰٪ قیمت سایه‌ای آب شاخص رقابت‌پذیری به ترتیب ۲٪، ۴٪ و ۶٪ به طور میانگین در تمامی سال‌ها افزایش پیدا می‌کند.



نمودار ۶: اثر قیمت آب در قالب سیاست‌های ترکیبی در سناریوی اول بر رقابت‌پذیری گندم (منبع: محاسبات تحقیق حاضر با نرم‌افزار ونسیم).

Graph. 6: The effect of water prices in the form of mixed policies in the first scenario on wheat competitiveness (Reference: Present study using Vensim software).

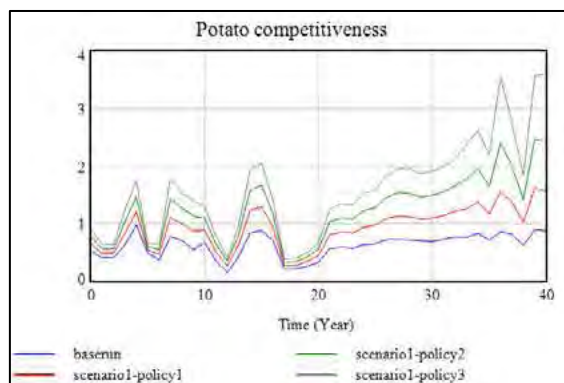
در محصول برنج میزان کاهش در رقابت‌پذیری بسیار بیشتر از گندم آبی است که علت آن افزایش بیشتر هزینه تولید در اثر افزایش شدید در هزینه نهاده آب و کاهش بالا در عملکرد محصول است. شاخص رقابت‌پذیری در اثر اعمال سناریو اول تحت سه سیاست قیمت‌گذاری نهاده آب به ترتیب به میزان ۴۲٪، ۷۹٪ و ۱۱۴٪ افزایش پیدا می‌کند.



نمودار ۷: اثر قیمت آب در قالب سیاست‌های ترکیبی در سناریوی اول بر رقابت‌پذیری برنج (منبع: محاسبات تحقیق حاضر با نرم‌افزار ونسیم).

Graph. 7: The effect of water prices in the form of mixed policies in the first scenario on rice competitiveness (Reference: Present study using Vensim software).

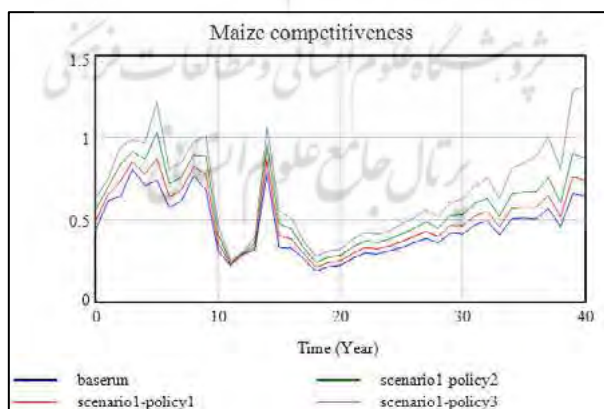
در محصول سیب‌زمینی کاهش در رقابت‌پذیری با توجه به کاهش شدید در عملکرد و افزایش در هزینه تولید در اثر افزایش در آب‌بها بسیار بالاتر است. تحت سه سیاست اعمالی شاخص رقابت‌پذیری به ترتیب به میزان ۴۷٪، ۹۴٪ و ۱۴۵٪ برای محصول سیب‌زمینی افزایش پیدا می‌کند.



نمودار ۸: اثر قیمت آب در قالب سیاست‌های ترکیبی در سناریوی اول بر رقابت‌پذیری سیب‌زمینی (منبع: محاسبات تحقیق حاضر با نرم‌افزار ونسیم).

Graph. 8: The effect of water prices in the form of mixed policies in the first scenario on potato competitiveness (Reference: Present study using Vensim software).

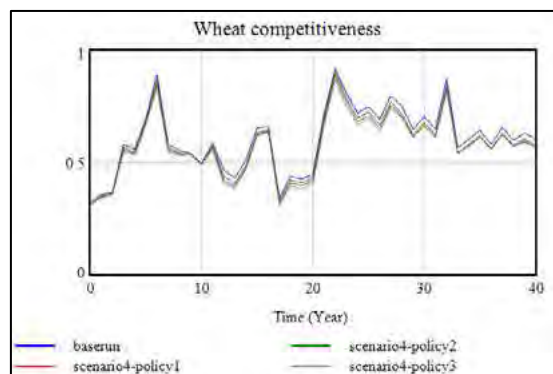
در محصول ذرت دانه‌ای با اعمال سناریو یک تحت سه سیاست افزایش ۱۵، ۳۵ و ۶۰٪ قیمت نهاده آب نسبت به قیمت سایه‌ای آن ملاحظه می‌شود که رقابت‌پذیری در هر سه حالت نسبت به شرایط پایه کاهش پیدا می‌کند. افزایش در شاخص رقابت‌پذیری تحت تأثیر هزینه آب مصرفی و کاهش در عملکرد محصول می‌باشد. در سیاست اول با افزایش ۱۵٪ در قیمت نهاده آب نسبت به قیمت سایه‌ای آن همراه با تخصیص ۲۰٪ درآمد حاصل از قیمت‌گذاری آب و افزایش ۳۰٪ در تسهیلات مربوط به تجهیز سامانه‌های نوین آبیاری مشاهده می‌شود شاخص رقابت‌پذیری محصول در طول دوره مورد بررسی به‌طور میانگین به اندازه ۱۱/۶٪ افزایش پیدا می‌کند. این افزایش در شاخص رقابت‌پذیری تحت سیاست دوم و سوم به‌ترتیب به‌میزان ۲۶/۳۲ و ۴۸٪ نسبت به شرایط پایه بدون اعمال افزایش در قیمت نهاده آب است.



نمودار ۹: اثر قیمت آب در قالب سیاست‌های ترکیبی در سناریوی اول بر رقابت‌پذیری ذرت دانه‌ای (منبع: محاسبات تحقیق حاضر با نرم‌افزار ونسیم).

Graph. 9: The effect of water prices in the form of mixed policies in the first scenario on maize competitiveness (Reference: Present study using Vensim software).

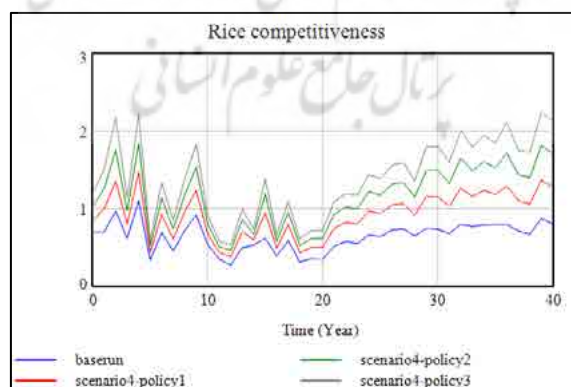
سناریوی دوم (نمودارهای ۱۰ تا ۱۳)، شامل سناریو اول همراه با سیاست‌های اصلاح الگوی کشت و اختصاص یارانه به نهاده‌های کشاورزی است. تحت اعمال سناریو دوم به همراه سه سیاست تدوین‌شده، رقابت‌پذیری و تولید کل محصولات منتخب بخش کشاورزی بررسی می‌شود. در این سناریو با اجرای سیاست اول، شاخص رقابت‌پذیری در محصول گندم آبی در طول دوره مورد بررسی به میزان ۴٪ به طور متوسط کاهش پیدا می‌کند.



نمودار ۱۰: اثر قیمت آب در قالب سیاست‌های ترکیبی در سناریوی دوم بر رقابت‌پذیری گندم (منبع: محاسبات تحقیق حاضر با نرم‌افزار ونسیم).

Graph. 10: The effect of water prices in the form of mixed policies in the second scenario on wheat competitiveness (Reference: Present study using Vensim software).

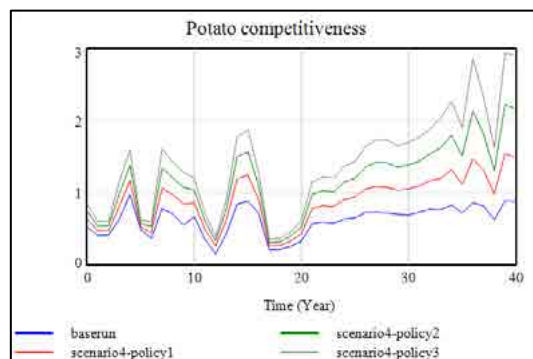
با اجرای سیاست دوم و سوم رقابت‌پذیری گندم آبی افزایش یافته و مقدار شاخص به ترتیب به ۵٪ و ۶٪ کاهش را نشان می‌دهد. با اجرای سناریو دوم شامل: سیاست‌های ترکیبی افزایش قیمت نهاده آب، تجهیز سیستم آبیاری نوین، یارانه نهاده‌های کشاورزی و اصلاح الگوی کشت مشاهده می‌شود که شاخص رقابت‌پذیری در محصول برنج دانه بلند مرغوب تغییر محسوسی را نسبت به اعمال سیاست‌های سناریو اول نشان نمی‌دهد. علت این امر نقش پررنگ نهاده آب در تولید محصول برنج می‌باشد.



نمودار ۱۱: اثر قیمت آب در قالب سیاست‌های ترکیبی در سناریوی دوم بر رقابت‌پذیری برنج (منبع: محاسبات تحقیق حاضر با نرم‌افزار ونسیم).

Graph. 11: The effect of water prices in the form of mixed policies in the second scenario on rice competitiveness (Reference: Present study using Vensim software).

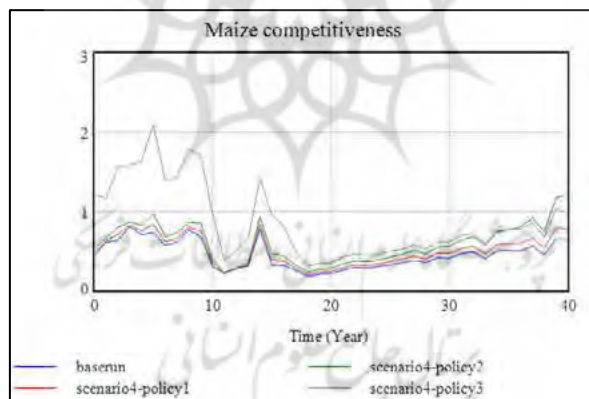
همچنین، با اجرای سیاست‌های تحت سناریو دوم، رقابت‌پذیری محصول سیب‌زمینی کاهش پیدا کرده که علت آن افزایش در هزینه تولید و کاهش در عملکرد محصول است.



نمودار ۱۲: اثر قیمت آب در قالب سیاست‌های ترکیبی در سناریوی دوم بر رقابت‌پذیری سیب‌زمینی (منبع: محاسبات تحقیق حاضر با نرم‌افزار ونسیم).

Graph. 12: The effect of water prices in the form of mixed policies in the second scenario on potato competitiveness (Reference: Present study using Vensim software).

با به‌کارگیری سیاست‌های سه‌گانه ترکیبی مشاهده می‌شود که رقابت‌پذیری محصول ذرت دانه‌ای نسبت به حالت پایه، کاهش پیدا کرده که در نمودار با افزایش در شاخص رقابت‌پذیری قابل‌مقایسه است.



نمودار ۱۳: اثر قیمت آب در قالب سیاست‌های ترکیبی در سناریوی دوم بر رقابت‌پذیری ذرت دانه‌ای (منبع: محاسبات تحقیق حاضر با نرم‌افزار ونسیم).

Graph. 13: The effect of water prices in the form of mixed policies in the second scenario on maize competitiveness (Reference: Present study using Vensim software).

درمجموع نتایج تحقیق حاضر در قالب دو سناریو به‌شرح زیر می‌باشد:

سناریوی اول، با افزایش قیمت نهاده آب در سه سطح ۱۵، ۳۵ و ۶۰٪ همراه با افزایش تسهیلات دولتی نسبت به تجهیز سیستم آبیاری نوین مشاهده شد که تحت سیاست‌های پیشنهادی شاخص رقابت‌پذیری گندم ۲ الی ۶٪، برنج دانه‌بلند مرغوب ۴۲ الی ۱۱۴٪، سیب‌زمینی ۴۷ الی ۱۴۵٪ و ذرت دانه‌ای ۱۱/۶ الی ۴۸٪ رشد

می‌کند؛ همچنین تحت این سناریو، تولید کل برای محصولات منتخب به ترتیب ۴ الی ۱۱٪ برای گندم آبی، ۲۹ الی ۴۷٪ برنج دانه بلند مرغوب، ۳۳ الی ۵۱٪ سیب‌زمینی و ۳۴/۵ الی ۷۵/۳۵٪ ذرت دانه‌ای کاهش نشان می‌دهد. بیشترین کاهش تولید مربوط به ذرت دانه‌ای است که علت آن، کاهش شدید سطح زیرکشت با اجرای سناریوی اول است. در محصول گندم آبی، ابتدا سطح زیرکشت در سال‌های اولیه کاهش پیدا کرده و در ادامه با تجهیز سامانه‌های نوین آبیاری و افزایش در بهره‌وری، هزینه تولید کاهش پیدا می‌کند که منجر به افزایش در سودآوری می‌شود. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد، اگر تنها قیمت آب افزایش یابد، رقابت‌پذیری همه محصولات کاهش می‌یابد.

سناریوی دوم، با افزایش قیمت نهاده آب همراه با اصلاح الگوی کشت و پرداخت یارانه به نهاده‌های کود و بذر براساس سیاست‌های جهاد کشاورزی، مشاهده گردید که در سیاست اول با ۱۵٪ افزایش قیمت نهاده آب، ۲۵٪ تغییر در الگوی کشت و ۴۰٪ یارانه پرداختی به نهاده‌ها، رقابت‌پذیری محصول گندم آبی کاهش پیدا می‌کند و در ادامه با اجرای سیاست‌های دوم و سوم، رقابت‌پذیری در این محصول افزایش می‌یابد. کاهش در رقابت‌پذیری محصولات برنج دانه بلند مرغوب، سیب‌زمینی و ذرت دانه‌ای همچنان وجود دارد که علت آن تأثیر بالای مصرف آب آبیاری در عملکرد محصول و هزینه‌های تولید این محصولات است. با اجرای سیاست‌های سناریو دوم، تولید کل محصولات منتخب کاهش پیدا می‌کند. بیشترین کاهش مربوط به محصول ذرت دانه‌ای و سپس سیب‌زمینی و برنج دانه بلند مرغوب است. با توجه به شبیه‌سازی مدل، مشاهده می‌شود که گندم آبی کمترین تأثیر از افزایش قیمت نهاده آب و سیب‌زمینی بیشترین تأثیر را افزایش قیمت سایه‌ای آب می‌پذیرد.

۵. نتیجه‌گیری

منابع آبی محدود ایران صرف‌نظر از تغییرات دوره‌ای، تقریباً ثابت می‌باشد و در این شرایط و با افزایش جمعیت و توسعه در ابعاد مختلف و بالارفتن سطح استانداردهای زندگی، تأمین نیازهای آبی بخش‌های مختلف با محدودیت‌های زیادی مواجه می‌شود؛ بنابراین، مدیریت تقاضای آب و اعمال سیاست‌هایی که انگیزه مصرف‌کنندگان را جهت صرفه‌جویی و جلوگیری از اتلاف میزان مصرف این نهاده با ارزش، بالا ببرد امری بسیار کارساز و مهم است. یکی از دلایل اصلی کارایی پایین آب در بخش کشاورزی و همچنین عدم کارایی آن در این بخش، مشخص نبودن قیمت واقعی آب و قیمت ارزان آب می‌باشد. پایین بودن کارایی آب آبیاری نیازمند سرمایه‌گذاری در تکنولوژی آب اندوز می‌باشد. اما به دلیل پایین بودن نسبی قیمت آب، انگیزه برای سرمایه‌گذاری در تکنولوژی جایگزین آب‌اندوز به منظور جلوگیری از اتلاف آب پایین است. یکی از بهترین سیاست‌ها و روش‌ها جهت حفظ منابع آبی، سیاست قیمت‌گذاری صحیح آب در بخش‌های مختلف است تا بتوان از یک الگوی بهینه در مصرف آب بهره برد.

هدف اصلی پژوهش حاضر، بررسی اثر قیمت سایه‌ای آب بر رقابت‌پذیری کالاهای منتخب بخش کشاورزی ایران طی دوره زمانی ۱۳۸۰-۱۳۹۷ بوده است. برای حصول به این هدف و آزمون فرضیه‌های پژوهش از رویکرد تولید و پویایی‌شناسی سیستم استفاده شده است. با توجه به نتایج حاصل از برآورد تابع تولید و ضرایب به‌دست آمده مشخص شد که در اکثر سال‌ها قیمت واقعی آب بیشتر از آب‌بهای پرداختی کشاورزان است. نتایج

شبیه‌سازی و تحلیل حساسیت مدل نشان می‌دهد با افزایش قیمت آب، تقاضای برای آب مصرفی در بخش کشاورزی کاهش یافته و در نتیجه با اثر منفی بر عملکرد محصول موجب کاهش بیشتر در رقابت پذیری کالاهای منتخب کشاورزی می‌شود؛ بنابراین با توجه به اهمیت بخش کشاورزی در امنیت غذایی و اشتغال‌زایی جامعه، قیمت‌گذاری آب باید با حساسیت، ویژه صورت پذیرد و نیز به منظور صرفه‌جویی و افزایش بهره‌وری آب در بخش کشاورزی از فناوری‌های نوین آبیاری استفاده گردد.

هم‌چنین نتایج تحقیق حاضر، نشان می‌دهد گندم آبی کمترین تأثیر را از افزایش قیمت نهاده آب می‌پذیرد. مصرف کم آب آبیاری و افزایش در بهره‌وری آب با اجرای سیاست تجهیز سامانه‌های آبیاری در سطح زیرکشت محصول موجب می‌شود با قیمت‌گذاری واقعی آب، رقابت‌پذیری و تولید محصول تغییرات کمی را نسبت به حالت پایه داشته باشد؛ لذا توصیه می‌شود همراه با اجرای سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری برای محصول گندم آبی در استان خوزستان، با پرداخت تسهیلات دولتی به منظور تجهیز بیشتر سطح زیرکشت محصول موجب تخصیص بهینه نهاده آب در اثر افزایش بهره‌وری همراه با حفظ و ارتقاء تولید گندم به عنوان کالای اساسی در سبد مصرفی غذایی شود. محصول برنج دانه بلند مرغوب به عنوان رقم اصلی کشت در استان مازندران با توجه به نیاز بالای آب و عدم امکان به‌کارگیری آبیاری مدرن، امکان افزایش قیمت در نهاده آب را ندارد؛ لذا توصیه می‌شود با عنایت به آب‌بر بودن کشت محصول، ضمن حفظ قیمت فعلی نهاده آب با استفاده از راهکارهای دیگر از قبیل بذور پرمحصول و کودهای زیستی نسبت به افزایش عملکرد در هکتار محصول برنج اقدام شود. برنج به عنوان رقم اصلی در سبد مصرفی خانوار نقش بالایی در امنیت غذایی و تأمین کالری مصرف‌کنندگان دارد؛ بنابراین افزایش قیمت نهاده آب تا سطح قیمت واقعی آن از توصیه‌های این پژوهش نمی‌باشد.

محصول سیب‌زمینی نیز یکی از کالاهای اساسی و پرمصرف در تأمین غذای جامعه به‌شمار می‌آید. با توجه به نقش آن در امنیت غذایی، صادرات کالاهای کشاورزی (غیرنفته) و اشتغال‌زایی، لزوم توجه به حمایت از تولید آن احساس می‌شود. ذرت دانه‌ای یکی از غلات مهم در زمینه تأمین خوراک طیور محسوب می‌شود. با توجه به وارداتی بودن بخش زیادی از نیازهای کشور به خوراک طیور پرورشی، تولید داخلی آن به منظور حفظ امنیت غذایی جامعه دارای اهمیت است. در استان فارس به عنوان یکی از قطب‌های تولید ذرت دانه‌ای در کشور در طول دوره زمانی ۱۳۸۰ الی ۱۳۹۷، کاهش سطح زیرکشت و تولید محصول مشاهده می‌شود؛ بنابراین افزایش قیمت آب با تأثیرگذاری بر عملکرد و سودآوری محصول کاهش بیشتر سطح زیرکشت و تولید را به همراه خواهد داشت. در مجموع، افزایش قیمت آب نمی‌تواند به تنهایی راه‌حل مناسبی برای ارتقای بهره‌وری آب و جلوگیری از اسراف این منبع حیاتی باشد. اگر قرار است آزادسازی در بازار نهاده انجام شود، باید در بازار محصول نیز انجام شود که خود تبعات اجتماعی و امنیت غذایی دارد؛ البته قیمت آب در بخش کشاورزی پایین است که از جنبه حمایتی و امنیت غذایی قابل قبول است؛ ولی در این صورت، دغدغه‌های دیگری هم‌چون تخلیه و هدر رفت ذخائر زیرزمینی آب وجود دارد. ارتقای بهره‌وری آب، افزایش عملکرد محصولات آبی، بهره‌گیری از آب سبز، آبیاری مدرن، بهبود فناوری، بذور پربازده، ارتقاء سطح مکانیزاسیون، اصلاح الگوی تجارت خارجی می‌تواند راه‌حل‌هایی برای این دغدغه باشد؛ هرچند با پایین بودن قیمت آب، انگیزه‌ای برای کشاورز برای به‌کارگیری این سیستم‌ها

وجود ندارد و در این رابطه، دخالت و سرمایه‌گذاری و حمایت‌های ترویجی، فنی و آموزشی دولت به کشاورزان ضروری است.

سپاسگزارای

در پایان، نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند که از داوران ناشناس نشریه که با نظرات خود به غنای مطالب افزودند، قدردانی نمایند.

درصد مشارکت نویسندگان

نویسنده نخست مسئولیت طراحی، تدوین مبانی نظری و ادبیات تحقیق، آزمون‌های مدل، محاسبات و شبیه‌سازی و تأیید نهایی مدل را برعهده دارد. نویسنده دوم در گردآوری داده‌های آماری، تدوین پیشینه تحقیق، طراحی و محاسبات اولیه و شبیه‌سازی، نگارش و تنظیم مقاله مشارکت کرده است. سایر نویسندگان به‌روزرسانی پیشینه تحقیق، طراحی و محاسبات اولیه، نگارش و تنظیم مقاله مشارکت داشته‌اند.

تضاد منافع

نویسندگان ضمن رعایت اخلاق نشر در ارجاع‌دهی، نبود تضاد منافع را اعلام می‌دارند.

کتابنامه

- اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران، (۱۴۰۲). بهره‌وری بخش کشاورزی با تأکید بر بهره‌وری آب. معاونت بررسی‌های اقتصادی، تهران.
- بکتاش، فروزان؛ آذربایجانی، کریم؛ کیانی، غلامحسین؛ و دایی‌کریم‌زاده، سعید، (۱۳۹۹). «برآورد ارزش اقتصادی آب کشاورزی با استفاده از مدل توابع تولید و روش گاردنر (مطالعه موردی ناحیه شمال خوزستان)». پژوهش آب/ایران، ۱۴(۲): ۱۴۵-۱۵۷. https://iwrj.sku.ac.ir/article_10711.html
- پیری، حلیمه؛ و حیدری، ملیحه، (۱۴۰۰). «تعیین ارزش اقتصادی و بهره‌وری آب در محصولات عمده ایران‌شهر». تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۱۳(۲): ۲۱۷-۲۳۴.
- توکلی، علیرضا؛ حکم‌آبادی، حسین؛ نادری‌عارفی، علی؛ و حجتی، علی، (۱۴۰۰). «بررسی مزیت نسبی محصولات کشاورزی استان سمنان با محوریت بهره‌وری آب». علوم آب و خاک. ۲۵ (۴): ۶۳-۸۱. <https://doi.org/10.47176/jwss.25.4.13162>
- درخشان، هاشم، (۱۴۰۲). «یادداشت تحلیلی: تحلیل تحول سیستم مدیریت آبربر مبنای نظریه دانینگ‌کروگر». آب و توسعه پایدار، ۱۰(۴): ۱۱۸-۱۰۶. https://jwsd.um.ac.ir/article_45055.html

- راسخی، سعید؛ و صیامی، علی، (۱۳۸۷). «بررسی مزیت نسبی تولید مرکبات در استان مازندران با استفاده از تکنیک ماتریس تحلیل سیاستی (PAM)». *بررسی‌های بازرگانی (دوره جدید)*، ۴(۲۸): ۴۹-۵۹.
- شهرکی، جواد؛ حسینی، سیدمهدی؛ و خزاعی، صادق، (۱۳۹۵). «تحلیل اثرات هدفمندسازی یارانه آب کشاورزی بر بخش کشاورزی ایران (مدل تعادل عمومی محاسبه پذیر)». *تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، ۸ (۳۰): ۹۴-۷۷.
- صلوی تبار، عبدالرحیم؛ ضرغامی، مهدی؛ و ابریشمچی، احمد، (۱۳۸۵). «مدل پویایی سیستم در مدیریت آب شهری تهران». *مجله آب و فاضلاب*، ۱۷(۳): ۱۲-۲۸.
- علیزاده، حمزه علی؛ لیاقت، عبدالمجید؛ و سهرابی، تیمور، (۱۳۹۳). «ارزیابی سناریوهای توسعه سیستم‌های آبیاری تحت فشار بر منابع آب زیرزمینی با استفاده از مدل پویایی سیستم». *حفاظت آب و خاک*، ۳(۴): ۱۵-۱.
- لیلی‌زاده، معصومه؛ جرجرزاده، علیرضا؛ و اگدرنژاد، اصلان، (۱۴۰۱). «قیمت‌گذاری اقتصادی آب برای محصولات کشاورزی منتخب به روش رمزی در شبکه آبیاری ناحیه شمال خوزستان». *مدیریت آب در کشاورزی*، ۹(۱): ۳۰-۱۵.
- محمدجانی، اسماعیل؛ و یزدانیان، نازنین، (۱۳۹۳). «تحلیل وضعیت بحران آب در کشور و الزامات مدیریت آن». *رونند*، ۶۵ و ۶۶: ۱۱۷-۱۴۴.
- مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی ایران، (۱۴۰۲). *مفهوم سازی کل نگر بحران آب با استفاده از پویایی‌شناسی سیستم‌ها*. تهران.
- مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی، گزارش‌های سال ۱۴۰۳، <https://www.agri-peri.ac.ir>
- ناصری، ابوالفضل؛ عباسی، فریبرز؛ و اکبری، مهدی، (۱۳۹۶). «برآورد آب مصرفی در بخش کشاورزی به روش بیان آب». *تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی*، ۱۸(۶۸): ۱۷-۳۲. <https://doi.org/10.22092/aridse.2017.105338.1057>
- نوروزیان، محمد؛ حسینی، سید مهدی؛ و اکبری، احمد، (۱۳۹۸). «اثر سیاست‌های پیشنهادی قیمت گذاری آب بر مزیت نسبی محصولات کشاورزی شهرستان کاشمر». *پژوهش آب در کشاورزی (علوم خاک و آب)*، ۳۳(۲): ۳۱۵-۳۲۶. <https://doi.org/10.22092/jwra.2019.119745>
- نوروزیان، محمد؛ حسینی، سید مهدی؛ و اکبری، احمد، (۱۳۹۸). «اثر سیاست‌های پیشنهادی قیمت‌گذاری آب بر مزیت نسبی محصولات کشاورزی شهرستان کاشمر». *پژوهش آب در کشاورزی*، ۳۳(۲): ۳۱۵-۳۲۶.

- وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی اقتصادی، مرکز آمار، فناوری اطلاعات و ارتباطات، *آمارنامه کشاورزی-محصولات زراعی*، سال‌های مختلف.

- وزارت نیرو، (۱۴۰۱). *سند راهبردی بهره‌وری آب*. شرکت مدیریت منابع آب ایران، تهران.

- وزارت نیرو، (۱۴۰۳). *مدیریت منابع آب و توسعه پایدار*. مطالعات زیربنایی، تهران.

- Alizadeh, H. A., Liaqat, A. M. & Sohrabi, T., (2013). "Evaluation of scenarios for the development of irrigation systems under pressure on underground water resources using the system dynamics model". *Water and Soil Protection*, 3(4): 1-15 (In Persian).

- Andrei, J. V., Popescu, G. H., Nica, E. & Chivu, L., (2020). "The impact of agricultural performance on foreign trade concentration and competitiveness: empirical evidence from Romanian agriculture". *Journal of Business Economics and Management*, 21(2): 317-343, <https://doi.org/10.3846/jbem.2020.11988>.

- Baktash, F., Azarbayejani, K., Kiani, G. & Daeikarimzadeh, S., (2020). "Estimating Economical Value of Agriculture Water Using Production Function and Gardner Method (A Case Study in North Khuzestan District)". *Iranian Water Researches Journal*, 14(2): 145-157 (In Persian).

- Barati, V., Bijanzadeh, E. & Zinati, Z., (2020). "Nitrogen source and deficit irrigation influence on yield and nitrogen translocation of triticale in an arid Mediterranean agroecosystem". *Journal of Agricultural Science and Technology*, 22(5): 1295-1311.

- Barlas, Y., (1996). "Formal aspects of model validity and validation in system dynamics". *System Dynamics Review: The Journal of the System Dynamics Society*, 12(3): 183-210. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1727\(199623\)12:3<183::AID-SDR103>3.0.CO;2-4](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1727(199623)12:3<183::AID-SDR103>3.0.CO;2-4)

- Bierkens, M. F., Reinhard, S., de Bruijn, J. A., Veninga, W. & Wada, Y., (2019). "The shadow price of irrigation water in major groundwater-depleting countries". *Water Resources Research*, 55(5): 4266-4287, <https://doi.org/10.1029/2018WR023086>.

- Ceylan, N., (2020). "Policy assessment of wheat production in Turkey". *Problems of World Agriculture*, Warsaw University, 20(2) (In Polish).

- Chebil, A., Souissi, A., Bennouna, B. & Frija, A., (2019). "Analysis of the competitiveness of wheat and orange in Tunisia under water shortage scenarios". *Arabian Journal of Geosciences*, 12(11): 1-8, <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4527-5>.

- Chen, Z. & Wei, S., (2014). "Application of system dynamics to water security research". *Water resources management*, 28(2): 287-300, <https://doi.org/10.1007/s11269-013-0496-8>.

- Cobb, C. W. & Douglas, P. H., (1928). “A Theory of Production”. *American Economic Review*, 18 (Supplement): 139–165.
- Das, S., Gayen, P. K., Pal, S. & Nayyar, A., (2023). “Quality and leakage detection based water pricing scheme for multi-consumer building with real-time implementation using IoT”. *Multimedia Tools and Applications*, 82(17): 26317-26352, <https://doi.org/10.1007/s11042-023-14402-4>.
- David, L. O., Adepoju, O., Nwulu, N. & Aigbavboa, C., (2024). “Determining the impact of economic indicators on water, energy and food nexus for sustainable resource security”. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 26(3): 803-820, <https://doi.org/10.1007/s10098-023-02651-8>.
- Derakhshan, H., (2024). “Investigation of water management evolution based on Dunning-Kruger theory”. *Journal of Water and Sustainable Development*, 10(4): 106-118 (In Persian).
- Dinar, A., Pochat, V. & Albiac-Murillo, J., (Eds.). (2015). *Water pricing experiences and innovations*. New York: Springer International Publishing.
- Erhobor, P. O., (1982). *Efficiency of resources use under small scale irrigation technology in Nigeria Purdue University* (Technical Rep. No. 148). Indiana, USA: Water Resources Research Center.
- Fajnzylber, F., (1991). *Inserción internacional e innovación institucional*. Revista de la CEPAL.
- Fidelis, E. B., Fani, D. C. R. & Odufa, E. M., (2023). “Technical Efficiency and Poultry Farming in Nigeria”. In: *Agricultural Transformation in Africa: Contemporary Issues, Empirics, and Policies* (pp. 9-18). Cham: Springer International Publishing.
- Fidelis, E. B., Fani, D. C. R. & Odufa, E. M., (2023). “Technical Efficiency and Poultry Farming in Nigeria”. In: *Agricultural Transformation in Africa*. Cham, Springer, https://doi.org/10.1007/978-3-031-19527-3_2.
- Food and Agriculture Organization, (2024). *Staple foods: what do people eat?*, retrived from: <https://www.fao.org/4/u8480e/U8480E07.htm>.
- Ford, D. N., (1999). “A behavioral approach to feedback loop dominance analysis”. *System Dynamics Review: The Journal of the System Dynamics Society*, 15(1): 3-36, [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1727\(199921\)15:1<3::AID-SDR159>3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1727(199921)15:1<3::AID-SDR159>3.0.CO;2-P).
- Forrester, J. W., (1961). *Industrial Dynamics*. Productivity Press.
- Forrester, J. W., (1969). *Urban Dynamics*. Productivity Press.
- Ghosh, N. & Bhowmick, S., (2023). *Water Valuation and Pricing in India: Imperatives for Sustainable Water Governance*. ORF, Observer Research Foundation.

- Gültekin, U., Uysal, O., Subaşı, O. S., Kafa, G., Aras, Y. & Budak, D. B., (2022). "Evaluation of Structure of Citrus Export and the Effects of Supports on International Competitiveness in Turkey". *Erwerbs-Obstbau*, 64: 491-497, <https://doi.org/10.1007/s10341-022-00657-y>.
- Hernández-Solano A., Avila-Foucat, VS. & Dyer, GA., (2023). "Estimating shadow prices in economies with multiple market failures". *PLoS One.*, 6; 18(11): e0293931. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0293931>. PMID: 37930981; PMCID: PMC10627447.
- Huang, H., Xie, P., Duan, Y., Wu, P. & Zhuo, L., (2023). "Cropping pattern optimization considering water shadow price and virtual water flows: A case study of Yellow River Basin in China". *Agricultural Water Management*, 284: 108339, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108339>.
- International Atomic Energy Agency, (2024). *Food security and staple crops*. retrived from: <https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull53-3/53305711111.pdf>.
- Iran's Ministry of Energy, (1401). *Strategic document of water efficiency*. Iranian Water Resources Management Company, Tehran (In Persian).
- Iran's Ministry of Energy, (1403). *Water resources management and sustainable development*. Infrastructure Studies, Tehran (In Persian).
- Islamic Parliament Research Center of the Islamic Republic of IRAN, (1402). *Holistic conceptualization of water crisis using systems dynamics*. Tehran (In Persian).
- Jia, S., Sun, Y., Svensson, J. & Mukherjee, M., (2016). "Comparative analysis of water rights entitlements in India and China". *Water Policy*, 18(S1): 50-67, <https://doi.org/10.2166/wp.2016.004>.
- Klassert, C., Yoon, J., Sigel, K., Klauer, B., Talozzi, S., Lachaut, T., ... & Gorelick, S. M., (2023). "Unexpected growth of an illegal water market". *Nature Sustainability*, 6(11): 1406-1417, <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01177-7>.
- Kozub, N., Sozinova, O., Sozinov, I., Karelov, A., Janse, L., Mishchenko, L., ... & Blume, Y., (2022). "Advances in durable resistance to diseases in staple food crops: a review". *The Open Agriculture Journal*, 17(1): <https://doi.org/10.2174/18743315-v16-e220922-2022-HT14-3623-2>.
- Krugman, P., (1994). "Competitiveness: a dangerous obsession". *Foreign Aff.*, 73, 28.
- Latruffe, L., (2010). "Competitiveness, productivity and efficiency in the agricultural and agri-food sectors, OECD Food". *Agriculture and Fisheries Working Papers*, 30, <https://doi.org/10.1787/5km91nkdtd6d6-en>.

- Leijnse, M., Bierkens, M. F., Gommans, K. H., Lin, D., Tait, A. & Wanders, N., (2024). "Key drivers and pressures of global water scarcity hotspots". *Environmental Research Letters*, 19(5): 054035, [https://doi.org/ 10.1088/1748-9326/ad3c54](https://doi.org/10.1088/1748-9326/ad3c54).
- leyilizadeh, M., Jorjoirzadeh, A. & Egdernezhad, A., (2022). "Economic Pricing of Water for selected Agricultural Products by Ramsey Method in the Irrigation Network of Northern Khuzestan". *Water Management in Agriculture*, 9(1): 15-30 (In Persian).
- Manoleli, D. G., Campeanu, V., Giurca, D. & Chivu, L., (2004). *Setting the development priorities for Romanian agriculture and rural sector: The impact of the new common agricultural policy reform* (No. 11). Pre-Accession Impact Studies II.
- Martin, L., Westgren, R. & Van Duren, E., (1991). "Agribusiness competitiveness across national boundaries". *American Journal of Agricultural Economics*, 73(5): 1456-1464.
- Ministry of Agriculture Jihad, Statistics of Agriculture-Crop Products, different years, Center for Statistics, Information and Communication Technology, Tehran (In Persian).
- Mohammad Jani, I. & Yazdanian, N., (2013). "The analysis of water crisis conjecture in Iran and its management". *Trend*, 21(65-66): 117-144 (In Persian).
- Monke, E. A. & Pearson, S. R., (1989). *The policy analysis matrix for agricultural development*. New York: Cornell university press.
- Murthy, K. V., (2002). "Arguing a case for Cobb-Douglas production function". *Review of Commerce Studies*, 20, 21.
- Nam, P. K., Man, P. N. & Thuy, T. D., (2023). "Heterogeneity in Shadow Prices of Water Pollutants: A Study of the Seafood Processing Industry in Vietnam". *Discussion Paper Series*, Environment for Development.
- Naseri, A., Abbasi, F. & Akbari, M., (2017). "Estimating Agricultural Water Consumption by Analyzing Water Balance". *Irrigation and Drainage Structures Engineering Research*, 18(68): 17-32. <https://doi.org/10.22092/aridse.2017.105338.1057> (In Persian).
- Norozian, M., hosseini, S. M. & Akbari, A., (2019). "The Impact of Proposed Water Pricing Policies on the Comparative Advantage of Agricultural Products in Kashmar". *Journal of Water Research in Agriculture*, 33(2): 315-326. <https://doi.org/10.22092/jwra.2019.119745> (In Persian).
- Ortiz-Partida, J. P., Fernandez-Bou, A. S., Maskey, M., Rodríguez-Flores, J. M., Medellín-Azuara, J., Sandoval-Solis, S., ... & Kahil, T., (2023). "Hydro-economic modeling of water resources management challenges: Current applications and future directions". *Water Economics and Policy*, 9(01): <https://doi.org/10.1142/S2382624X23400039>.

- Perrone, D. & Jasechko, S., (2017). "Dry groundwater wells in the western United States". *Environmental Research Letters*, 12(10): 104002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa8ac0>.
- Piri, H. & heidari, M., (2021). "Determination of economic value and water productivity in major products of Iranshahr". *Agricultural Economics Research*, 13(2): 217-234 (In Persian).
- Porter, M. E., (1990). *The competitive advantage of nations*. London and Basingstoke.
- Rasekhi, S. & Siami, A., (2007). "Investigating the comparative advantage of citrus in Mazandaran province using the Policy Analysis Matrix (PAM) technique". *Commercial Surveys*, 4(28): 49-59.
- Research Institute of Planning, Agricultural Economy and Rural Development, (1403). Various reports, <https://www.agri-peri.ac.ir> (In Persian).
- Richmond, B., (1993). "Systems thinking: critical thinking skills for the 1990s and beyond". *System dynamics review*, 9(2): 113-133, <https://doi.org/10.1002/sdr.4260090203>.
- Richmond, B., (1994). "System dynamics/systems thinking: Let's just get on with it". *System Dynamics Review*, 10(2-3): 135-157, <https://doi.org/10.1002/sdr.4260100204>.
- Rogers, P., Bhatia, R. & Huber-Lee, A., (1998). "Water as a social and economic good: How to put the principle into practice". *Working Paper*, Global Water Partnership/Swedish International Development Agency, Stockholm, Sweden.
- Salvitabar, A., Zarghami, M. & Abrishamchi, A., (2006). "System Dynamic Model in Tehran Urban Water Management". *Journal of Water and Wastewater*, 17(3): 12-28 (In Persian).
- Saptana, Sayekti, A. L., Perwita, A. D., Sayaka, B., Gunawan, E., Sukmaya, S. G., ... & Pitaloka, A. D., (2022). "Analysis of competitive and comparative advantages of potato production in Indonesia". *PLoS One*, 17(2): e0263633, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263633>.
- Shahraki, J., Hoseini, S. M. & Khazaei, S., (2016). "Analysis of the effects of agricultural water subsidy targeting on Iran's agricultural sector (computable general equilibrium model)". *Agricultural Economics Research*, 8(30): 77-94 (In Persian).
- Siggel, E., (2006). "International competitiveness and comparative advantage: a survey and a proposal for measurement. *Journal of Industry*". *Competition and Trade*, 6(2): 137-159, <https://doi.org/10.1007/s10842-006-8430-x>.
- Song L., Wang H. & Ding L., (2024). "Multi-Dimensional Collaborative Optimization Model for Agricultural Water Rights Based on Water Price Reform under Changing Environment". *Water*, 16(9): 1262. <https://doi.org/10.3390/w16091262>.

- Sterman, J. D., (2000). *Business Dynamics Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Irwin McGraw-Hill, Boston.
- Tavakoli, A., Hokmabadi, H., Naderi Arefi, A., Hajji, A., (2022). "Assessment of Comparative Advantage of Agricultural Crops in Semnan Province Based on Water Productivity". *JWSS*, 25 (4): 63-81, <https://doi.org/10.47176/jwss.25.4.13162> (In Persian).
- Tehran Chamber of Commerce, Industries, Mines and Agriculture, (2023). *Productivity of the agricultural sector with an emphasis on water efficiency*. Deputy Economic Surveys, Tehran (In Persian).
- Terfa, D. A. & Terwase, S., (2011). "Efficiency of resource use in rice farming enterprise in Kwande local government area of benue State, Nigeria". *International Journal of Humanities and Social Science*, 1(3): 4–6.
- Tian, X., Engel, B. A., Qian, H., Hua, E., Sun, S. & Wang, Y., (2021). "Will reaching the maximum achievable yield potential meet future global food demand?". *Journal of Cleaner Production*, 294: 126285, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126285>.
- Ward, F. A., (2022). "Enhancing climate resilience of irrigated agriculture: A review". *Journal of Environmental Management*, 302: 114032, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114032>.
- Wu, A., Li, G., Sun, T. & Liang, Y., (2014). "Effects of industrial relocation on Chinese regional economic growth disparities: Based on system dynamics modeling". *Chinese Geographical Science*, 24: 706-716, <https://doi.org/10.1007/s11769-014-0664-7>.
- Wu, Zh., Tian, G., Xia, Q., Hu, H. & Li, J., (2023). "Connotation, calculation and influencing factors of the water-use rights benchmark price: A case study of agricultural water use in the Ningxia Yellow River irrigation area". *Agricultural Water Management*, 283(C): <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108300>.