Journal of Agricultural Economics Research

Winter 2024. Vol 15. Issue 4

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

Research Paper

Establishment of a Structural Institution of the Local Water Market in the Irrigation Network of Tehran Province with Statewide Agricultural Production Model Approach

Abozar Parhizkari[1*], Gholamreza Yavari[2], Abolfazle Mahmoodi[3], Gholamreza Bakhshi Khaniki[4]

1. PHD in Agricultural Economics, Payam Noor University, Tehran, Iran
2. Associate Professor of Agricultural Economics, Payam Noor University, Tehran, Iran
3. Associate Professor of Agricultural Economics, Payam Noor University, Tehran, Iran
4. Professor of Agricultural Science (Biotechnology) Payam Noor University, Tehran, Iran

Received:2021/07/14
Accepted:2021/11/29
PP:28-51

Use your device to scan and read the article online

DOI:
10.30495/JAE.2023.28453.2260

Keywords:
Water market, Hydro economic model, Water users' organizations, SWAP Pattern, Water shortage.

Abstract

Introduction: The water market is an effective and efficient tool for allocating agricultural water between different agricultural activities. The lack of a structural institution that regulates irrigation water and the lack of farmers' participation to establish it is one of the most important issues facing the agricultural sector in Tehran province. Examining the potential effects of this event, which has received more and more attention from the international community, is an important step in the development of agricultural activities in Tehran province.

Methods: In the present study, using the approach of state or regional agricultural production model (SWAP), the economic behavior of Tehran farmers after Establishment of the structural institution of the local water market was modeled. To achieve this goal, statistical data related to the years 2018-2013 were used. The proposed economic-hydrological modeling system was calibrated in GAMS software.

Findings: The results showed that with the establishment of local water market in Tehran province, in addition to sustainable balancing of water resources, it is possible to develop the acreage of irrigated products, albeit profitable in the cropping pattern of less water regions (Shahrerey and Varamin plains) and by balancing farmers' gross profit, the negative consequences of the hydrological drought phenomenon are reduced to about 35.3% compared to the base period.

Conclusion: Establishing a local water market in Tehran province can transfer surplus water resources in the study areas of southwestern Tehran province. Also, increase the reliability of farmers' access to irrigation water and reduce production risk in crop patterns. It can also optimally reflect the issue of allocation and optimal management of water resources between different agricultural activities.

JEL Classification: C61, L22, Q25

Citation: Parhizkari A., Yavari GH., Mahmoodi A. and Bakhshi Khaniki GH.(2024). Establishment of a Structural Institution of the Local Water Market in the Irrigation Network of Tehran Province with Statewide Agricultural Production Model Approach.. Journal of Agricultural Economics Research.15(4):28-51

***Corresponding author:** Abozar Parhizkari
Address: Department of Agricultural Economics, Payam Noor University, Tehran, Iran
Tell: 09388918582
Email: Abozar.parhizkari@yahoo.com

Extended Abstract

Introduction:

Today, in the field of policy-making, many efforts have been made to reduce water consumption in the agricultural sector and improve its allocation among various activities. An important issue in exploiting limited water resources is the imbalance in water supply and demand, especially during periodic droughts in most parts of the country (Iran). Unbalanced water supply and demand, as a fundamental constraint, causes agricultural production yields to decline in the long run (3, 6). Accordingly, balancing the supply and demand of agricultural water plays an important role in the economic management of water resources in each region. Agricultural economists believe that if there is a system of private property rights with the ability to transfer water resources, the creation of a structural institution such as the water market will increase the reliability of access to water and reduce farmers' risk and optimally reflects the optimal management and allocation of water. Creating water markets in the agricultural sector is a promising solution to increase water economic efficiency. With the created opportunities in the water market, farmers will rent and sell water and will try to convert surface currents and its deep intrusions in order to supply marketable water (6). The water market is an effective and efficient tool for allocating agricultural water between different agricultural activities, especially in cases of water scarcity and drought that by actually pricing this scarce input, it saves on consumption (8). However, the lack of a structural institution that regulates irrigation water and the lack of farmers' participation to establish it is one of the most important issues facing the agricultural sector in Tehran province. Examining the potential effects of this event, which has received more than ever attention from the international community, is an important step in the development of agricultural activities in Tehran province. The average rainfall in this province is about 195 millimeter and the average temperature is 15/7 °c. In Tehran province, surface water is obtained through rainfall and the formation of seasonal rivers (Hablehrood, Nimrood, Jajrood and Sulqan or Kan River). In hot seasons, reduced rainfall and the lack of these temporary resources have led to provide the needed irrigation water by farmers through groundwater abstraction. In addition, the lack of local and regional water markets and water users' organizations in the seasonal river basins of this province has caused a large amount of irrigation water to be taken out of farmers' access in watery seasons without using every year (23, 30). However, in the warm seasons of the year, due to the reduction of river water flow, most farmers face the problem of water shortage. Overall, the present study was to answer the following questions. What is the economic behavior of Tehran farmers' participation in establishing a local or regional water market?

Methods

Determining the level of spatial aggregation is important for defining the scope of hydro economic models and analyzing agricultural policies. In fact, determining this level, instead of analyzing policies in a broad dimension, considers a combination of local or regional features with a smaller data set and examines the desired policies at the designated area level. The appropriate approach to determine the level of spatial aggregation is to use the State Wide Agricultural Production model (SWAP). In the present study, the SWAP model was used to investigate the economic behavior of farmers' participation in Tehran province in the structural institution of irrigation water market (6, 11). SWAP model was used to evaluate the effects of the formation of local or regional water market as one of the most practical methods in confrontation with climate change and drought. This model focuses on heterogeneous resources or specific inputs to analyze policies at the regional level, and uses economic optimization results instead of raw data in estimating agricultural production functions. Explicit and real data is used in SWAP model calibration. Therefore, this model can include physical constraints in policy analysis in addition to capital and financial constraints. Generally, in the SWAP model assumes that the behavior of maximizing the farmers' gross profit at the regional level and in a short-term equilibrium, leads to the allocation of resources according to what was observed in the base year. This model is calibrated in 6 steps as follows:

Step 1: Divide the sub-basin areas and collect baseline data;

Step 2: Solve the linear programming model and determine shadow prices;

Step 3: Estimation of regional production function and estimation of CES coefficients;

Step 4: Estimating the exponential or transcendental cost function and estimating its parameters;

Step 5: Estimating the demand function of agricultural products based on prices;

Step 6: Build the final planning model and explain the calibrated SWAP model (11).

The SWAP model was calibrated in GAMS software. The required data in this research are the documentary and recorded in the relevant government agencies, which were collected to the years 2013- 2019.

Findings

The results showed that with the formation of local or regional water market in Tehran province,

changes the total acreage of selected products from 114795 to 112619 hectares, which brings a decrease of 1/9 percent for the total irrigated lands. Also with the establishment of the water market, the cropping pattern of selected products is mainly towards developing the acreage of higher economically viable products such as corn, tomatoes, watermelon, sunflower and canola and reducing the acreage of less productive products such as wheat and barley. With the realization of the irrigation water trade process between the five regions of Tehran province due to changes in cropping patterns and their optimization, the total farmers' gross profit increases about 6/96 percent compared to the base period (in the absence of water market) and changes from 19378/79 to 20727/00 million rial. In addition, with the establishment of the water market the economic value of water in A, B, C, D and E region will increase about 14/01, 4/58, 16/51, 9/0 and 6/01 percent compared to the base period. Increasing the "profit to water consumption ratio" about 7/38 percent in the conditions of establishing the local water market compared to the base period is another appropriate of forming the water market in Tehran province.

Discussion

The obtained results of SWAP model showed that with the establishment of water market in Tehran province, in addition to sustainable balancing of water resources, it is possible to develop the acreage of products with higher water requirements but profitable, in cropping patterns of regions with less agricultural water (Shahrerey and Varamin plains).

Conclusion

Finally, it can be acknowledged that the creation and development of local or regional water market as a structural institution with private property rights in Tehran province can, despite having the ability to transfer surplus water resources in the basins and study areas, cause Increase the reliability of farmers' access to irrigation water and reduce production risk in cropping patterns and also, optimally reflect the issue of allocation and optimal management of water resources between different agricultural activities.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All subjects full fill the informed consent.

Funding

No funding.

Authors' contributions

Design and conceptualization:
Methodology and data analysis:
Supervision and final writing:

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات اقتصاد کشاورزی

زمستان ۱۴۰۲.دوره ۱۵. شماره ۴

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

مقاله پژوهشی

ایجاد نهاد ساختاری بازار آب محلی در شبکه آبیاری استان تهران با رویکرد مدل تولیدات کشاورزی منطقه‌ای

ابوذر پرهیزکاری[1*]، غلامرضا یاوری[2]، ابوالفضل محمودی[3]، غلامرضا بخشی خانیکی[4]

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

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

۳. دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۴. استاد گروه علوم کشاورزی (بیوتکنولوژی)، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۰۴/۲۳

تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۰۹/۰۸

شماره صفحات:۵۱-۲۸

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

DOI:
10.30495/JAE.2023.28453.2260

واژه‌های کلیدی:
بازار آب، مدل هیدرواقتصادی، تشکل‌های آب-بران، الگوی SWAP، کم‌آبی.

چکیده

مقدمه و هدف: بازار آب ابزاری مؤثر و کارآمد جهت تخصیص آب کشاورزی بین فعالیت‌های مختلف زراعی است. نبود نهاد ساختاری تعدیل‌کننده آب آبیاری و عدم مشارکت کشاورزان جهت استقرار آن از جمله مهم‌ترین مسائل پیش‌روی بخش کشاورزی در استان تهران می‌باشد. بررسی آثار بالقوه این رویداد که بیش از پیش مورد توجه جوامع بین‌المللی قرار گرفته است، گامی مهم در زمینه توسعه فعالیت‌های کشاورزی استان تهران به شمار می‌رود.

مواد و روش ها: در مطالعه حاضر با بهره‌مندی از رویکرد مدل تولیدات کشاورزی ایالتی یا منطقه‌ای (SWAP) رفتار اقتصادی کشاورزان تهرانی پس از ایجاد نهاد ساختاری بازار آب محلی مدلسازی شد. برای تحقق این هدف از داده‌های آماری مربوط به سال‌های زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۲ استفاده شد. واسنجی سیستم مدل‌سازی هیدرولوژی-اقتصادی ارائه شده نیز در محیط نرم‌افزاری GAMS صورت گرفت.

یافته ها: نتایج نشان داد که با استقرار بازار آب محلی در استان تهران، افزون بر تعادل‌بخشی پایدار منابع آب، امکان توسعه سطح زیرکشت محصولات آب‌بر و سودده در الگوی زراعی مناطق کم‌آب‌تر (دشت شهرری و ورامین) فراهم می‌شود و با متعادل شدن بازده ناخالص کشاورزان، پیامدهای منفی پدیده خشکسالی هیدرولوژیکی تا حدود ۳/۳۵ درصد نسبت به دوره پایه کاهش می‌یابد.

بحث و نتیجه گیری: ایجاد بازار آب محلی در سطح استان تهران می‌تواند علی‌رغم دارا بودن قابلیت انتقال منابع آبی مازاد در سطح مناطق مطالعاتی جنوب غرب استان تهران، سبب افزایش ضریب اطمینان دسترسی کشاورزان به آب آبیاری و کاهش ریسک تولید در الگوهای زراعی شود و همچنین، به نحو مطلوبی مسأله تخصیص و مدیریت بهینه منابع آب را بین فعالیت مختلف زراعی منعکس نماید.

طبقه‌بندی JEL: Q25, L22, C61.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

* **نویسنده مسوول:** ابوذر پرهیزکاری

نشانی: گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

تلفن: ۰۹۳۸۸۹۱۸۵۸۲

پست الکترونیکی: Abozar.parhizkari@yahoo.com

مقدمه

در راستای مقوله سیاست‌گذاری اقتصادی، تلاش‌های زیادی برای کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی و بهبود تخصیص آن در بین فعالیت‌های مختلف صورت گرفته است. مسئله مهمی که در زمینه بهره‌برداری از منابع محدود آب وجود دارد، عدم تعادل در عرضه و تقاضای آب، به ویژه در زمان بروز خشکسالی‌های دوره‌ای در اغلب نقاط کشور است (۱۵، ۲۱ و ۳۵). عرضه و تقاضای نامتعادل آب به عنوان یک محدودیت اساسی، بازده تولید محصولات کشاورزی را با روند کاهشی در بلندمدت مواجه می‌سازد (۳). بر این اساس، تعادل‌بخشی عرضه و تقاضای آب کشاورزی در مدیریت اقتصادی منابع آب هر منطقه در کشور نقش مهمی را ایفا می‌کند (۱۷). اقتصاددانان کشاورزی معتقدند که در صورت وجود یک سیستم حقوق مالکیت خصوصی با قابلیت انتقال منابع آبی، ایجاد یک نهاد ساختاری مانند بازار آب سبب افزایش ضریب اطمینان دسترسی به آب و کاهش ریسک کشاورزان گردیده و به نحو مطلوبی مدیریت و تخصیص بهینه آب را منعکس می‌کند (۶ و ۸). شکل‌گیری و استقرار بازار آب و به دنبال آن اشتراک‌گذاری آب آبیاری توسط کشاورزان، متناسب با مقدار تخصیص آب در هر منطقه سبب کاهش مصرف بی‌رویه این نهاده می‌شود (۴). سیاست اشتراک‌گذاری آب آبیاری، به عنوان یک استراتژی جدید در مسائل مربوط به مدیریت منابع آب، به‌ویژه در شرایط کم‌آبی مطرح می‌شود. این استراتژی شامل مجموعه اهدافی است که افزایش بهره‌وری، بهبود حفاظت و پایداری منابع آب را در پی دارد (۷ و ۲۲). در زمینه پایداری منابع آب نیز، بایستی توجه نمود که سیاست‌های مدیریت عرضه و تقاضای آب مکمل یکدیگر می‌باشند و تا زمانی که آب به عنوان یک کالای اقتصادی در نظرگرفته نشود و به آن بهای لازم داده نشود، اکثر کشاورزان به منظور آبیاری مزارع خود از روش‌های سنتی آبیاری استفاده خواهند کرد که این امر افزایش تلفات آب را در پی خواهد داشت. برخی از صاحب‌نظران نخستین گام برای جلوگیری از بحران آب را افزایش راندمان آبیاری و بهره‌وری آن عنوان کرده‌اند. در صورت افزایش بهره‌وری آب، مصرف آب در بخش کشاورزی ۱۰ تا ۵۰ درصد کاهش می‌یابد، بدون آنکه بازده اقتصادی و سطح رفاه کشاورزان کم شود. این عمل با به‌کارگیری سیاست‌های صحیح و قابل اجرا و همچنین، روش‌های بهتر آبیاری مقدور خواهد بود؛ لذا ارزیابی آثار برنامه‌های سیاستی همچون ایجاد نهادهای تعدیل‌گر عرضه و تقاضای آب در بخش کشاورزی جهت پایداری و صیانت از منابع موجود امری ضروری و حائز اهمیت تلقی می‌شود (۲۱).

"بازار آب" در بخش کشاورزی یک راه حل امیدبخش جهت افزایش کارایی اقتصادی آب[1] می‌باشد که کشاورزان با فرصت‌های ایجاد شده در آن، علاوه بر کاهش فشار استفاده از منابع آب زیرزمینی، از طریق بهبود شیوه‌های مدیریت تأمین آب، برای اجاره و فروش آب اقدام نموده و در راستای تأمین آب قابل فروش در بازار از جریان‌های سطحی و منابع آب زیرزمینی بهره‌مند خواهند شد (۱۷، ۲۶ و ۳۱). بنابراین، خصوصیت مهمی که موجب معرفی بازار آب به عنوان یک نهاد ساختاری می‌شود، توانایی آن در تخصیص مجدد آب بین مصارف گوناگون است، به نحوی که نهاده کمیاب آب به مصارفی تخصیص خواهد گرفت که ارزش‌های بالقوه بالاتری از آن ایجاد می‌شود و بالطبع، مطلوبیت منطقی بیشتری از آن به دست می‌آید. بدین ترتیب، این ابزار اقتصادی امکان دستیابی به کارایی بیشتر در تخصیص آب و حداکثر شدن سطح رفاه اجتماعی[2] را برای جامعه فراهم می‌کند (۷ و ۸). به طور کلی، بازار آب در یک تعریف جامع شامل نهادی ساختاری و غیرفیزیکی است که از طریق ارزش‌گذاری منطقی منابع آب، سبب تعدیل بین عرضه و تقاضای این منابع می‌شود (۷).

استان تهران که منطقه مورد مطالعه در این تحقیق است، دارای مساحتی معادل ۱۲۹۸۱ کیلومتر مربع بوده و با در اختیار داشتن ۳/۴ درصد از اراضی قابل کشت، حدود ۷/۶ درصد از کل تولیدات زراعی کشور را به خود اختصاص داده است (۲۹). سالانه بیش از ۱۵۰ میلیون مترمکعب اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی این استان صورت می‌پذیرد. در واقع، مجموع تغذیه آبخوان‌های این استان حدود ۱۴۸۰/۵ میلیون مترمکعب است، درحالی که مجموع تخلیه از آن‌ها به ۱۶۳۰/۲ میلیون مترمکعب نیز می‌رسد (۳۰). نظر به این که در استان تهران، آب‌های سطحی از طریق بارندگی و تشکیل رودخانه‌های فصلی (حبله‌رود، نمرود، جاجرود و سولقان یا رودخانه کن) حاصل می‌شوند، در فصول گرم سال کاهش بارندگی و عدم وجود این منابع موقت سبب شده تا آب آبیاری موردنیاز برای کشاورزان از طریق برداشت آب‌های زیرزمینی تأمین شود. این عامل در طول زمان باعث افت سطح آب‌های زیرزمینی (به میزان ۱/۹ متر) و منفی‌شدن بیلان آب در اغلب نقاط این استان، به‌ویژه در بخش‌های جنوبی آن (دشت‌های ملارد و ورامین) شده است (۲۳ و ۳۰). افزون بر این از یک‌سو، توسعه و رشد سریع استان تهران و شهرستان‌های آن در دهه‌های اخیر منجر به افزایش قابل توجه نیازهای آبی و عدم توازن بین منابع آبی موجود و مصارف نظیر آن شده است. از سوی دیگر، عدم

1 Economic Efficiency of Water

2 Social Welfare

وجود بازارهای آب محلی و منطقه‌ای و تشکل‌های آب‌بران در حوضه رودخانه‌های فصلی این استان سبب شده که همه‌ساله در فصول پرآب حجم زیادی از آب آبیاری بدون استفاده از دسترس کشاورزان خارج شود. در حالی که، در فصول گرم سال به علت کاهش جریان آب رودخانه‌ها، اغلب کشاورزان با مسئله کمبود آب مواجه می‌باشند (۲۳). به طور کلی، رشد روزافزون جمعیت استان تهران، نیاز به مواد غذایی بیشتر و توسعه اراضی زراعی نسبت به گذشته، برنامه‌ریزی واقع‌بینانه و همچنین، مدیریت بلندمدت و صحیح منابع آب را در این استان امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر نموده است که این مهم بدون همکاری و مشارکت کشاورزان در برنامه‌های توسعه‌ای منابع آب و ایجاد تشکل‌های آب‌بران تقریباً غیرممکن است.

اهداف پژوهش

۱. واسنجی سیستم مدل‌سازی هیدرواقتصادی مشتمل بر رویکرد تولیدات کشاورزی منطقه‌ای در راستای امکان‌سنجی استقرار بازار آب.

۲. بررسی رفتار اقتصادی کشاورزان استان تهران پس از مشارکت در نهاد ساختاری بازار آب محلی یا منطقه‌ای.

۳. ارزیابی اثرات شکل‌گیری بازار آب منطقه‌ای بر زیربخش کشاورزی و بازده درآمدی کشاورزان استان تهران

۴. تعیین ارزش اقتصادی آب آبیاری و روند تغییرات آن با وجود بازار آب محلی یا منطقه‌ای در استان تهران.

۵. بررسی و تحلیل شاخص اقتصادی "نسبت سود به آب مصرفی" در الگوی زراعی استان تهران قبل و پس از استقرار بازار آب.

مبانی نظری و پیشینه تحقیق

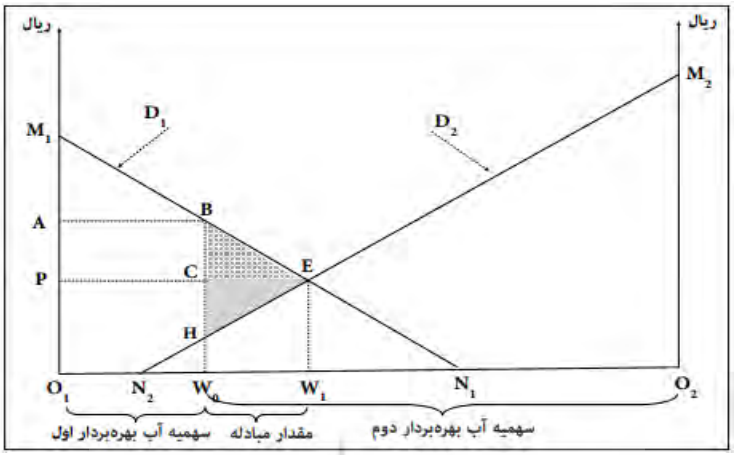
تخصیص آب شامل مجموعه‌ای از ساز و کارهای ممکن برای توزیع منابع آب با در نظر گرفتن حقوق مالکیت آن بین مصرف‌کنندگان بالقوه در سطوح مختلف مکانی (محلی، منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی) است که در چارچوب آن تصمیمات مربوط به مجوزهای برداشت و مصرف آب اتخاذ شوند (۱۷ و ۳۱). هاو و همکاران (۱۰) در تحقیقات خود بیان می‌کنند که سازوکار مطلوب تخصیص منابع آب باید شامل ویژگی‌های انعطاف‌پذیری، تأمین امنیت، تأمین انتظارات حقابه‌داران، انعکاس هزینه‌های فرصت در تخصیص، لحاظ ارزش‌های اجتماعی مرتبط با آب، قابلیت پیش‌بینی مکانیزم تخصیص و برابری باشد (۱۶). برخورداری از فرصت خرید و فروش آب، حقابه‌داران را مجبور می‌کند که هزینه‌های فرصت آب را در تصمیم‌های مربوط به انتقال و مصرف آب مورد توجه قرار دهند. مبادلات در بازار نیز منصفانه است؛ چرا که فروشندگان و خریداران تنها زمانی وارد بازار خواهند شد که معتقد باشند این کار برایشان دارای منفعت است (۱۹). در شرایطی که ارزش نهایی آب بین بهره‌برداران متفاوت باشد، انگیزه اقتصادی جهت مبادله آب و تشکیل بازار به وجود می‌آید. در این شرایط، آب از مصارف با ارزش نهایی کمتر به سمت مصارف با ارزش نهایی بیشتر منتقل شده و کارایی مصرف آن افزایش می‌یابد. با تشکیل بازار آب در یک منطقه و واقعی شدن ارزش آب، هزینه فرصت مصارف آن افزایش یافته و انگیزه بهره‌بردارانی که به طور مستقیم در بازار شرکت می‌کنند، جهت استفاده کارا از منابع آب افزایش می‌یابد. طبق قضیه اول رفاه، تعادل در یک مجموعه بازار رقابتی کارای پارتو[1] می‌باشد. بدین معنی که وقتی بازار به تعادل رسید امکان افزایش مطلوبیت هیچ یک از مشارکت‌کنندگان در بازار بدون کاهش مطلوبیت حداقل یک فرد دیگر وجود ندارد. به عبارت دیگر در نقطه تعادل امکان تخصیص یا توزیع مجدد منابع به طریق کارآمدتری وجود ندارد (۱۳ و ۲۵). به منظور بررسی مکانیزم مبادله در بازار آب فرض کنید که در منطقه مورد مطالعه دو (گروه) بهره‌بردار آب وجود دارند که دارای منحنی‌های تقاضای آب مطابق با شکل ۱ می‌باشند. این منحنی برای عرضه‌کننده آب همان منحنی ارزش تولید نهایی[2] است و برای کشاورزی که آب را جهت تخصیص بین فعالیت‌های زراعی خود تقاضا می‌کند، نشان دهنده تمایل به پرداخت می‌باشد. از آن‌جایی که در بازار آب امکان مبادله بین بهره‌برداران مختلف وجود دارد، از منحنی منفعت نهایی به عنوان یک واژه مشترک برای بیان تقاضا بین بهره‌برداران استفاده می‌شود (۱۹ و ۳۱).

مطابق با شکل ۱، فرض کنید دو بهره‌بردار به ترتیب دارای O1W0 و O2W0 واحد حقابه اولیه هستند و مبادله آب بدون هیچ هزینه‌ای بین آن‌ها برقرار شده است. طبق شکل ۱، در صورتی که بهره‌بردار اول به اندازه W0W1 واحد آب از بهره‌بردار دوم خریداری نماید، منفعت کل خود را به اندازه W0BEW1 ریال افزایش می‌دهد. وی برای خرید این مقدار آب به اندازه W0CEW1 ریال پرداخت نموده و از این مبادله به اندازه BCE ریال سود می‌برد. این مبادله برای بهره‌بردار دوم نیز سودآور است، زیرا وی در صورت فروش آب به میزان W0W1 واحد، به اندازه W0CEW1 ریال درآمد کسب نموده و در اثر خارج کردن این مقدار آب از جریان تولید و یا مصرف (جهت فروش) فقط به اندازه W0HEW1 ریال از منفعت کل وی کاسته می‌شود. پس بهره‌بردار دوم نیز از این مبادله به اندازه HCE ریال سود می‌برد. در نتیجه، تشکیل بازار آب کشاورزی و فراهم شدن امکان مبادله آب میان دو بهره‌بردار یا کشاورز، در مجموع به اندازه HBE ریال

1 Pareto efficient

2 Value of marginal product

سود اقتصادی برای آن‌ها به دنبال دارد. این مبادله تا جایی ادامه پیدا می‌کند که منفعت نهایی آب برای هر دو بهره‌بردار برابر شود (۱۳). بر اساس تئوری اقتصادی فوق، کاراترین سازوکار تخصیص منابع در یک بازار رقابت کامل اتفاق می‌افتد که در آن علائم قیمت همانند دست نامرئی، بنگاه‌ها، بهره‌برداران و کلیه اشخاص حداکثرکننده سود و مطلوبیت را به خرید، فروش و تعقیب فعالیت-هایی که در آن مزیت نسبی دارند، تشویق می‌کند. در این شرایط، ارزش کل حاصل از تولید حداکثر شده و مشارکت‌کنندگان در بازار در وضعیت رفاهی بالاتری نسبت به شرایط ماقبل قرار گرفته و منابع به طور کارا مصرف می‌شوند (۵ و ۱۶).



شکل ۱- چگونگی مبادله نهاده آب کشاورزی در نهاد ساختاری بازار (۱۳)

با توجه به اهمیت مقوله شکل‌گیری بازارهای آب در بخش کشاورزی، سیدل و همکاران (۲۸) شکل‌گیری بازار آب و قوانین مرتبط با آن را در حوضه موری دارلینگ[1] بررسی کردند. یافته‌ها حاکی از آن است که بسیاری از ذینفعان ترجیح می‌دهند منابع آب مازاد خود را در اختیار نهادهای دارای امنیت بالاتر قرار دهند و از داد و ستد موقت در مواقع مواجهه با کمبودهای آب‌رسانی استفاده کنند. ویلر و همکاران (۳۱) چارچوب الگوی ارزیابی آمادگی بازار آب[2] (WMRA) را برای مناطقی از استرالیا، آمریکا و اسپانیا بررسی کردند. نتایج نشان داد که الگوی WMRA می‌تواند اطلاعات کلیدی مفیدی را در اختیار برنامه‌ریزان آب قرار دهد تا در مورد سودمندی فرآیندهای تجارت آب و استقرار این نهادهای ساختاری تصمیم‌گیری نمایند. زنگ و همکاران (۳۴) با استفاده از روش برنامه‌ریزی مشترک چند مرحله‌ای بازه‌ای- احتمالاتی[3] (JIMP) به بررسی تجارت آب تحت شرایط عدم قطعیت در حوضه رودخانه کایدو- قونگ‌کیو[4] چین پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که مکانیزم بازار پس از استقرار سبب تخصیص کارای منابع آب، ایجاد بینش مؤثر در خصوص تبادل بین تجارت آب و تحقق اهداف اقتصادی بهره‌برداران شده است. هاویت و همکاران (۱۲) با بهره‌مندی از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی نقش تشکیل بازارهای آب محلی را جهت مقابله با اثرات رخداد خشکسالی ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که استقرار بازارهای آب محلی به دلیل برقراری توازن بین عرضه و تقاضای آب تا حدود ۳۰ درصد اثرات خشکسالی را کاهش می‌دهد. زمان و همکاران (۳۳) با بهره‌مندی از سیستم مدل‌سازی هیدرواقتصادی منافع بالقوه حاصل از مبادله آب بین بهره‌بردان کشاورزی را در شمال استرالیا پیش‌بینی کردند. نتایج نشان داد که مبادلات آب می‌تواند اثر بلندمدت خشکسالی را برای مصرف‌کنندگان آب در برخی مناطق کاهش دهد. همچنین، مبادلات آب بین مناطق در بلندمدت آثار ارزشمندی برای غلبه بر بحران خشکسالی شدید دارد. در ایران نیز، ابوالحسنی و همکاران (۱) با بهره‌مندی از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت[5] (PMP) نقش تشکیل بازار آب در میزان استفاده از منابع آبی دشت مشهد را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که با تشکیل بازار آب، الگوی کشت به سمت محصولات با سوددهی بالاتر سوق پیدا می‌کند. همچنین، در استفاده از آب آبیاری صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای صورت می‌گیرد؛ به نحوی که پس از تشکیل بازار آب در شهرستان‌های مشهد، چناران و طرقبه- شاندیز میزان مصرف آب به ترتیب با کاهش ۳۷، ۲۳/۸۵ و ۲۹/۰۹ درصدی همراه می‌شود. پرهیزکاری و همکاران (۲۰) با بهره‌مندی از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) و رهیافت تابع تولید با کشش جانشینی ثابت[6] (CES) اثرات تشکیل بازار آب را در سیستان بررسی نمودند و پتانسیل انتقال آب تحت شرایط کم‌آبی را در سطح این منطقه ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که با

1 Murray-Darling Basin
2 Water Market Readiness Assessment
3 Joint-Probabilistic Interval Multistage Programming
4 Kaidu-Qongque River basin
5 Positive Mathematical Programming
6 Constant Elasticity of Substitution

برقراری بازار آب، افزون بر متعادل شدن داد و ستد آب بین مناطق مورد بررسی، سطح زیرکشت گندم و جو آبی نسبت به شرایط عدم وجود بازار آب افزایش و سطح زیرکشت یونجه، پیاز، هندوانه و خربزه کاهش می‌یابد. این امر امکان توسعه اراضی فاریاب را تا حد ۴/۲۳ درصد نسبت به شرایط سال پایه فراهم می‌کند. احمدی و همکاران (۲) با استفاده از یک الگوی بهینه‌سازی ریاضی به ارزیابی اقتصادی پیاده‌سازی بستر فنی بازار آب کشاورزی در شبکه آبیاری مهیار استان اصفهان پرداختند. نتایج نشان داد که بازده برنامه‌ای کشاورزان پس از ایجاد بازار به میزان ۲۸ درصد نسبت به حالت پایه افزایش می‌یابد. همچنین، حجم آب مبادله شده در بازار ۴۷ درصد از آب مصرفی است که نشان‌دهنده مشارکت بالای کشاورزان در بازار، جهت تخصیص بهینه‌تر آب است. صبوحی و پرهیزکاری (۲۷) به ارزیابی اثرات رفاهی و اقتصادی تشکیل بازار آب در استان قزوین پرداختند. نتایج نشان داد که استقرار بازارهای آب منطقه‌ای در این استان منجر به افزایش مجموع سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی و افزایش دسترسی به منابع آب بیشتر برای کشاورزان، به‌خصوص در شهرستان‌های با منابع آبی کمتر می‌شود. ایجاد اشتغال بالقوه و به‌کارگیری نیروی کار بیشتر در سطح اراضی از دیگر اثرات تشکیل بازار آب در استان قزوین به‌شمار می‌روند.

مطالعات بررسی شده آثار شکل‌گیری بازارهای آب را بر تولیدات کشاورزی و مدیریت پایدار منابع آب در این بخش ارزیابی نموده‌اند و استقرار چنین نهادهای ساختاری را جهت مقابله با پیامدهای کم‌آبی و خشکسالی مدنظر داشته‌اند. وجه اشتراک مطالعات انجام شده در زمینه مکانیسم بازار در فرآیند تخصیص منابع آب بین بهره‌برداران کشاورزی این است که تفکیک حقوق مالکیت آب از سایر دارایی‌ها و قابلیت مبادله این حقوق، گام نخستِ حرکت به سمت تشکیل بازارهای آب است. از این رو، در مطالعه حاضر تلاش بر آن شده تا نقش بازار آب به عنوان راهکاری برای مقابله با آثار خشکسالی در استان تهران با بهره‌مندی از سیستم مدل‌سازی اقتصادی- هیدرولوژیکی بررسی و تحلیل گردد.

روش تحقیق

مدل تولید محصولات کشاورزی ایالتی یا منطقه‌ای[1] (SWAP)

تعیین سطح تجمیع مکانی یا فضایی[2] برای تعریف دامنه‌ی کاری مدل‌های هیدرواقتصادی و تجزیه و تحلیل سیاست‌های کشاورزی حائز اهمیت است. در واقع، تعیین این سطح به جای تحلیل سیاست‌ها در یک بعد وسیع، ترکیبی از ویژگی‌های محلی یا منطقه‌ای را با مجموعه داده‌های کوچک‌تر لحاظ نموده و سیاست‌های مورد نظر را در سطح مناطق تعیین شده مورد بررسی قرار می‌دهد. رهیافت مناسب برای تعیین سطح تجمیع مکانی، استفاده از مدل تولید محصولات کشاورزی ایالتی یا منطقه‌ای (SWAP) است (۱۸، ۲۰ و ۲۴). مدل SWAP به عنوان زیرساخت مدل‌های شبکه آبی، برای ایجاد ارتباط بین متغیرهای اقتصادی و مدل‌های هیدرولوژیکی (مدل‌های آبی)، بهینه‌سازی میزان مصرف آب در بخش کشاورزی و تشکیل بازارهای آب محلی و منطقه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مدل، برای تجزیه و تحلیل سیاست‌ها در سطح خرد (یا منطقه‌ای) بر منابع ناهمگون و یا نهاده‌های خاص تمرکز دارد و در برآورد توابع تولید محصولات کشاورزی، به جای استفاده از داده‌های خام، از نتایج بهینه‌سازی اقتصادی استفاده می‌کند (۱۴ و ۲۰). با توجه به اینکه در مدل SWAP از داده‌های صریح و واقعی استفاده می‌شود، این مدل می‌تواند در تحلیل سیاست‌ها علاوه بر محدودیت‌های سرمایه‌ای و مالی، محدودیت‌های فیزیکی را نیز در خود بگنجاند. به طورکلی، در مدل SWAP فرض می‌شود که رفتار حداکثرسازی سود ناخالص کشاورزان در سطح منطقه‌ای و در یک شرایط تعادلی کوتاه مدت، منجر به تخصیص منابع مطابق آنچه که در سال پایه مشاهده شده، می‌شود (۱۱، ۲۰ و ۲۴). مراحل گام به گام واسنجی مدل SWAP مطابق با شکل ۲ در ادامه تشریح می‌شوند.

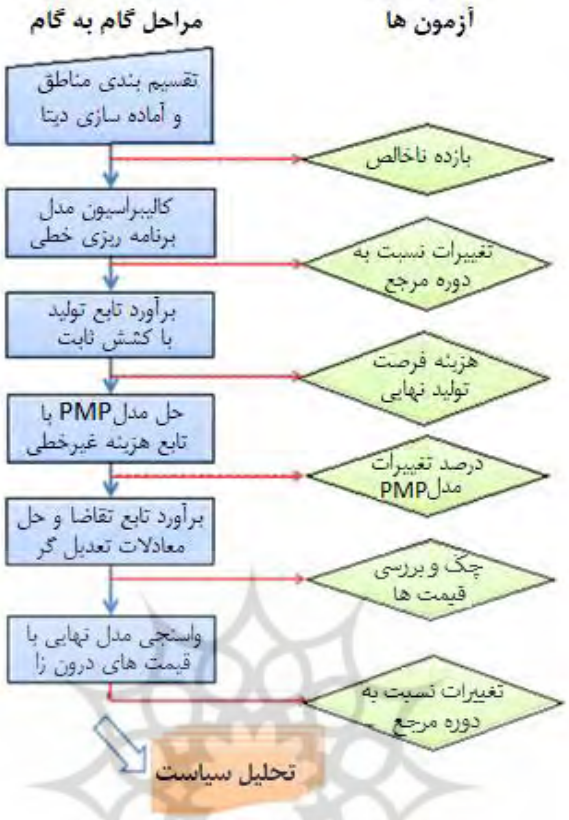
مرحله اول: تقسیم‌بندی مناطق و جمع‌آوری داده‌های پایه

در این مرحله، ابتدا منطقه مورد مطالعه بر اساس وسعت محدوده مطالعاتی حوضه عملکرد شرکت آب منطقه‌ای استان تهران و دشت‌های آبی واقع در این حوضه مطالعاتی تقسیم‌بندی گردید. سپس، داده‌ها و اطلاعات اقتصادی و هیدرولوژیکی مربوط به مناطق مورد بررسی گردآوری شدند. حوضه عملکرد شرکت آب منطقه‌ای استان تهران گستره‌ای در ناحیه بین طول جغرافیایی بین ′۵۰-°۵۰ تا ′۱۵-°۵۲ و عرض جغرافیایی بین ′۲۰-°۳۵ تا ′۱۵-°۳۶ را در بر می‌گیرد. وسعت این محدوده مطالعاتی معادل با ۱۹۶۵۰ کیلومتر مربع می‌باشد که دشت‌های تهران-کرج (دشت تهران)، هومند- آبسرد، ورامین، مبارکیه، دماوند، لواسانات، فیروزکوه، گرمسار و قطعه چهار را در بر می‌گیرد. با توجه به وجود منابع آبی مشترک و قابلیت انتقال آب در زیرحوضه‌های استان تهران، این دشت‌ها در پنج منطقه تقسیم‌بندی و مورد ارزیابی قرار گرفتند (شکل ۳). داده‌های مورد نیاز این تحقیق مربوط به دو بخش کشاورزی (شامل سطح زیرکشت، عملکرد، قیمت و هزینه تولید محصولات) و بخش منابع آب (نیاز آبی محصولات، کل

1 Statewide Agricultural Production Model

2 Spatial Aggregation

منابع آب دردسترس و میزان منابع آب انتقال یافته بین مناطق مطالعاتی) می‌باشند که به طور میانگین برای دوره پایه ۹۷-۱۳۹۲ (به عنوان دوره مبنا) و با مراجعه مستقیم به ادارات ذیربط در استان تهران (شرکت آب منطقه‌ای و سازمان جهاد کشاورزی) جمع‌آوری شدند (۲۹ و ۳۰).



شکل ۲- مراحل گام به گام کالیبراسیون الگوی SWAP (۱۱)

مرحله دوم: حل مدل برنامه‌ریزی خطی و تعیین قیمت سایه‌ای

این مرحله شامل حل یک مدل برنامه‌ریزی خطی در جهت حداکثر نمودن سود منطقه‌ای کشاورزان با توجه به محدودیت‌های منابع و محدودیت‌های واسنجی می‌باشد. در این مرحله پس از حل مدل برنامه‌ریزی خطی مقادیر دوگان و یا قیمت‌های سایه‌ای برای محدودیت‌های منابع و واسنجی به دست می‌آید (۱۱ و ۲۴). شکل ریاضی این مرحله از واسنجی مدل SWAP را می‌توان برای مناطق مورد مطالعه به صورت زیر نشان داد:

$$\text{Max } \pi = \sum_{i=1}^{7}\sum_{g=1}^{5}(v_{ig}yld_{ig} - \sum_{j\neq water}^{5} a_{igj}\, c_{igj})x_{ig,land} - \sum_{g=1}^{7}\sum_{j=water}^{5} water_{gw}\bar{\omega}_{gw} \quad (۱)$$

Subject to:

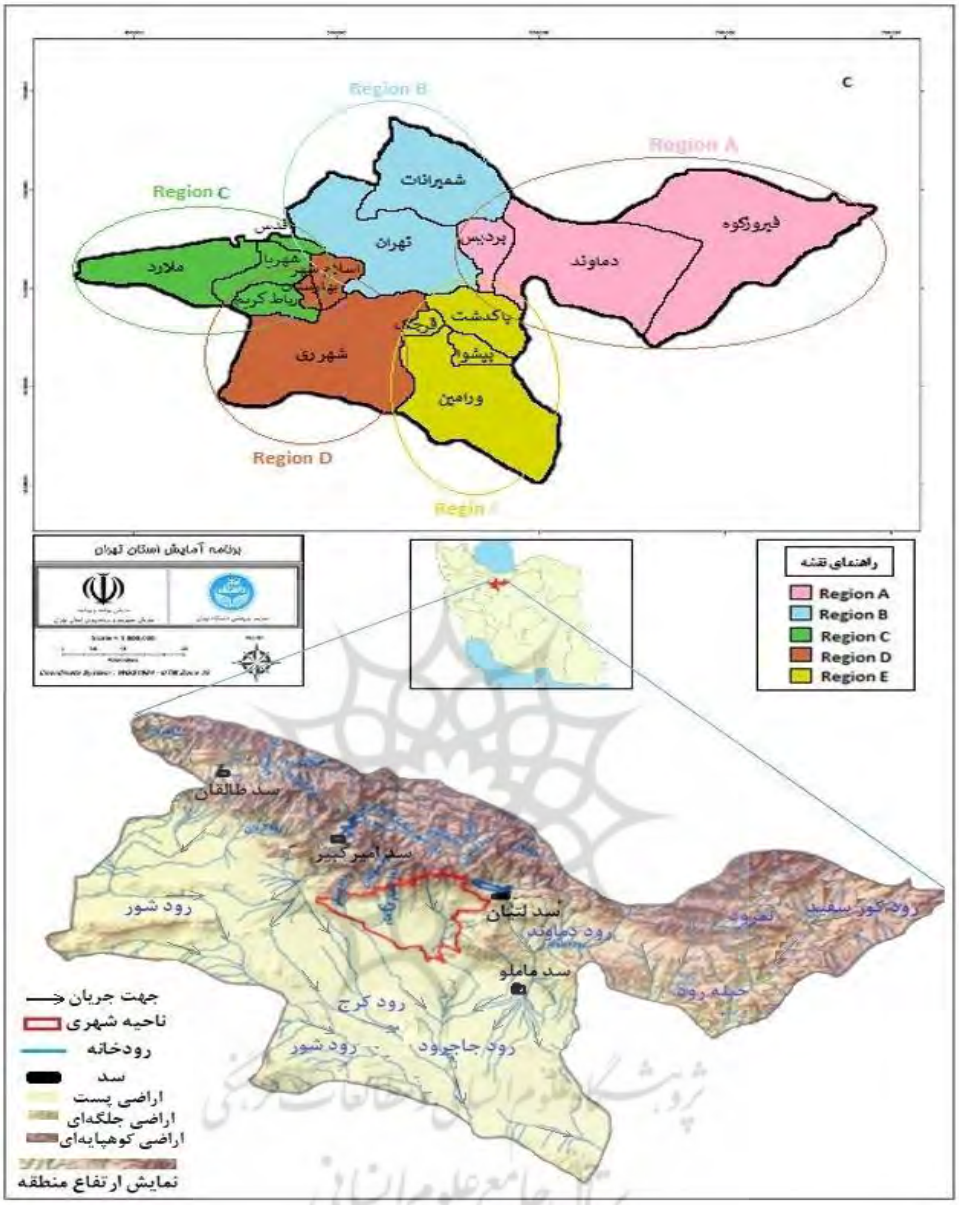
$$\sum_{i=1}^{7} a_{igj}\, x_{igj} \leq b_{gi} \quad [\mu] \quad \forall g, j \quad (۲)$$

$$x_{igj} \leq \tilde{x}_{igi} + \varepsilon \quad [\theta] \quad \forall I, g, j \quad (۳)$$

$$x_{igj} \geq 0 \quad \forall i, g, j \quad (۴)$$

رابطه (۱)، به عنوان تابع هدف مدل برنامه‌ریزی خطی، شامل حداکثر کردن مجموع سود منطقه‌ای کشاورزان است. در این رابطه π بیانگر سود ناخالص کشاورزان، g بیانگر مناطق پنج گانه مطالعاتی، i بیانگر محصولات منتخب زراعی (گندم آبی، جو آبی، ذرت دانه‌ای، گوجه‌فرنگی، هندوانه، آفتابگردان و کلزا)، j بیانگر نهاده‌ها یا عوامل تولید (آب، زمین، نیروی‌کار، سرمایه و ماشین-آلات)، $x_{ig,land}$ سطح زیرکشت محصول i در منطقه g و a_{igj} بیانگر ضرایب لئونتیف است که نسبت استفاده هر عامل تولید به زمین را نشان می‌دهد و از رابطه ($a_{igj=\tilde{x}_{igi}/\tilde{x}_{ig,land}}$) به دست می‌آید. در واقع، $\tilde{x}_{igi}$ بیانگر ضرایب فنی منابع مورد استفاده در هر منطقه مطالعاتی می‌باشد. v_{ig} قیمت محصول i در منطقه g، yld_{ig} عملکرد محصول i در منطقه g، c_{igj} هزینه نهاده j برای تولید محصول i در منطقه g، $water_{gw}$ مقدار آب مورد استفاده در منطقه g و $\bar{\omega}_{gw}$ هزینه استحصال و یا قیمت هر مترمکعب آب آبیاری در منطقه g می‌باشد. شایان ذکر است که انتخاب محصولات کشاورزی در این مطالعه برای مناطق پنج‌گانه وارد شده در طرح شکل‌گیری یا استقرار بازار آب محلی، براساس معیار بیشترین سطح زیرکشت صورت گرفت. درواقع، محصولاتی برای مناطق مورد مطالعه در نظر گرفته شدند که بیشترین سهم را در الگوی زراعی به خود اختصاص داده‌اند. بدین ترتیب، محصولات گندم آبی با ۴۹/۵۰ درصد، جو آبی با ۲۸/۲۲ درصد، ذرت دانه‌ای با ۸/۱۷ درصد، گوجه‌فرنگی با ۷/۶۳ درصد، کلزا با ۲/۷۹ درصد،

آفتابگردان با ۲/۵۴ درصد و هندوانه با ۱/۱۶ درصد بیشتر میزان سهم را دوره مبنا یا پایه در الگوی زراعی مناطق پنج‌گانه استان تهران به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۳- مناطق مطالعاتی دارای کشاورزی آبی در استان تهران و شماتیک منابع آبی در این استان

رابطه (۲)، محدودیت منابع را در هر منطقه نشان می‌دهد و برای نهاده‌های آب، زمین، سرمایه (شامل بذر، کود و مواد شیمیایی) و نیروی‌کار تعریف می‌شود. در این رابطه b_{gi} کل منابع دردسترس نهاده j در منطقه g می‌باشد. رابطه (۳)، محدودیت واسنجی مدل برنامه‌ریزی را نشان می‌دهد که در آن $\tilde{x}_{igi}$ مقدار مشاهده شده فعالیت مورد استفاده در سال پایه و ε مقدار مثبت کوچکی را نشان می‌دهد. باید توجه داشت که به ازای هر محصول یک محدودیت واسنجی به مدل اضافه می‌شود. اضافه‌کردن محدودیت واسنجی به مدل باعث می‌شود که جواب بهینه برنامه‌ریزی خطی دقیقاً سطح فعالیت‌های مشاهده شده در سال پایه را به دست دهد. μ در رابطه (۲)، قیمت سایه‌ای محدودیت سیستمی و θ در رابطه (۳)، قیمت سایه‌ای محدودیت واسنجی را نشان می‌دهد. رابطه (۴)، محدودیت غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌های زراعی در مناطق مورد بررسی است. این محدودیت سیستمی تضمین می‌کند که پیاده‌سازی سیستم مدل‌سازی فوق در هر یک از مناطق مورد مطالعه به صورت فیزیکی کاملاً قابل اجرا است (۱۱ و ۲۴).

مرحله سوم: برآورد تابع تولید منطقه‌ای و تخمین ضرایب CES

در این مرحله پارامترهای بازده ثابت نسبت به مقیاس تابع تولید CES برای هر منطقه و محصول به کمک روش توسعه یافته هاویت و همکاران (۱۱) و گراولین (۹) برآورد می‌شوند. تابع تولید

CES این امکان را ایجاد می‌کند که یک نرخ جانشینی ثابت بین نهاده‌های تولید و ضرایب لئونتیف (با نسبتی ثابت) و ضرایب تابع کاب- داگلاس (با جایگزینی واحد) به وجود آید. فرم تابع تولید CES مورد استفاده در این مطالعه با توجه به چهار نهاده زمین، آب، نیروی‌کار و سرمایه به صورت زیر قابل ارائه است.

$$Y_{gi} = \delta_{gi}\left[\beta_{gi1}h_{gi1}^{\rho_i} + \cdots + \beta_{gi5}h_{gi5}^{\rho_i}\right]^{\vartheta/\rho_i} \qquad (۵)$$

در رابطه (۵)، Y_{gi} میزان تولید محصول i در منطقه g، h_{gij} عامل تولید j برای تولید محصول i در منطقه g، δ_{gi} پارامتر مقیاس و β_{gij} پارامتر تولید است که سهم نهاده j را برای تولید محصول i در منطقه g نشان می‌دهد. ϑ ضریب بازده ثابت نسبت به مقیاس می‌باشد و تابع تولید CES با ضرایب ثابت مستلزم آن است که این ضریب برابر با یک شود. ρ_i نیز متغیری است که بر حسب کشش جانشینی بین نهاده‌ها تعریف می‌گردد و برای محاسبه مقدار عددی آن از رابطه $\rho_{i=(1-\vartheta)/\vartheta}$ استفاده می‌شود (۱۱، ۲۰ و ۲۴). پس از تخمین تابع تولید و گرفتن مشتق اول از آن، پارامترهای β_{gij} به صورت زیر قابل محاسبه می‌باشند:

$$\sum_{j=1}^{5}\beta_{gij} \qquad (۶)$$

$$\beta_1 = \frac{1}{1+\frac{w_1^{\left(-\frac{1}{\vartheta}\right)}}{c_1}\left(\sum_L^n \frac{c_L}{w_L^{\left(-\frac{1}{\vartheta}\right)}}\right)} \qquad (۷)$$

$$\beta_L = \frac{1}{1+\frac{w_1^{\left(-\frac{1}{\vartheta}\right)}}{c_1}\left(\sum_L^n \frac{c_L}{w_L^{\left(-\frac{1}{\vartheta}\right)}}\right)} * \frac{c_L w_L^{\left(-\frac{1}{\vartheta}\right)}}{c_1 w_1^{\left(-\frac{1}{\vartheta}\right)}} \qquad (۸)$$

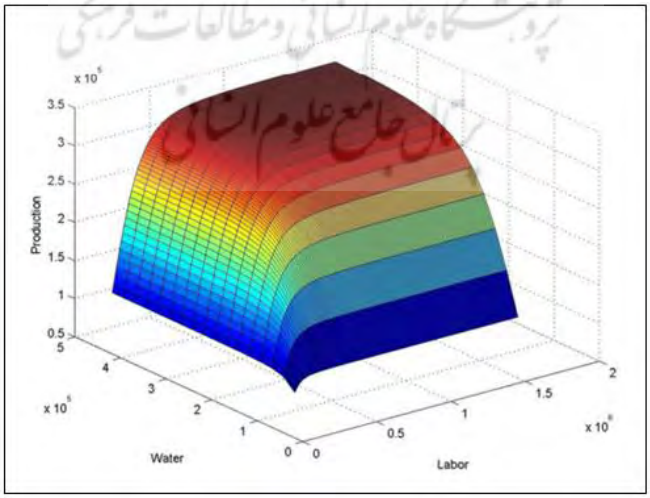
$$\beta_L = \beta_1 * \frac{c_L w_L^{\left(-\frac{1}{\vartheta}\right)}}{c_1 w_1^{\left(-\frac{1}{\vartheta}\right)}} \qquad (۹)$$

در روابط فوق، w_L میزان نهاده Lام و c_L هزینه نهاده یا عامل تولید L ام می‌باشد. با استفاده از تعریف تابع تولید CES، می‌توان پارامتر مقیاس را برای هر منطقه و محصول محاسبه و هر یک را در سطح پایه ارزیابی نمود. برای این منظور از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$\tau_{igj} = \frac{\left(\frac{q_j}{x_j}\right)*\widetilde{x_1}}{\left[\sum_{j=1}^{4}\beta_j w_j^{\rho}\right]^{\frac{\vartheta}{\rho_I}}} \qquad \forall g,j,i \qquad (۱۰)$$

مراحل تخمین بالا برای تمام محصولات و مناطق قابل تعمیم است. قابلیت مدل واسنجی شده این است که روند تخمین پارامترها در آن برای تمام محصولات و مناطق به طور خودکار انجام می‌شود (۱۱، ۲۰ و ۲۴). شکل ۴، نحوه جانشینی محدود بین نهاده‌ها یا ورودی‌های تابع تولید با کشش جانشینی ثابت (CES) را مطابق با شیوه‌های مکرر مشاهده شده در تولید محصولات منتخب زراعی توسط کشاورزان نشان می‌دهد. این منحنی سه بعدی در طول و عرض خود شامل نهاده‌های تولیدی و در محور عمودی سطح تولید را در بر می‌گیرد.

مطابق با شکل ۴، ملاحظه می‌شود که کشاورزان برای دستیابی به یک سطح تولید ثابت از محصولات، می‌توانند در بازه محدودی جایگزینی بین ورودی‌ها یا عوامل تولید را داشته باشند. مطابق با الگوی ارائه شده توسط هاویت و همکاران (۱۱) برای نشان دادن شکل هندسی تابع عملکرد CES در یک سطح سه بعدی، می‌توان دو ورودی یا نهاده تحت عنوان تدارکات و زمین را طی مراحل تولید محصول x ثابت فرض نمود. محور عمودی، تولید کل محصول x را با توجه به ترکیبات مختلف نهاده‌های آب و نیروی‌کار که در محورهای افقی قرار داده شده‌اند، نشان می‌دهد.



شکل ٤- نحوه جانشینی ثابت بین نهاده‌های مصرفی در تابع تولید با شکل تبعی CES (۱۱)

به طور کلی، شکل ۴ دو جنبه مهم از نحوه عملکرد تابع تولید CES را بازگو می‌کند. اول این که می‌توان با ثابت نگه داشتن میزان تولید (محور عمودی) و تغییرات افقی یا کشویی در همان سطح تولید ثابت، نحوه جانشینی بین عوامل تولید را مشاهده

نمود. ملاحظه می‌شود که با این تغییرات، جابجایی محدودی بین نهاده‌های آب و نیروی‌کار وجود دارد و این مورد با گوشه‌های "تیز شده" و حرکت به سمت آن‌ها در شکل فوق نشان داده شده است. دوم این که شکل ۴ توانایی مدل SWAP را در اعمال تنش‌های آبی توسط کشاورزان و بررسی اثرات آن‌ها بر تولید نهایی محصولات با تغییر در سطح یک عامل تولید معین ایجاد نموده است. فرض کنید با شرایطی رو به رو هستید که در آن کشاورزان ناگزیزند برخی از محصولات را کم‌آبیاری کنند (با ایجاد تنش در نیاز آبی). براساس منطق مستدل در شکل ۴، با ثابت نگه داشتن سطح نهاده نیروی کار و حرکت افقی در یک سطح تولید ثابت، به دلیل کاهش آب در اثر تنش ایجاد شده، سطح تولید یا عملکرد نیز کاهش می‌یابد. به طور کلی، تابع تولید با کشش جانشینی ثابت، محدودیت جایگزینی بین نهاده‌ها و کاهش سطح تولید در اثر کاهش یکی از نهاده‌ها و جانشینی محدود آن با نهاده دیگر را حاکی است (۱۱ و ۳۲).

مرحله چهارم: برآورد تابع هزینه نمایی یا متعالی (ترانسندنتال) و تخمین پارامترهای آن

مرحله چهارم برآورد مدل SWAP شامل تخمین تابع هزینه نمایی یا ترانسندنتال[1] (ECF) و محاسبه پارامترهای آن می‌باشد. برای این کار تابع هزینه کل زمین که شکل کلی آن به صورت رابطه زیر است مدنظر قرار می‌گیرد:

$$TC_{ig}(x_{ig}) = \delta_{ig} e^{\gamma_{ig} x_{ig}} \qquad \forall i, g \qquad (۱۱)$$

در رابطه بالا، TC_{ig} بیانگر هزینه کل زمین برای تولید محصول i در منطقه g، δ_{ig} پارامتر رهگیری (جدا کننده) یا عرض از مبدأ و γ_{ig} پارامتر گاما است که تابعی از کشش عرضه محصول i در منطقه g می‌باشد (φ_{ig}). این پارامترها با رگرس کردن یا بازگشت دادن مقادیر دوگان یا قیمت‌های سایه‌ای واسنجی شده بر روی مقادیر مشاهده شده سطح فعالیت‌ها (مقادیر x_{ig}) به دست می‌آیند (۱۱، ۱۸ و ۲۲):

$$\gamma_{ig} = \frac{p_{ig}}{\varphi_{ig} * x_{ig}} \qquad \forall i, g \qquad (۱۲)$$

$$\text{توابع} \delta_{ig} = \frac{AC_{ig} + \theta_{ig}^{land}}{\gamma_{ig} e^{\gamma_{ig} . x_{ig}}} \qquad \forall i, g \qquad (۱۳)$$

هزینه نمایی یا ترانسندنتال برای ایجاد تناسب بین کشش‌های جانشینی بین نهاده‌ها، نسبت به توابع درجه دوم از قابلیت بیشتری برخوردار بوده و بدون اینکه هزینه نهایی تولید هر واحد محصول افزایش یابد، این کار را انجام می‌دهند (۱۱، ۱۷ و ۱۸). شایان توجه است که در مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP) عمدتاً از شکل تبعی غیرخطی با درجه دو (کوادراتیک[2]) جهت تخمین تابع هزینه بهره گرفته می‌شود. این در حالی است که در مدل تولید محصولات کشاورزی ایالتی یا منطقه‌ای (SWAP) تابع هزینه به کار گرفته شده جهت تخمین و واسنجی ضرایب فنی آلفا و گاما، از شکل تبعی نمایی یا متعالی (ترانسندنتال) تبعیت می‌کند. بایستی توجه نمود که تفاوت اصلی توابع هزینه غیرخطی یا کوادراتیک و نمایی عمدتاً در دقت تخمینی است که برای ضرایب آلفا و گاما در پی دارد، اما استفاده از یک تابع (مثلاً غیرخطی از درجه دو)، در کالیبراسیون مدل‌های PMP و SWAP نقض نتایج به کارگیری تابع هزینه نمایی را به دنبال ندارد (۱۱، ۲۴ و ۳۲). شکل ۵، به لحاظ هندسی مقایسه‌ای را از تابع هزینه نمایی (ترانسندنتال) که در مدل SWAP مورد استفاده واقع می‌گردد و تابع هزینه درجه دوم (کوادراتیک) که بیشتر در مدل‌های PMP استفاده می‌شود، نشان می‌دهد.

شکل ۵- مقایسه توابع هزینه غیرخطی از درجه دو (کوادراتیک) و نمایی (ترانسندنتال) (۲۴ و ۳۲)

تابع هزینه کوادراتیک یا غیرخطی از درجه دو حاکی از هزینه نهایی خطی برای نهاده زمین است. کالیبراسیون یک تابع هزینه کلی درجه دوم در مواجهه با محدودیت کشش جانشینی عرضه، می‌تواند منجر به ایجاد هزینه‌های نهایی منفی در سطح وسیعی

1 Exponential or Transcendental Cost Function

2 Quadratic

از اراضی تحت کشت یک محصول در منطقه‌ای خاص شود (۲۴ و ۳۲). این امر با تئوری تولید پایه مغایرت دارد و می‌تواند سبب به وجود آمدن مشکلات متعددی هم در مرحله کالیبراسیون و هم در مرحله تجزیه و تحلیل سیاست‌ها شود. این در حالی است که تابع هزینه نمایی یا ترانسندنتال همیشه بر حسب تعریف، بالای مقدار عددی صفر محدود می‌شود و مقادیر منفی را شامل نمی‌شود (مطابق شکل ۵ که عرض از مبدأ تابع از صفر به بالا را می‌تواند شامل شود). تابع هزینه نمایی دارای شرایط مرتبه اول و دوم جهت کالیبراسیون می‌باشد و می‌تواند تفاوت مقادیر کشش-های جانشینی را به حداقل برساند. مزیت دیگر این تابع آن است که قابلیت کشسانی یا ارتجاعی جهت جایگزینی نسبت ثابت عوامل را دارا می‌باشد (برعکس تابع هزینه کوادراتیک)، بدون آن که مجبور شود هزینه نهایی تولید در هکتارهای پایین را با مقادیر غیر واقعی نشان دهد. این در حالی است که تابع هزینه درجه دوم در مدل PMP، اغلب مدل‌ساز را مجبور می‌کند تا از بین دو حالت ارتجاعی غیرواقعی که در پاسخ به سیاستی اعمال شده و یا یک هزینه نهایی اولیه تولیدی که غیرقابل تحقق می‌باشد، یکی را انتخاب نماید. بنابراین، محققان در زمان استفاده از تابع هزینه درجه دوم می‌بایست از پتانسیل هزینه‌های نهایی منفی که ممکن است ایجاد شوند، آگاهی داشته باشند (۱۱، ۲۴ و ۳۲).

مرحله پنجم: برآورد تابع تقاضای محصولات کشاورزی براساس قیمت‌های درون‌زا

برآورد تابع تقاضای محصول کشاورزی براساس قیمت آن که یک متغیر درون‌زا است، روش مناسبی برای محاسبه مازاد مصرف‌کننده است. در واقع، تابع تقاضای برآورد شده برای هر محصول، میزان تمایل به پرداخت مصرف‌کننده را در سطح معینی از قیمت و تولید آن نشان می‌دهد (۱۱ و ۳۲). شکل ریاضی این تابع به صورت زیر است:

$$p_{ig} = \emptyset\alpha_i^1 - \alpha_i^2\left(\sum_{i=1}^{7}\sum_{j=1}^{5} y_{igj}\right) \qquad \forall i \qquad (۱۴)$$

در رابطه فوق، p_{ig} قیمت محصول i در منطقه g، α_i^1 و α_i^2 به ترتیب عرض از مبدأ و شیب تابع تقاضای محصول i، $\emptyset$ تغییرات موازی بالقوه در میزان تقاضا با توجه به عوامل برونزا و y_{igj} میزان تولید محصول i در منطقه g با استفاده از نهاده j است. با توجه به میزان تولید هر محصول در دوره پایه ($\tilde{y}_{ig}$)، می‌توان میزان تولید نسبی هر محصول را محاسبه کرد. برای این منظور از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$pp_{ig} = \frac{\tilde{y}_{ig}}{\sum_{g=1}^{5}\tilde{y}_{ig}} \qquad \forall i, g \qquad (۱۵)$$

با در اختیار داشتن قیمت بازاری و میزان تولید نسبی هر محصول، می‌توان قیمت موزون آن را به کمک رابطه ریاضی زیر محاسبه کرد:

$$wp_{ig} = \sum_{g=1}^{5} v_{ig} * pp_{ig} \qquad \forall i, g \qquad (۱۶)$$

هزینه بازاریابی منطقه‌ای هر محصول، ما به التفات قیمت بازاری و قیمت موزون آن می‌باشد که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$rmc_{ig} = v_{ig} * wp_{ig} \qquad \forall i, g \qquad (۱۷)$$

با توجه به تعاریف ارائه شده‌ی فوق و میزان انعطاف‌پذیری قیمت محصولات (∂_i)، می‌توان برای تخمین پارامترهای تابع تقاضای محصولات کشاورزی از روابط زیر استفاده کرد (۱۱ و ۳۲):

$$\alpha_i^2 = \frac{\partial_i * wp_{ig}}{\sum_{g=1}^{5}\tilde{y}_{ig}} \qquad \forall i, g \qquad (۱۸)$$

$$\alpha_i^1 = wp_{ig} - \alpha_i^2 \sum_{g=1}^{5}\tilde{y}_{ig} \qquad (۱۹)$$

مرحله ششم: ساختن مدل برنامه‌ریزی نهایی و تبین مدل SWAP واسنجی شده

در این مرحله که مرحله پایانی واسنجی سیستم مدل‌سازی هیدرولوژیکی– اقتصادی ارائه شده است، با استفاده از تابع هزینه غیرخطی واسنجی شده، تابع تولید منطقه‌ای برآورد شده و محدودیت‌های منابع، یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی به صورت روابط (۲۰) تا (۲۶) ساخته می‌شود (۱۱ و ۳۲).

$$\text{Max } \pi = \sum_{i=1}^{7}\left[\emptyset\alpha_i^1\left(\sum_{g=1}^{5}\tilde{y}_{ig}\right) + \frac{1}{2}\alpha_i^2\left(\sum_{g=1}^{5}\tilde{y}_{ig}\right)^2\right] + \sum_{g=1}^{5}\sum_{i=1}^{7}[rm_{gi}(y_{ig})] - \sum_{g=1}^{5}\sum_{i=1}^{7}\left[\delta_{ig}e^{\gamma_{ig}x_{ig}}\right] - \sum_{g=1}^{5}\sum_{i=1}^{7}\left([\omega_{ig,sup\ ply} * x_{ig,sup\ ply}] + [\omega_{ig,Labor} * x_{ig,Labor}]\right) - \sum_{g=1}^{5}\sum_{j=water}^{5}(water_g * \bar{\omega}_{gw}) - \sum_{g=1}^{5}\sum_{j=water}^{5}(trc.d_{gh} * xwt_{gwh}) \qquad (۲۰)$$

Subject to:

$$\sum_{g=1}^{7} x_{igj} \le A_{igj} \qquad \forall g, j \ne water \qquad (۲۱)$$

$$water_{gw} \le watcons_{gw} + \sum_{h=1}^{5} xwt_{gwh} - \sum_{g=1}^{5} xwt_{gwh} \qquad (۲۲)$$

$$\left(\sum_{h=1}^{5} xwt_{gwh}\right)\left(\sum_{g=1}^{5} xwt_{gwh}\right) = 0 \qquad (۲۳)$$

$$T_w . xwt_{gwh} \le Water_{gh,Max} \qquad (۲۴)$$

$$\frac{x_{gi,water}}{x_{gi,land}} \ge 0/90\ a_{gi,land}\ \bar{\omega}_{gi} \qquad (۲۵)$$

$$x_{igj}, xwt_{igj} \ge 0 \qquad \forall i, g, j \qquad (۲۶)$$

رابطه (۲۰)، تابع هدف غیرخطی مدل SWAP را نشان می‌دهد. در این رابطه، $x_{ig,sup\ ply}$ میزان عرضه آب و $\omega_{ig,sup\ ply}$ هزینه عرضه یا انتقال آب، $x_{ig,Labor}$ مقدار نیروی‌کار مورد استفاده و $\omega_{ig,Labor}$ هزینه مربوط به نیروی‌کار (دستمزد) را برای تولید محصول i در منطقه g نشان می‌دهد. xwt_{gwh} حجم آب داد و ستد شده بین مناطق g و h، trc هزینه انتقال آب داد و ستد شده بین مناطق g و h و d_{gh} فاصله یا مسافت بین مناطق g و h (واردکننده و صادرکننده آب) است. رابطه (۲۱)، محدودیت مربوط به نهاده‌های مورد استفاده در تولید محصولات منتخب (به جز آب) است که A_{igj} در آن مقدار هر یک از عوامل یا منابع در دسترس را در مناطق مورد بررسی نشان می‌دهد. رابطه (۲۲)، محدودیت مربوط به نهاده آب است که $watcons_{gw}$ در آن حجم آب لازم در هر منطقه را برای تولید محصولات زراعی نشان می‌دهد. این محدودیت بیانگر آن است که مجموع میزان آب لازم برای کشت محصولات و میزان آب وارد شده (خریداری شده) و صادرات شده (فروخته شده) در یک منطقه، مساوی یا بیشتر از کل حجم آب موجود در آن منطقه است. رابطه (۲۳)، محدودیت انتقال یا تبادل آب را به صورت همزمان بین مناطق مورد مطالعه نشان می‌دهد. این محدودیت بیانگر آن است که یک منطقه نمی‌تواند به صورت همزمان به داد و ستد یا خرید و فرش توأم آب بپردازد. رابطه (۲۴) به عنوان محدودیتی دیگر از نهاده آب، نشان می‌دهد که مجموع آب خریداری و فروخته شده ($T_w \cdot xwt_{gwh}$) بین مناطق g و h، کمتر و یا مساوی با حداکثر حجم آب داد و ستد شده ($Water_{gh,Max}$) بین این مناطق است. رابطه (۲۵)، بیانگر محدودیت کسری آب در منطقه می‌باشد. در مطالعه حاضر، با توجه به اهمیت نهاده آب در تولید محصولات زراعی استان تهران و به منظور اجرایی بودن استراتژی محدودیت آب، کاهش ۱۰ درصدی منابع آب دردسترس مناطق پنجگانه در مدل پیشنهادی لحاظ شد. رابطه (۲۶) نیز محدودیت غیرمنفی بودن سطح فعالیت‌ها و حجم آب داد و ستد شده بین مناطق را نشان می‌دهد.

پس از واسنجی سیستم مدل‌سازی هیدرواقتصادی ارائه شده‌ی فوق در محیط نرم‌افزاری GAMS، اثرات بالقوه ایجاد بازارهای آب محلی یا منطقه‌ای و اشتراک‌گذاری آب آبیاری بین مناطق مورد بررسی در سطح استان تهران ارزیابی گردید و رفتار اقتصادی کشاورزان از طریق تغییرات ایجاد شده در الگوی کشت و بازده ناخالص آن‌ها، پیش‌بینی شد.

نتایج و بحث

جدول ۱، داده‌های آماری مربوط به مناطق پنجگانه استان تهران را طی دوره پایه نشان می‌دهد. این اطلاعات برگرفته از داده‌های اسنادی موجود در سازمان جهاد کشاورزی و مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران هستند که برای متغیرهای کلیدی عملکرد، قیمت، نیاز آبی و سرمایه (میزان بذر، کود و سموم شیمیایی مصرفی) گردآوری شدند. نیاز آبی محصولات منتخب زراعی با استفاده از نرم‌افزار نیاز آبی Netwat و گزارشات موجود در این زمینه برآورد گردید. قیمت محصولات منتخب زراعی با توجه به میانگین ارزش بازاری ثبت شده در گزارشات سازمان‌های ذیربط لحاظ گردید. عامل تولید سرمایه مجموع میانگین نهاده‌های بذر، کود و سموم شیمیایی مورد استفاده در واحد سطح محصولات منتخب زراعی را بازگو می‌کند که کشاورز قبل از هر چیز برای کشت محصولات منتخب زراعی به آن‌ها نیاز دارد. در واقع، ارزش ریالی این نهاده، هزینه یا سرمایه اولیه موردنیاز کشاورزان جهت کشت و تولید محصولات منتخب زراعی در واحد سطح می‌باشد. مقادیر آماری برای نهاده‌های ماشین‌آلات و نیروی‌کار نیز براساس ساعت‌کار موردنیاز طی مراحل کاشت، داشت و برداشت محصولات منتخب زراعی در واحد سطح (هکتار) لحاظ گردید.

جدول ۲، ماتریس قابلیت داد و ستد یا انتقال آب آبیاری بین مناطق مورد مطالعه در استان تهران را نشان می‌دهد. بررسی امکان‌سنجی انتقال آب بین مناطق پنجگانه این استان، مطابق با جریانات سطحی انتقال یافته بین مناطق و گزارشات کارشناسان شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان تهران در سال انجام تحقیق صورت گرفته است. براین اساس، جدول ۲ بر مبنای اعداد صحیح صفر و یک تنظیم شده است. عدد صفر، عدم داد و ستد آب و عدد یک، امکان داد و ستد آب را بین مناطق مورد مطالعه در شرایط فعلی نشان می‌دهد. مطابق با مندرجات این جدول، ملاحظه می‌شود که منطقه A در شمال شرق استان تهران، امکان داد و ستد آب با منطقه B در مرکز و منطقه E در جنوب شرق این استان را دارد. منطقه B با مناطق D و E داد و ستد آب دارد و منطقه C نیز به مناطق B و D صادرات آب انجام می‌دهد. افزون بر این، امکان داد و ستد آب برای منطقه D تنها با مناطق C و E وجود دارد و برای این منطقه به دلایلی همچون توپوگرافی و شیب اراضی، داد و ستد آب با مناطق A و B ممکن نیست. منطقه E نیز در جنوب شرق استان تهران بیشتر نقش وارد کننده آب را دارد و تنها با بخش‌های شرقی منطقه D می‌تواند مبادلات آبی از نوع صادرات را داشته باشد.

جدول ۳، میانگین حجم آب آبیاری داد و ستد شده (یا حجم آب صادراتی و وارداتی) طی دوره زمانی پایه (۱۳۹۷-۱۳۹۲) را بین مناطق پنجگانه مورد مطالعه در استان تهران (A, B, C, D, E) نشان می‌دهد. مطابق با نتایج این جدول، ملاحظه می‌شود که مناطق A، B و C در بخش‌های شمال و شمال غرب استان تهران بیشتر نقش صادرکننده (یا انتقال دهنده) آب کشاورزی را دارند و

خالص داد و ستد آن‌ها به ترتیب ۱۰۸/۱۰، ۳۶/۰۸ و ۴/۲۳۰ میلیون مترمکعب است؛ در حالی که مناطق D و E در نیمه جنوبی استان تهران براساس سطح ارتفاع کمتر و قرارگیری در حوضه‌ای پست‌تر، به عنوان مناطق واردکننده آب شناخته می‌شوند و میانگین داد و ستدی به میزان ۲۷/۶۸ و ۱۲۰/۶۳ میلیون مترمکعب را طی دوره پایه دارا می‌باشند.

جدول ۱. داده‌ها و اطلاعات مربوط به محصولات منتخب زراعی در مناطق پنج‌گانه استان تهران طی دوره پایه (۱۳۹۷-۱۳۹۲)

متغیرها	قیمت (rial/ha)	نیاز آبی (m3/ha)	سرمایه (kg/ha)	ادوات (h/ha)	نیروی کار (h/ha)	قیمت (rial/ha)	نیاز آبی (m3/ha)	سرمایه (kg/ha)	ادوات (h/ha)	نیروی کار (h/ha)
محصولات	منطقه A (۴۱۴۷۰۱)					منطقه B (۴۱۱۵۰۲)				
گندم آبی	۱۴۳۲۵	۳۹۴۹	۱۰۷۶	۸۲۰	۱۶۷۰	۱۴۲۸۶	۳۹۶۱	۱۰۸۶	۸۱۰	۱۶۸۶
جو آبی	۱۴۰۴۶	۳۸۷۸	۱۰۰۰	۷۷۰	۱۸۰۰	۱۴۰۷۳	۳۸۸۰	۱۰۰۳	۸۱۰	۱۸۱۷
ذرت دانه‌ای	۱۴۱۲۶	۶۳۱۰	۱۰۴۰	۳۵۰	۱۹۸۰	۱۴۱۱۲	۶۳۲۰	۱۰۲۰	۳۲۰	۱۹۷۰
گوجه‌فرنگی	۱۶۶۵۸	۷۲۱۰	۱۴۵۴	۱۰۷۳	۲۰۲۰	۱۶۶۶۰	۷۲۲۰	۱۴۴۴	۱۰۹۵	۲۰۱۰
هندوانه	۱۳۲۱۷	۷۱۴۲	۱۴۲۰	۵۴۰	۱۲۲۸	۱۳۲۱۵	۸۱۵۰	۱۴۲۸	۵۶۰	۱۲۰۶
آفتابگردان	۱۵۸۴۷	۷۲۸۴	۱۵۶۰	۹۸۳	۱۲۷۸	۱۵۸۷۶	۷۲۹۰	۱۵۶۶	۹۵۷	۱۲۸۹
کلزا	۱۷۳۸۹	۶۴۵۰	۱۱۷۰	۸۸۰	۱۴۳۰	۱۷۳۷۰	۶۴۶۰	۱۱۷۰	۸۶۰	۱۴۲۷
محصولات	منطقه C (۴۱۰۳۰۵)					منطقه D (۴۱۳۳۰۴)				
گندم آبی	۱۳۴۵۰	۳۹۵۸	۱۰۹۶	۸۰۰	۱۶۷۸	۱۴۰۶۰	۴۱۸۰	۱۴۴۰	۷۴۰	۱۲۹۸
جو آبی	۱۴۰۶۰	۳۸۹۷	۱۰۱۵	۸۲۰	۱۸۲۵	۱۳۷۵۰	۴۱۱۵	۱۲۵۴	۶۴۰	۱۶۱۵
ذرت دانه‌ای	۱۴۱۲۳	۶۳۳۰	۱۰۳۰	۳۲۰	۱۹۶۰	۱۴۱۰۰	۶۴۷۰	۱۴۶۰	۷۹۰	۱۷۵۵
گوجه‌فرنگی	۱۶۶۹۳	۷۲۳۰	۱۴۳۴	۱۰۸۷	۱۹۷۰	۱۶۴۳۰	۷۷۸۰	۱۸۳۵	۸۶۱	۱۷۳۰
هندوانه	۱۳۲۲۸	۸۱۵۸	۱۴۱۲	۵۸۰	۱۲۲۰	۱۳۰۴۰	۹۱۵۳	۱۶۵۰	۶۲۵	۱۰۲۲
آفتابگردان	۱۵۸۲۶	۷۳۰۸	۱۵۶۰	۹۷۰	۱۳۰۰	۱۵۶۳۰	۷۸۳۰	۱۷۰۴	۷۳۰	۱۴۴۳
کلزا	۱۷۳۸۲	۶۴۷۰	۱۱۴۰	۸۷۰	۱۴۱۸	۱۷۲۲۰	۶۹۶۸	۱۳۹۰	۷۱۲	۱۲۵۵
	منطقه E (۴۱۴۷۰۳)					استان تهران (مناطق پنج‌گانه در مدل SWAP)				
گندم آبی	۱۴۱۰۰	۴۱۸۸	۱۴۵۶	۷۶۰	۱۲۹۸	۱۴۲۰۰	۴۰۷۰	۱۲۶۷	۷۸۰	۱۴۸۸
جو آبی	۱۳۷۳۰	۴۱۱۵	۱۲۵۴	۶۴۰	۱۶۱۵	۱۳۹۰۰	۴۰۰۰	۱۱۳۰	۷۲۰	۱۷۱۳
ذرت دانه‌ای	۱۳۹۰۰	۶۴۹۰	۱۴۴۰	۷۵۰	۱۷۵۵	۱۴۰۶۰	۶۴۰۰	۱۲۴۰	۵۵۰	۱۸۶۵
گوجه‌فرنگی	۱۶۲۳۰	۷۸۲۰	۱۸۳۷	۸۷۳	۱۷۳۰	۱۶۵۰۰	۷۵۱۰	۱۶۴۰	۹۷۶	۱۸۶۲
هندوانه	۱۳۱۲۰	۱۰۱۶۰	۱۶۵۰	۵۹۵	۱۰۲۲	۱۳۱۵۰	۶۱۵۴	۱۵۳۵	۵۸۵	۱۱۲۰
آفتابگردان	۱۵۴۷۰	۷۸۳۰	۱۷۲۰	۷۳۰	۱۴۴۳	۱۵۷۰۰	۷۵۶۲	۱۶۳۷	۸۵۰	۱۳۶۵
کلزا	۱۷۲۲۰	۶۹۹۲	۱۴۳۰	۷۴۸	۱۲۹۵	۱۷۳۰۰	۶۷۲۰	۱۲۸۵	۸۰۰	۱۳۵۰

مأخذ: سازمان جهاد کشاورزی استان تهران، ۱۳۹۸

مطابق با نتایج جدول ۳، علت نقش صادر کننده بودن آب برای مناطق شمال و شمال غرب استان تهران (مناطق A، B و C)، شرایط توپوگرافی این مناطق، ارتفاع بالای آن‌ها نسبت به مناطق پایین‌دست (به دلیل کوهستانی بودن) و سهم اندک برخورداری از اراضی قابل کشت برای کشاورزی (به دلیل شیبدار بودن و همچنین، سنگلاخی بودن اراضی در این مناطق) در این مناطق می‌باشد. بخش اعظمی از آب‌های سطحی در این مناطق از طریق جریانات رودخانه‌ای، احداث سدها، مهندسی مدیریت و کنترل منابع آب به مناطق پایین‌دست در جنوب استان تهران (مناطق D و E) انتقال می‌یابند و از دسترس کشاورزان مناطق شمالی خارج می‌شوند. به همین دلیل، شکل‌گیری بازارهای آب محلی یا منطقه‌ای بین مناطق شمالی و جنوبی استان تهران (که امکان داد و ستد آب آبیاری را بین کشاورزان در مناطق پنج‌گانه ایجاد می‌کند و مانع از خروج بی‌رویه میزان آب دردسترس کشاورزان می‌شود) می‌تواند نقش بسزایی را در مدیریت منابع آب این استان ایفا نماید.

جدول ۲- ماتریس امکان‌سنجی داد و ستد یا انتقال آب آبیاری بین مناطق مورد مطالعه در استان تهران

واردات/ صادرات	منطقه E	منطقه D	منطقه C	منطقه B	منطقه A
منطقه A	۱	۰	۰	۱	۰
منطقه B	۱	۱	۰	۰	۱
منطقه C	۰	۱	۰	۱	۰
منطقه D	۱	۰	۱	۰	۰
منطقه E	۰	۱	۰	۰	۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۳-میانگین حجم آب داد و ستد شده بین مناطق پنج‌گانه طی دوره پایه (میلیون مترمکعب)

مناطق پنج‌گانه	حجم آب وارداتی	حجم آب صادراتی	خالص داد و ستد آب	نقش منطقه
منطقه A	۷۵/۸۰	۱۸۳/۷۰	-۱۰۸/۱۰	صادرکننده
منطقه B	۱۴۸/۶۴	۱۸۴/۷۲	-۳۶/۰۸	صادرکننده
منطقه C	۶۷/۶۰	۷۱/۸۳	-۴/۲۳۰	صادرکننده
منطقه D	۱۲۹/۶۴	۱۰۱/۹۶	۲۷/۶۸	واردکننده
منطقه E	۱۴۲/۳۸	۲۱/۷۵	۱۲۰/۶۳	واردکننده

مأخذ: یافته‌های تحقیق

براساس نتایج مندرج در جدول ۳، منطقه A حدود ۷۵/۸۰ میلیون مترمکعب آب کشاورزی از منطقه B وارد می‌کند و همچنین، ۳۹/۴۶ و ۱۳۷/۳۱ میلیون مترمکعب به مناطق B و E صادر می‌کند. این منطقه پتانسیل بالایی را برای صادرات آب به مناطق همجوار دیگر دارا می‌باشد. منطقه B حدود ۸۷/۵۸ و ۶۱/۰۶ میلیون مترمکعب آب را از مناطق C و A وارد نموده و ۴۶/۱۸، ۸۲/۰۹ و ۴۵/۵۶ میلیون مترمکعب آب کشاورزی را به ترتیب به مناطق A، E و D صادر می‌نماید. منطقه C در غرب استان تهران حدود ۶۷/۶۰ میلیون مترمکعب آب از منطقه D وارد کرده و ۳۲/۱۴ میلیون مترمکعب آب را به منطقه B و ۳۹/۶۹ میلیون مترمکعب آب را به منطقه D صادر می‌کند. منطقه D با صادرات حدود ۲۷/۴۹ و ۷۴/۴۷ میلیون مترمکعب آب از مناطق C و E، حدود ۲۶/۶۷، ۶۴/۱۲ و ۴۲/۸۵ میلیون مترمکعب آب را به ترتیب به مناطق E، B و C وارد می‌کند. منطقه E نیز در جنوب استان تهران با دریافت حدود ۲۷/۴۴، ۶۰/۱۸ و ۵۴/۷۶ میلیون مترمکعب آب آبیاری از مناطق D، B و A از پتانسیل بالایی برای واردات آب برخوردار می‌باشد. این منطقه تنها حدود ۲۱/۷۵ میلیون مترمکعب آب کشاورزی را به اراضی غربی همجوار خود با منطقه D صادر می‌کند.

جدول ۴، میزان و درصد تغییرات مجموع اراضی آبی مناطق پنج‌گانه استان تهران را تحت شرایط برقراری داد و ستد آب آبیاری (استقرار بازارهای آب محلی) توأم با محدودیت آب آبیاری در مقایسه با شرایط دوره پایه (نبود بازارارهای آب محلی) نشان می‌دهد.

جدول ٤- مجموع اراضی زراعی مناطق پنج‌گانه استان تهران در شرایط وجود و عدم وجود بازار آب

مناطق پنج‌گانه استان تهران	نبود بازار آب (دوره پایه)*	وجود بازار آب (اعمال سناریو) **	میزان کاهش اراضی***	تغییر در سطح اراضی *×
منطقه A	۶۸۸۶	۶۷۶۲	۱۲۴	-۱/۸۰
منطقه B	۱۱۹۸۱	۱۱۶۸۰	۳۰۱	-۲/۵۱
منطقه C	۱۶۸۶۱	۱۶۵۴۹	۳۱۲	-۱/۸۵
منطقه D	۳۰۷۳۷	۳۰۳۰۰	۴۳۷	-۱/۴۲
منطقه E	۴۸۳۳۰	۴۷۳۲۸	۱۰۰۲	-۲/۰۷
مجموع	۱۱۴۷۹۵	۱۱۲۶۱۹	۲۱۷۶	-۱/۹۰

*،** و *** برحسب هکتار و *× برحسب درصد

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج جدول ۴، ملاحظه می‌شود با برقراری بازار آب محلی یا منطقه‌ای در سطح استان تهران، میزان مجموع اراضی آبی تحت کشت محصولات منتخب زراعی در سطح مناطق پنج‌گانه (A، B، C، D و E) به ترتیب ۱۲۴، ۳۰۱، ۳۱۲، ۴۳۷ و ۱۰۰۲ هکتار نسبت به شرایط دوره پایه (عدم استقرار بازار آب محلی) تنزیل می‌یابد که کاهشی معادل با ۱/۸، ۲/۵۱، ۱/۸۵، ۱/۴۲ و ۲/۰۷ درصدی را در مجموع سطح زیرکشت الگوهای زراعی مناطق مورد مطالعه به دنبال دارد. علت کاهش اندک ایجاد شده در سطح اراضی زراعی مناطق پنج‌گانه استان تهران پس از استقرار و یا شکل‌گیری بازار آب محلی یا منطقه‌ای، بهینه‌سازی

الگوهای زراعی و تخصیص بخشی از اراضی قابل کشت به صورت مزارع و زمین‌های آیش‌گذاری شده جهت افزایش سطح تولید محصولات با صرفه اقتصادی بالاتر و یا ورود محصولات جدید با صرفه اقتصادی مناسب طی دوره‌های آتی در الگوهای زراعی این مناطق است. آن‌چه مُسلّم است، بهینه شدن الگوهای زراعی در کلیه مناطق تحت پوشش نهاد بازار آب محلی یا منطقه‌ای در استان تهران است که جایگزینی محصولات با صرفه اقتصادی بیشتر را به جای محصولات کم‌بازده‌تر در الگوهای زراعی مناطق به دنبال دارد. به طور کلی، نتایج جدول ۴ گویای آن است که با شکل‌گیری بازار آب محلی یا منطقه‌ای در سطح استان تهران، مجموع سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی از ۱۱۴۷۹۵ به ۱۱۲۶۱۹ هکتار می‌رسد که کاهشی معادل با ۱/۹۰ درصد را برای مجموع اراضی آبی به همراه دارد. درواقع، یافته‌ها بیانگر آن است که تشکیل بازار آب در سطح استان تهران می‌تواند علی‌رغم بهینه‌سازی سطح زیرکشت اراضی آبی در الگوهای زراعی مناطق پنج‌گانه، نقش بسزایی را در توسعه فرآیند آیش‌گذاری اراضی و پیشبرد اهداف کشاورزان در جهت افزایش تولیدات زراعی با صرفه اقتصادی بالاتر و یا ورود محصولات جدید در الگوی کشت مناطق مورد مطالعه طی دوره‌های زمانی آتی ایفا نماید.

جدول ۵، میزان تغییرات سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی را (به تفکیک هر محصول) پس از استقرار بازار آب محلی یا منطقه‌ای در استان تهران نسبت به شرایط عدم وجود بازار آب بازگو می‌کند.

جدول ۵-تغییرات سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی استان تهران در شرایط وجود و عدم وجود بازار آب

محصولات منتخب زراعی	نبود بازار آب (دوره پایه)*	وجود بازار آب ** (اعمال سناریو)	میزان تغییرات سطح زیرکشت***	درصد تغییرات سطح زیرکشت*×
گندم آبی	۵۶۸۰۵	۵۴۱۳۱	-۲۶۷۴	-۴/۷۱
جو آبی	۳۲۴۰۰	۳۰۹۴۸	-۱۴۵۲	-۴/۴۸
ذرت دانه‌ای	۹۳۸۰	۹۵۲۴	۱۴۴	۱/۵۴
گوجه‌فرنگی	۸۷۶۰	۹۰۳۴	۲۷۴	۳/۱۳
هندوانه	۱۳۲۷	۱۶۴۰	۳۱۳	۲۳/۵۹
آفتابگردان	۲۹۲۰	۳۵۷۴	۶۵۴	۲۲/۴۰
کلزا	۳۲۰۳	۳۷۶۸	۵۶۵	۱۷/۶۴
مجموع	۱۱۴۷۹۵	۱۱۲۶۱۹	-۲۱۷۶	-۱/۹۰

*،** و *** برحسب هکتار و *× برحسب درصد

مأخذ: یافته‌های تحقیق

مطابق با نتایج جدول ۵، ملاحظه می‌شود که پس از تحقق داد و ستد آب آبیاری بین مناطق پنج‌گانه و استقرار بازار آب محلی، کشاورزان تهرانی به سمت توسعه سطح زیرکشت محصولات با بازده ناخالص بیشتر مانند ذرت دانه‌ای، گوجه‌فرنگی، هندوانه، آفتابگردان و کلزا متمایل می‌شوند و از سطح زیرکشت محصولات غله‌ای گندم و جو آبی در الگوی کشت مناطق مطالعاتی می‌کاهند. از این روی، سطح زیرکشت محصولات ذرت دانه‌ای، گوجه‌فرنگی، هندوانه، آفتابگردان و کلزا به ترتیب از ۹۳۸۰، ۸۷۶۰، ۱۳۲۷، ۲۹۲۰ و ۳۲۰۳ هکتار در شرایط نبود بازار آب یا دوره پایه به ۹۵۲۴، ۹۰۳۴، ۱۶۴۰، ۳۵۷۴ و ۳۷۶۸ هکتار در شرایط استقرار بازار آب می‌رسد که افزایش سطح زیرکشتی معادل با ۱۴۴، ۲۷۴، ۳۱۳، ۶۵۴ و ۵۶۵ هکتار را در الگوی مناطق پنج‌گانه (A، B، C، D و E) به دنبال دارد. این در حالی است که با توجه به کاهش تمایل کشاورزان تهرانی برای توسعه اراضی تحت کشت محصولات غله‌ای، سطح زیرکشت گندم و جو آبی به ترتیب از ۵۶۸۰۵ و ۳۲۴۰۰ هکتار در شرایط عدم وجود بازار آب یا دوره پایه به ۵۴۱۳۱ و ۳۰۹۴۸ هکتار در شرایط استقرار بازار آب می‌رسد که کاهش سطح زیرکشتی به میزان ۲۶۷۴ و ۱۴۵۲ هکتار را در الگوهای زراعی مناطق مورد بررسی در پی دارد.

افزون بر این، ملاحظه می‌شود که با شکل‌گیری نهاد ساختاری بازار آب محلی یا منطقه‌ای در بین مناطق پنج‌گانه استان تهران، الگوی کشت محصولات منتخب زراعی عمدتاً به سمت توسعه سطح زیرکشت محصولات با صرفه اقتصادی بالاتر مانند ذرت دانه‌ای، گوجه‌فرنگی، هندوانه، آفتابگردان و کلزا و کاهش سطح زیرکشت محصولات غله‌ای کم‌بازده‌تر گندم و جو آبی پیش می‌رود. به بیان دیگر، با شکل‌گیری بازار آب محلی، کشاورزان تهرانی به ترتیب ۲۶۷۴ و ۱۴۵۲ هکتار از سطح زیرکشت محصولات غله‌ای گندم و جو آبی می‌کاهند و منابع آب مورد استفاده در تولید این محصولات را برای کشت مازاد ۱۴۴ هکتار ذرت دانه‌ای، ۲۷۴ هکتار گوجه‌فرنگی، ۳۱۳ هکتار هندوانه، ۶۵۴ هکتار آفتابگردان و ۵۶۵ هکتار کلزا در الگوهای زراعی مناطق مورد مطالعه تخصیص می‌دهند. آن‌چه مُسلّم است، کاهش سطح تمایل کشاورزان به گسترش سطح زیرکشت محصولات غله‌ای گندم و جو آبی و توجه به توسعه سطح زیرکشت محصولات پربازده ولو کم‌آب‌تر، به ویژه آفتابگردان و کلزا در الگوی کشت محصولات منتخب زراعی مناطق پنج‌گانه در استان تهران است.

افزون بر این، نتایج به دست آمده در جدول ۵ گویای آن است که با استقرار بازار آب محلی یا منطقه‌ای و ایجاد فرآیند داد و ستد آب آبیاری بین مناطق پنج‌گانه استان تهران، اگرچه تولید محصولات غله‌ای تا حدودی کاهش می‌یابد، اما این امکان برای کشاورزان به وجود می‌آید تا بتوانند علی‌رغم تولید محصولات گندم و جو آبی در حد نیاز استان، محصولات پربازده و نسبتاً آب‌بر مانند هندوانه، آفتابگردان و ذرت دانه‌ای را کماکان در الگوی کشت مناطق مطالعاتی حفظ نمایند. به طور کلی، نتایج به دست آمده حاکی از آن است که دستیابی به الگوی بهینه کشت در سطح استان تهران پس از ساماندهی و استقرار بازار آب محلی یا منطقه‌ای، کاهش ۱/۹۰ درصدی سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی (کاهش از ۱۱۴۷۹۵ به ۱۱۲۶۱۹ هکتار) را نسبت به شرایط دوره پایه (نبود بازار آب محلی یا منطقه‌ای) به دنبال دارد. افزون بر این، کاهش ۴/۷۱ و ۴/۴۸ درصدی سطح زیرکشت محصولات غله‌ای گندم و جو آبی و افزایش ۲۳/۵۹، ۲۲/۴۰ و ۱۷/۶۴ درصدی سطح زیرکشت هندوانه، آفتابگردان و کلزا از دیگر پیامدهای استقرار و شکل‌گیری بازار آب محلی یا منطقه‌ای در سطح استان تهران است که با تأمین منابع آب موردنیاز این امکان را برای کشاورزان تهرانی محقق می‌نماید.

جدول ۶، میزان مجموع بازده ناخالص کشاورزان را در شرایط نبود بازار آب (دوره پایه) و پس از شکل‌گیری این نهاد ساختاری در سطح مناطق پنج‌گانه استان تهران (A، B، C، D و E) نشان می‌دهد.

جدول ٦- مجموع بازده ناخالص کشاورزان استان تهران در شرایط وجود و عدم وجود بازار آب

مناطق پنج‌گانه استان تهران	نبود بازار آب (دوره پایه)*	وجود بازار آب ** (اعمال سناریو)	میزان تغییرات سود ناخالص***	درصد تغییرات سود ناخالص *×
منطقه A	۱۱۹۷/۸۱۸	۱۲۸۹/۹۹۴	۹۲/۱۷۶	۷/۷۰
منطقه B	۲۲۵۵/۲۹۰	۲۵۱۶/۹۲۷	۲۶۱/۶۳۷	۱۱/۶
منطقه C	۲۷۳۰/۰۱۰	۲۹۰۸/۸۵۴	۱۷۸/۸۴۴	۶/۵۵
منطقه D	۵۱۱۵/۲۲۱	۵۴۰۴/۵۹۹	۲۸۹/۳۷۸	۵/۶۷
منطقه E	۸۰۸۰/۴۴۷	۸۶۰۶/۶۲۵	۵۲۶/۱۷۸	۶/۵۱
مجموع	۱۹۳۷۸/۷۹۰	۲۰۷۲۷/۰۰	۱۳۴۸/۲۱۳	۶/۹۶

*،** و *** برحسب میلیون ریال و *× برحسب درصد

مأخذ: یافته‌های تحقیق

مطابق با نتایج جدول ۶، ملاحظه می‌شود که پس از استقرار بازار آب محلی یا منطقه‌ای در سطح مناطق پنج‌گانه استان تهران، به علت تغییرات به وجود آمده در الگوهای بهینه زراعی مناطق A، B، C، D و E میزان بازده ناخالص کشاورزان نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد و به ترتیب ۷/۷۰، ۱۱/۶، ۶/۵۵، ۵/۶۷ و ۶/۵۱ درصد نسبت به میانگین بازده ناخالص در دوره پایه (یا شرایط عدم وجود بازار آب) افزایش می‌یابد. علت این میزان افزایش در سود ناخالص کشاورزان تهرانی پس از مشارکت در استقرار نهاد ساختاری بازار آب، افزایش سطح زیرکشت محصولات با صرفه اقتصادی بالاتر مانند ذرت دانه‌ای، گوجه‌فرنگی، هندوانه، کلزا و آفتابگردان در الگوی بهینه کشت و جایگزینی سطح مازاد این محصولات به جای سطح کاهش یافته محصولات کم‌بازده‌تر غله‌ای گندم و جو آبی در الگوی بهینه کشت است. افزون بر این، نتایج به دست آمده گویای آن است که پس از شکل‌گیری بازار آب محلی یا منطقه‌ای، کشاورزان مناطق D و E در بخش‌های مرکزی و جنوبی استان تهران بیشترین میزان بازده ناخالص حاصل از الگوی کشت را تجربه می‌کنند. افزون بر این، نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که پس از استقرار نهاد ساختاری بازار آب محلی، کشاورزان منطقه B در بخش مرکزی استان تهران (دشت تهران–کرج) و کشاورزان منطقه D در بخش جنوب غربی این استان (دشت ری) نسبت به میانگین بازده ناخالص حاصل طی دوره پایه، به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین سطح از سود ناخالص الگوی منتخب کشت را (حدود ۱۱/۶ و ۵/۶۷ درصد) در مقایسه با کشاورزان دیگر مناطق (B، C، D و E) حصول می‌نمایند. به طور کلی، با تحقق فرآیند داد و ستد آب آبیاری بین مناطق پنج-گانه استان تهران به دلیل تغییرات به وجود آمده در الگوهای زراعی و بهینه شدن آن‌ها، مجموع سود ناخالص کشاورزان تهرانی نسبت به دوره پایه (در شرایط نبود بازار آب) حدود ۶/۹۶ درصد افزایش می‌یابد و از ۱۹۳۷۸/۷۹۰ به ۲۰۷۲۷/۰۰ میلیون ریال می‌رسد. این نتیجه مهم، نقش موثر و مثبت نهاد ساختاری بازار آب محلی یا منطقه‌ای را در راستای بهینه‌سازی الگوهای مناطق پنج‌گانه استان تهران و حصول حداکثر بازده ناخالص برای کشاورزان بازگو می‌کند. علت اصلی این امر، ایجاد شرایط لازم جهت داد و ستد آب آبیاری بین مناطق مختلف کشاورزی استان تهران و محدود نشدن کشاورزان در این مناطق جهت تولید محصولات با سود اقتصادی بالا ولو آب‌بر (با توجه به مهم‌ترین محدودیت استان که کمبود منابع دردسترس آب می‌باشد) است. این قابلیت بازار آب محلی یا منطقه‌ای، کشاورزان مناطق پنج‌گانه استان تهران را قادر می‌سازد تا با تأمین آب موردنیاز اراضی زراعی خود از طریق انجام داد و ستد در ساختار بازار (براساس قیمت

واقعی تعیین شده) بتوانند محصولات با سود اقتصادی بالاتر ولو آب‌بر را (مانند هندوانه، ذرت دانه‌ای، گوجه‌فرنگی و آفتابگردان) در الگوهای زراعی حفظ نموده و منابع آب تأمین شده را برای تولید آن‌ها در سطوح وسیع‌تر (نسبت به دوره پایه) تخصیص دهند. این در حالی است که طی شرایط دوره پایه (یعنی قبل از استقرار بازار آب)، حجم زیادی از منابع آب جریان یافته در سطح مناطق شمالی استان تهران بدون استفاده و یا به دلیل عدم داد و ستد با مناطق دیگر (مرکزی و جنوبی) از دسترس کشاورزان خارج می‌شود.

جدول ۷ اثرات بالقوه شکل‌گیری بازار آب محلی یا منطقه‌ای را در تعیین ارزش واقعی یا اقتصادی نهاده آب آبیاری در مقایسه با شرایط عدم وجود بازار آب (دوره پایه) در سطح مناطق پنج‌گانه استان تهران (A، B، C، D و E) نشان می‌دهد.

جدول ۷-تغییرات ارزش اقتصادی آب آبیاری در شرایط وجود و عدم وجود بازار آب

مناطق پنج‌گانه استان تهران	نبود بازار آب (دوره پایه)*	وجود بازار آب ** (اعمال سناریو)	میزان تغییرات ارزش اقتصادی آب***	درصد تغییرات ارزش اقتصادی آب *×
منطقه A	۱۸۲/۷	۲۰۸/۳	۲۵/۶	۱۴/۰۱
منطقه B	۹۳۱/۱	۹۳۷/۷	۴۲/۶	۴/۵۸
منطقه C	۴۳۲/۵	۵۰۳/۹	۷۱/۴	۱۶/۵۱
منطقه D	۷۰۹/۸	۷۷۳/۷	۶۳/۹	۵/۶۷
منطقه E	۱۲۹۸/۵	۱۳۷۶/۵	۷۸/۰	۶/۰۱
مجموع	۷۱۰/۹	۷۶۷/۲	۵۶/۳	۷/۹۲

*،** و *** برحسب میلیون ریال و *× برحسب درصد

مأخذ: یافته‌های تحقیق

مطابق با نتایج جدول ۷، ملاحظه می‌شود که بازار آب مکانیسم مناسبی جهت تعیین ارزش اقتصادی آب در سطح مناطق مطالعاتی استان تهران می‌باشد و این نتیجه مهم بیانگر یکی دیگر از کارکردهای مثبت و مناسب بازار آب محلی به شمار می‌رود. یافته‌ها حاکی از آن است که داد و ستد آب بین کشاورزان در سطح استان تهران تنها با رعایت شرایط قیمت‌گذاری صحیح منابع آب دردسترس امکان‌پذیر است. بدین معنی که بازار آب محلی با تعیین قیمت بهینه نهاده آب، امکان داد و ستد آب را برای بهره‌برداران فراهم می‌کند. همچنین، ملاحظه می‌شود که ارزش واقعی نهاده آب طی دوره پایه (قبل از شکل‌گیری بازار آب) در سطح مناطق A، B، C، D و E به ترتیب معادل با ۱۸۲/۷، ۹۳۱/۱، ۴۳۲/۵، ۷۰۹/۸ و ۱۲۹۸/۵ ریال در مترمکعب است. با استقرار بازار آب، این میزان به ترتیب ۲۵/۶، ۴۲/۶، ۷۱/۴، ۶۳/۹ و ۷۸/۰ ریال در مترمکعب افزایش می‌یابد و به حدود ۲۰۸/۳، ۹۳۷/۷، ۵۰۳/۹، ۷۳۳/۷ و ۱۳۷۶/۵ ریال در مترمکعب می‌رسد. این میزان تغییرات، افزایشی معادل با ۱۴/۰۱، ۴/۵۸، ۱۶/۵۱، ۹/۰ و ۶/۰۱ درصد را برای ارزش اقتصادی آب در مقایسه با شرایط دوره پایه (قبل از شکل‌گیری بازار آب) به دنبال دارد. اغلب مناطق مورد مطالعه در استان تهران به دلیل امکان‌سنجی مشارکت در طرح جامع بازار آب، نقش وارد کننده آب را دارند و می‌توانند به طور سالانه حجم منابع آب زیادی را از مناطق هم‌جوار خود دریافت نمایند. ملاحظه می‌شود ارزش اقتصادی آب که بیانگر مقدار واقعی این نهاده کمیاب است، با محدود شدن منابع آب دردسترس کشاورزان و افزایش صادرات یا فروش آن در مناطق مبدأ روند صعودی در پیش می‌گیرد. از این رو، ارزش اقتصادی برآورد شده برای مناطق A و C در استان تهران که نقش صادرکننده آب را دارند، نسبت به دیگر مناطق مطالعاتی (B، D و E) بالاتر است.

جدول ۸، میزان بازده ناخالص حاصل از مصرف هر مترمکعب آب آبیاری را در واحد سطح محصولات منتخب زراعی مناطق پنج‌گانه استان تهران پس از استقرار بازار آب محلی یا منطقه‌ای بازگو می‌کند. این مفهوم اقتصادی که بیانگر شاخص "نسبت سود به آب مصرفی" است، برحسب ریال در مترمکعب سنجیده می‌شود.

جدول ۸- شاخص نسبت سود به آب مصرفی در شرایط وجود و عدم وجود بازار آب

مناطق مورد مطالعه	نبود بازار آب (دوره پایه)			وجود بازار آب (اعمال سناریو)			درصد تغییرات شاخص
	مجموع سود ناخالص*	مجموع آب مصرفی**	نسبت سود به آب مصرفی***	مجموع سود ناخالص*	مجموع آب مصرفی**	نسبت سود به آب مصرفی***	
منطقه A	۱۱۹۷/۸۱۸	۳۰/۴۵۴۳۴۴	۳۹/۳۳	۱۲۸۹/۹۹۴	۳۰/۱۹۹۱۲۲	۴۲/۷۲	۸/۶۱
منطقه B	۲۲۵۵/۲۹۰	۵۷/۸۹۸۰۴۲	۳۸/۹۵	۲۵۱۶/۹۲۷	۵۸/۱۷۷۷۲۱	۴۳/۲۶	۱۱/۰۶
منطقه C	۲۷۳۰/۰۱۰	۷۸/۲۲۷۵۱۴	۳۴/۹۰	۲۹۰۸/۸۵۴	۷۷/۶۹۲۷۳۳	۳۷/۴۴	۷/۲۸
منطقه D	۵۱۱۵/۲۲۱	۱۴۶/۵۵۷۳۱۲	۳۴/۹۰	۵۴۰۴/۵۹۹	۱۴۶/۲۳۷۹۴۵	۳۶/۹۶	۵/۸۹

منطقه E	۸۰۸۰/۴۴۷	۲۳۴/۵۱۸۳۰۳	۳۴/۴۶	۸۶۰۶/۶۲۵	۲۳۳/۱۶۹۵۵۹	۳۶/۹۱	۷/۱۳
مجموع	۱۹۳۷۸/۷۸۶	۵۴۷/۶۵۵۵۱۵	۳۵/۳۸	۲۰۷۲۶/۹۹۹	۵۴۵/۴۷۷۰۸۰	۳۸/۰۰	۷/۳۸

*،** و ***: برحسب میلیون ریال، میلیون مترمکعب، ریال در متر مکعب

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج جدول ۸، ملاحظه می‌شود که نسبت شاخص سود به آب مصرفی در شرایط وجود بازار آب در سطح مناطق A، B، C، D و E به ترتیب معادل با ۴۲/۷۲، ۴۳/۲۶، ۳۷/۴۴، ۳۶/۹۶ و ۳۶/۹۱ ریال در مترمکعب می‌باشد. بدین مفهوم که استفاده از هر مترمکعب آب پس از استقرار بازار، در سطح منطقه A حدود ۴۲/۷۲ ریال (۴/۲۷۲ تومان)، در سطح منطقه B حدود ۴۳/۲۶ (۴/۳۲۶ تومان)، در سطح منطقه C حدود ۳۷/۴۴ ریال (۳/۷۴۴ تومان)، در سطح منطقه D حدود ۳۶/۹۶ (۳/۶۹۶ تومان) و در سطح منطقه E حدود ۳۶/۹۱ ریال (۳/۶۹۱ تومان) سودآوری را برای کشاورزان به دنبال دارد. این در حالی است که میزان سود ناخالص حاصل از مصرف هر مترمکعب آب قبل از شکل‌گیری و استقرار بازار آب محلی (دوره پایه) در مناطق مذکور به ترتیب حدود ۳۹/۳۳، ۳۸/۹۵، ۳۴/۹۰، ۳۴/۹۰ و ۳۴/۴۶ ریال در مترمکعب می‌باشد. یافته‌های به دست آمده حاکی از افزایش میزان شاخص نسبت سود به آب مصرفی در سطح مناطق مطالعاتی استان تهران (به ترتیب حدود ۸/۶۱، ۱۱/۰۶، ۷/۲۸، ۵/۸۹ و ۷/۱۳ درصد) نسبت به دوره پایه (قبل از استقرار بازار آب محلی یا منطقه‌ای) می‌باشد. به طور کلی، افزایش نسبت سود به آب مصرفی تا حدود ۷/۳۸ درصد در شرایط استقرار بازار آب محلی نسبت به دوره پایه یکی دیگر از کارکردهای مثبت و مناسب شکل‌گیری نهاد ساختاری بازار آب در سطح استان تهران می‌باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

به‌کارگیری برنامه‌های سیاستی مناسب و ارزیابی آثار بالقوه آن‌ها بر تولیدات کشاورزی و مدیریت منابع آب، زمینه را برای تقویت نقش اقتصادی آب در فرآیند توسعه بخش کشاورزی استان اهران فراهم می‌سازد. اما، لازم است قبل از اتخاذ سیاست‌های مناسب، اثرات احتمالی آن‌ها بر مقادیر مصرفی نهاده‌ها، الگوی کشت، منابع آب موجود و درآمد کشاورزان پیش‌بینی شود تا برنامه‌ریزان بخش را درگرفتن سیاست‌های مطلوب یاری رساند. بررسی رفتار اقتصادی مشارکت کشاورزان در نهاد ساختاری بازار آب محلی یا منطقه‌ای که در شرایط کنونی مورد توجه جوامع بین‌المللی قرار گرفته است، گامی مهم در زمینه توسعه فعالیت‌های کشاورزی استان تهران به شمار می‌رود که با بهره‌مندی از یک سیستم یکپارچه مدل‌سازی هیدرواقتصادی جامع کشاورزی و منابع آب (مشتمل بر رویکرد مدل تولیدات کشاورزی ایالتی یا منطقه‌ای)، در این مطالعه مدنظر قرار گرفت.

نتایج گویای آن بود که تشکیل بازار آب محلی در سطح استان تهران می‌تواند علی‌رغم بهینه‌سازی سطح زیرکشت اراضی آبی در الگوهای زراعی مناطق پنج‌گانه (A، B، C، D و E)، نقش بسزایی را در توسعه فرآیند آیش‌گذاری اراضی و پیشبرد اهداف کشاورزان در جهت افزایش تولیدات زراعی با صرفه اقتصادی بالاتر و یا ورود محصولات جدید در الگوی کشت مناطق مورد مطالعه ایفا نماید؛ نتیجه‌ای که به طور مشابه در تحقیق زنگ و همکاران (۳۴) در خارج از کشور و تحقیق ابوالحسنی و همکاران (۱) در داخل کشور نیز به دست آمده است. همچنین، یافته‌های حاصل از پیش‌بینی رفتار اقتصادی مشارکت کشاورزان استان تهران در نهاد ساختاری بازار آب، نشان داد که با تحقق داد و ستد آب آبیاری و اشتراک‌گذاری منابع آب موجود بین مناطق پنج‌گانه این استان، به‌ویژه در شرایط مواجهه با محدودیت منابع آب، میزان مجموع سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی به صورت ناچیز کاهش می‌یابد که این نتیجه مهم، حاکی از کارکرد مناسب و مثبت نهاد ساختاری بازار آب محلی است. این در حالی است که اگر داد و ستد آب بین مناطق پنج‌گانه صورت نگیرد و کشاورزان تهرانی در طرح استقرار بازار آب مشارکت نداشته باشند، بدون شک با کاهش منابع آب دردسترس کشاورزان، سطح زیرکشت اغلب محصولات منتخب زراعی از جمله محصولات آب‌بری چون ذرت دانه‌ای، آفتابگردان، گوجه‌فرنگی و هندوانه تا حد زیادی کاهش می‌یابد و مسأله کمبود آب، کشاورزان تهرانی را به سمت کاهش سطح زیرکشت محصولات آب‌بر و جایگزینی سطح آن‌ها با محصولات غله‌ای گندم و جو آبی سوق می‌دهد. بنابراین، شکل‌گیری بازار آب محلی یا منطقه‌ای به دلیل خواستگاهی که دارد، سبب برقراری داد و ستد آب کشاورزی در سطح استان تهران می‌شود و تا حد زیادی می‌تواند اثرات کاهش منابع آب دردسترس کشاورزان مناطق پنج‌گانه این استان را در زیربخش زراعت خنثی و دفع نماید. در این راستا، نتایج به دست آمده از تحقیقات زمان و همکاران (۳۳) و هاویت و همکاران (۱۲) همسو با یافته‌های تحقیق حاضر می‌باشد. آن‌ها در تحقیقات خود به این نتیجه دست یافتند که شکل‌گیری بازارهای آب محلی و مشارکت بهره‌برداران بخش کشاورزی در این نوع نهادها علی‌رغم ایجاد توازن بین داد و ستد آب بین مناطق با کشاورزی آبی، می‌تواند حتی اثرات و پیامدهای کم‌آبی و خشکسالی را تا حدود ۳۰ درصد نیز کاهش دهد. افزون بر این، مطابق با یافته‌های به دست آمده پس از استقرار و شکل‌گیری نهاد ساختاری بازار آب محلی در بین مناطق پنج‌گانه استان تهران، الگوی کشت

محصولات منتخب زراعی عمدتاً به سمت توسعه سطح زیرکشت محصولات با صرفه اقتصادی بالاتر مانند ذرت دانه‌ای، گوجه-فرنگی، هندوانه، آفتابگردان و کلزا پیش می‌رود و کاهش سطح زیرکشت محصولات غله‌ای کم بازده‌تر گندم و جو آبی محقق می‌شود. آن‌چه مُسلّم است، کاهش سطح تمایل کشاورزان به گسترش سطح زیرکشت محصولات غله‌ای گندم و جو آبی و توجه به توسعه سطح زیرکشت محصولات پربازده ولو کم‌آب‌تر، به ویژه آفتابگردان و کلزا در الگوی کشت محصولات منتخب زراعی استان تهران است. در واقع، با ایجاد فرآیند داد و ستد آب آبیاری بین مناطق پنج‌گانه، اگرچه تولید محصولات غله‌ای تا حدودی کاهش می‌یابد، اما این امکان برای کشاورزان تهرانی به وجود می‌آید تا بتوانند علی‌رغم تولید محصولات یاد شده در حد نیاز استان، سطح زیرکشت محصولات پربازده‌ای مانند هندوانه، آفتابگردان و ذرت دانه‌ای را کماکان در الگوی کشت مناطق مطالعاتی حفظ نمایند. این در حالی است که محصولات مذکور همواره به دلیل مسائلی چون نیاز آبی بالا و محدودیت منابع آب موجود در استان تهران (به ویژه در دشت‌های مرکزی و جنوبی آن) کمتر مورد توجه کشاورزان قرار می‌گرفتند. این بخش از نتایج تحقیق حاضر قرابت بالایی با یافته‌های حاصل از تحقیقات صبوحی و پرهیزکاری (۲۷) و پرهیزکاری و همکاران (۲۰) که در مناطق سیستان و دشت قزوین انجام شده‌اند، دارد. آن‌ها در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که استقرار بازارهای آب منطقه‌ای علی‌رغم ایجاد تعادل و توازن در میزان عرضه و تقاضای آب کشاورزی، امکان توسعه اراضی فاریاب را نسبت به شرایط دوره پایه فراهم خواهد کرد. همچنین، نتایج تحقیقات مشابه نشان داد که شکل‌گیری بازار آب در مناطق مورد مطالعه می‌تواند سبب افزایش مجموع سطح زیرکشت محصولات منتخب زراعی، به‌ویژه محصولات سودده ولو آب‌بر و همچنین محصولات استراتژیک شود و افزایش دسترسی به منابع آب بیشتر را برای کشاورزان، به‌خصوص در شهرستان‌های با منابع آبی کمتر محقق نماید. علاوه بر این، نتایج تحقیق حاضر حاکی از آن بود که پس از استقرار بازار آب محلی یا منطقه‌ای در سطح استان تهران، به علت تغییرات به وجود آمده در الگوهای بهینه زراعی مناطق A، B، C، D و E میزان بازده ناخالص کشاورزان نیز در این مناطق تحت تأثیر قرار می‌گیرد و نسبت به دوره پایه افزایش می‌یابد. علت این میزان افزایش در سود ناخالص کشاورزان پس از مشارکت در بازار آب، افزایش سطح زیرکشت محصولات با صرفه اقتصادی بالاتر مانند ذرت دانه‌ای، گوجه‌فرنگی، هندوانه، کلزا و آفتابگردان در الگوهای بهینه کشت و جایگزینی سطح مازاد این محصولات به جای سطح کاهش یافته محصولات کم‌بازده‌تر غله‌ای گندم و جو آبی است. محدودیت منابع آب دردسترس کشاورزان، منجر به کاهش سود ناخالص آن‌ها می‌شود؛ اما کارکرد مثبت و بهینه نهاد ساختاری بازار آب محلی این میزان کاهش سود را تعدیل نموده و در نهایت از طریق برقراری تعادل در داد و ستد آب آبیاری بین کشاورزان مناطق پنج‌گانه سبب افزایش سود ناخالص حاصل از الگوهای زراعی (اگرچه به میزان کم) می‌شود. در این راستا، هاویت و همکاران (۱۲) و احمدی و همکاران (۲) با ارزیابی اقتصادی بستر پیاده‌سازی بازارهای آب محلی به این نتیجه دست یافتند که بازده برنامه‌ای کشاورزان با افزایش سطح فعالیت و مشارکت آن‌ها در نهادهای تعدیل‌گر فوق، نسبت به شرایطی که هیچ‌گونه مشارکتی بین بهره‌برداران منابع آبی در زیربخش کشاورزی وجود ندارد، بهبود پیدا می‌کند و افزون بر این مزیت، تخصیص بهینه منابع آب موجود و دردسترس کشاورزان در سطح مزارع و در بین فعالیت‌های مختلف زراعی صورت می-گیرد. بخش دیگری از یافته‌های تحقیق حاضر گویای آن بود که نهاد ساختاری بازار آب محلی مکانیسم مناسبی جهت تعیین ارزش واقعی یا اقتصادی نهاده آب آبیاری در سطح مناطق مطالعاتی استان تهران است که این نتیجه مهم بیانگر یکی دیگر از کارکردهای مثبت و مناسب بازار آب محلی یا منطقه‌ای به شمار می‌رود. همچنین، داد و ستد آب آبیاری بین کشاورزان در سطح مناطق مختلف استان تهران تنها با رعایت شرایط قیمت‌گذاری صحیح منابع آب قابل حصول و دردسترس کشاورزان امکان‌پذیر است. بدین معنی که بازار آب محلی یا منطقه‌ای با تعیین قیمت مناسب برای نهاده آب، امکان داد و ستد و یا خرید و فروش آب را برای کشاورزان فراهم می‌کند. از این رو، پیشنهاد می‌شود که این نهاد ساختاری همواره در سیاست‌گذاری‌های قیمتی منابع آب مورد استفاده واقع گردد تا از طریق تعیین ارزش واقعی یا اقتصادی برای نهاده آب آبیاری و مقایسه آن با ارزش فعلی، کشاورزان را جهت استفاده بهینه از این نهاده کمیاب آگاه و تشویق نماید. شکل‌گیری قانونی و عرفی داد و ستد آب آبیاری بین کشاورزان و استقرار بازارهای آب محلی در سطح استان تهران، از طریق افزایش نسبت سود به آب مصرفی (بهبود کارایی مصرف آب کشاورزی)، افزایش بازده ناخالص کشاورزان، کاهش ریسک فعالیت‌های کشاورزی به‌ویژه در شرایط مواجهه با محدودیت منابع آب و افزایش تمایل کشاورزان به تولید محصولات پربازده (اگرچه آب‌بر) سازوکاری مؤثر در حفاظت از منابع آب و افزایش بهره‌وری این نهاده کمیاب در استان تهران به شمار می‌رود. در پایان، با توجه به نقش حمایتی و سازنده بازار آب محلی یا منطقه-ای و همچنین، کارکردهای مثبت حاصل از اجرایی شدن آن در سطح استان تهران، پیشنهاد می‌شود که زمینه و شرایط لازم برای برقراری و استفاده بهینه از مکانیسم این نوع نهاد نه تنها در سطح استان مذکور، بلکه در سایر مناطقی از کشور که دارای منابع آبی

مشترک و قابلیت داد و ستد آب آبیاری می‌باشند، فراهم گردد. بدون شک، ارگان یا سازمان‌های که می‌تواند این مسئولیت خطیر را به دوش داشته باشند و به آن جامعه عمل بپوشانند، وزارتین نیرو و جهاد کشاورزی در کشور هستند. اگرچه که استقرار بازار آب محلی و دستیابی به کارکردهای مثبت و سازنده آن نیاز به یک ساختار فنی، اجتماعی و قانونی منسجم و منظم در زیربخش-های مدیریت منابع آب و تولیدات کشاورزی دارد، اما توصیه می-شود که در برنامه‌های توسعه اقتصادی کشور نگاه ویژه‌ای به این مقوله مهم گردد. در زمینه فنی– مدیریتی نیز پیشنهاد می‌شود که به منظور مقایسه هزینه‌های برقراری بازارهای آب محلی یا منطقه‌ای با منافعی که پس از برقراری آن‌ها برای کشاورزان حاصل می‌شود، تحلیل‌های اقتصادی مناسبی توسط محققان در دوره‌های آتی صورت گیرد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در مطالعه حاضر فرم‌های رضایت نامه آگاهانه توسط تمامی آزمودنی‌ها تکمیل شد.

حامی مالی

هزینه‌های مطالعه حاضر توسط نویسندگان مقاله تأمین شد.

مشارکت نویسندگان

طراحی و ایده پردازی: ابوذر پرهیزکاری

روش‌شناسی و تحلیل داده‌ها: ابوذر پرهیزکاری، غلامرضا یاوری

نظارت: ابوالفضل محمودی و غلامرضا بخشی خانیکی

نگارش نهایی: ابوذر پرهیزکاری.

تعارض منافع

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

References

1. Abolhasani L, Shahnooshi N, Rahnema A, Aazame Rahmati A, Heyran F. The role of water market formation in the use of water resources in agriculture (Case study of Mashhad plain). Journal of Agricultural Economics and Development, 2019; 106 (27): 1-29. [10.30490/AEAD.2022.353656.1309]

2. Ahmadi A, Zolfagharipoor M, Nikoee A, Darali M Y. Economic evaluation of the implementation of the technical context of the agricultural water market, a case study: part of the Mahyar irrigation network. Iranian Journal of Water Resources Research, 2016; 12 (3): 49-35. [https://www.iwrr.ir/article_16518.html?lang=en]

3. Barikani A, Khalilian S. Dynamic groundwater aquifer management in agriculture: A case study of Qazvin plain. 4th Iranian Water Resources Management Conference, Amir Kabir University of Technology, Tehran; 2011. [https://civilica.com/doc/117109/]

4. Droitsch D, Robinson B. Share the water: building a secure water future for Alberta, published jointly by can more: water matters society of Alberta, and Vancouver: eco justice, AB; 2009. [www.water-matters.org/docs/share-the-water.pdf.]

5. Garrido S. Governing scarcity. Water markets, equity and efficiency in pre-1950s eastern Spain. International Journal of the Commons, 2011; 5: 513-534. [https://www.jstor.org/stable/26523085]

6. Gomez-Limon J A, Martinez Y. Multi-criteria modeling of irrigation water market at basin level: A Spanish case study, European journal of operational research, 2006; 173(1): 313-336. [https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.12.009]

7. Grafton R Q, Horne J, Wheeler S A. On the marketization of water: evidence from the Murray-Darling basin, Australia. Water Recourse Management, 2016; 30(3): 913-926. [https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-015-1199-0]

8. Grafton R Q, Libecap G, McGlennon S, Landry C, Brien B. An integrated assessment of water markets: a cross-country comparison. Rev. Environ. Econ. Policy, 2011; 5(2): 219-239. [https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1093/reep/rer002?journalCode=reep]

9. Graveline C. Economic calibrated models for water allocation in agricultural production: A review. Environmental Modelling and Software, 2016; 81: 12-25. [https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.03.004]

10. Howe C W, Schurmeier D R, Shaw W D. Innovative approaches to water allocation: the potential for water markets. Water resources research, 1986; 22(4): 439-445. [https://doi.org/10.1029/WR022i004p00439]

11. Howitt R E, Medellin-Azuara J, MacEwan D, Lund R. Calibrating disaggregates economic models of agricultural production and water management. Science of the Environmental Modeling and Software, 2012; 38: 244-258. [https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.06.013]

12. Howitt R E, MacEwan D, Medellin-Azuara J, Lund R, Sumner D. Economic analysis of the 2015 drought for California agriculture, UC Davis Center for Watershed Sciences, ERA Economics, UC

Agricultural Issues Center, University of California, 2015; 1-31.
[B2n.ir/n01971]
13. Kiani GH. The role of market in optimal water resources allocation and efficacious factors influencing the efficiency of water markets. Journal of Water and Sustainable Development, 2013; 3(1): 93-102.
[https://jwsd.um.ac.ir/article_27805.html?lang=en]
14. Laura G F, Medellin-Azuarac J, Tanseyd M, Young Ch, Purkeyb D, Howitt R. Integrating complex economic and hydrologic planning models: An application for drought under climate change analysis. Water Resources and Economics, 2016; 1-13.
[//dx.doi.org/10.1016/j. wre.2016.10.002]
15. Li H, Zhao J. Rebound Effect of Irrigation Technologies? The Role of Water Rights. Author. 2016 Annual Meeting, July 31 August 2, 2016, Boston, Massachusetts Agricultural and Applied Economics Association, 216; 1-27.
[https://ideas.repec.org/p/ags/aaea16/235966.html]
16. Liang T G. Trading and economic efficiency in selected Victorian water markets in Australia. Thesis presented for the degree of Doctor of Philosophy, Murdoch University, 2016; 1-21.
[B2n.ir/a65220]
17. Mahmoodi A, Parhizkari A. Economic modeling of agricultural water resources management in Tehran province with emphasis on the role of water market. Journal of Economic Modeling, 2016; 35 (3): 121-139.
[https://www.sid.ir/paper/176301/en]
18. Medellan-Azuara J, Harou J J, Howitt R.E. Estimating economic value of agricultural water under changing conditions and the effects of spatial aggregation. Science of the Total Environment, 2010; 408(3): 5639- 5648.
[https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.08.013]
19. Nazari M. Water market in theory and practice: market failure and public policy. Journal of Water and Sustainable Development, 2016; 3(1): 103-114.
[https://doi.org/10.22067/jwsd.v3i1.59448]
20. Parhizkari A, Badie Barzin H, Qamri A, Qafari Z. The effects of forming regional water markets on balancing the supply and demand of irrigation water in Sistan region. Iranian Journal of Water Resources Research, 2018; 14 (3): 243-256.
[https://www.iwrr.ir/article_60798.html?lang=en]
21. Parhizkari A, Mahmoodi A, Shokat Fadaee M. Assessing the effects of climate change on available water resources and agricultural production in Shahroud watershed. Journal of Agricultural Economics Research, 2017; 33 (9): 23-50.
[https://jae.marvdasht.iau.ir/article_2178.html?lang=en]
22. Parhizkari A, Sabouhi M, Ziaee S. Water market simulation and analysis of the effects of irrigation water sharing policy on cultivation pattern under water scarcity. Journal of Agricultural Economics and Development, 2013; 27 (3): 242-252.
[https://jead.um.ac.ir/article_31582.html?lang=en]
23. Parhizkari A, Yavari Q, Mahmoodi A, Bakhshi Khaniki Q. Evaluation of the Potential Effects of Hydrological Drought on Agricultural Situation, Farmers' Revenue and Water Consumptions in Tehran Province. Iranian Journal of Water Resources Research, 2019; 16(2): 151-163.
[https://www.iwrr.ir/article_110157.html?lang=en]
24. Paul D W, Medellin-Azuarab J, Joshua HV, Meagan SM. Economic and policy drivers of agricultural water desalination in California's central valley. Agricultural Water Management, 2017; 194:192-203.
[https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.07.024]
25. Petterini F C. The possibility of a water market in Brazil. EconomiA, 2018; 19(2): 187-200.
[https://doi.org/10.1016/j.econ.2018.03.002]
26. Qureshi M E, Whitten S. Regional impact of climate variability and adaptation options in the southern Murray–Darling Basin, Australia. Water Resources and Economics, 2014; 5(1): 67-84.
[https://doi.org/10.1016/j.wre.2013.12.002]
27. Sabouhi M, Parhizkari A. Analysis of economic and welfare effects of irrigation water market formation in Qazvin province. Journal of Agricultural Economics and Development, 2013; 27 (4): 338-350.
[https://jead.um.ac.ir/article_31835.html?lang=en]
28. Seidl C, Wheeler S A, Zuo A. Treating water markets like stock markets: Key water market reform lessons in the Murray-Darling Basin. Journal of Hydrology, 581, February 2020, Article 124399.
[https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124399]
29. Tehran Province Agricultural Jihad Organization. Deputy for Crop Production Improvement, Department of Agriculture; 2019.
[https://www.tehran-agri.ir/]
30. Tehran Province Regional Water Company. Office of Basic Studies of Water Resources; 2019.
[https://thrw.ir/]
31. Wheeler S A, Loch A, Crase L, Young M, Quentin Grafton R. Developing a water market readiness to assessment framework. Journal of Hydrology, 2017; 552: 807-820.
[B2n.ir/n45063]
32. Yazdani S, Parhizkari A. Assessing the economic and hydrological impacts of climate change in the Khorrood watershed. Journal of Echo Hydrology, 2017; 4 (3): 724-711.
[https://ije.ut.ac.ir/article_62504.html?lang=en]
33. Zaman A M, Malano HM, Avidson BD. An integrated water trading-allocation model, applied to a water market in Australia. Agricultural Water Management, 2009; 96: 149-159.
[B2n.ir/w40446]
34. Zeng XT, Li YP, Huang GH, Liu J. Modeling water trading under uncertainty for supporting water resources management in an arid region. Journal of

Water Resources Planning and Management, 2016; 142(2): 66-83.
[B2n.ir/f08513]

35. Zibaee M, Akhondali A M, Radmanesh F, Zarei H. Modernization of irrigation systems and water protection with emphasis on the return effect at the farm level in Bakhtegan catchment. Journal of Agricultural Economics Research, 2019; 12(3): 127-154.
[https://jae.marvdasht.iau.ir/article_3526.html?lang=en]

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی