تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال پانزدهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸
Volume 15, No. 4, Winter 2020 (IR-WRR)
۱۰۷-۱۲۳

# بهینه‌سازی تبادل آب مجازی در شرایط مختلف کشش قیمتی محصولات کشاورزی (مطالعه موردی: حوضه دریاچه ارومیه)

محمدابراهیم بنی‌حبیب[۱*]، میرمحمد آزادخراسانی[۲]، محمود اولاد قره‌گوز[۳] و علی محمدی[۴]

## چکیده

در پژوهش حاضر با هدف حداکثرکردن درآمد حوضه آبخیز ارومیه، مدل بهینه‌سازی کلاسیک خطی تدوین شد تا با اعمال سه سطح از محدودیت‌هایی شامل سیاست‌های الگوی کشت، مقدار آب در دسترس و قیمت ثابت و قیمت با کشش برای محصولات کشاورزی، تحت ۱۸ سناریو، مقدار تولید و واردات خالص بهینه آب مجازی (به عنوان هدف) برای حوضه تعیین شود. قیود در نظر گرفته شده در بهینه‌سازی مقدار آب مجازی مصرفی حوضه، مقدار آب قابل دسترس و بازه افزایش یا کاهش مقدار تولید را شامل شد. نتایج بدست آمده با توجه به تعداد محصولات مورد مطالعه تنوع بسیاری داشته است اما بطور کلی برای محصولات زراعی و باغی، بیش‌ترین تغییرات تولید و واردات خالص آب مجازی (نسبت به حال حاضر) برای محصولات پیاز، قارچ، سیب و انگور مشاهده شد. در بررسی تغییرات درآمد حوضه در اثر اعمال سناریوهای تدوین شده مشخص شد در سناریویی که مقدار آب در دسترس آن ۶۰ درصد حال حاضر و قیمت محصولات در آن با کشش قیمتی مطرح شده است، بالاترین سوددهی را داشته و سناریوی با این ویژگی‌های مذکور، مطلوب‌ترین سناریو به شمار می‌رود. در مجموع با اعمال سناریوی منتخب در بیش از یک سوم محصولات، مقدار بهینه سطح زیرکشت کم‌تر از حال حاضر است و باید بر مقدار واردات آن‌ها از خارج مرزهای حوضه افزوده شود. براساس نتایج این تحقیق، با واردات آب مجازی، از فشار وارد بر منابع آب حوضه کاسته می‌شود.

***کلمات کلیدی:*** الگوی کشت، بهینه‌سازی، کشش قیمتی، آب مجازی، ارومیه.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۸/۴/۴
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۷/۷

۱- استاد گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران.
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران.
۳- دانشجوی دکتری اقتصاد، گروه اقتصاد دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد.
۴- دانشجوی دکتری مهندسی منابع آب، گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران.
*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان بهار ۱۳۹۹ امکانپذیر است.

# Optimization of Virtual Water Exchange for Different Price Elasticity of Agricultural Products (Case Study: Urmia Lake Basin)

*M. E. Banihabib [1*], M. M. AzadKhorasani [2], M. Oladgaragoz[3], and A. Mohammadi[4]*

## Abstract

In this research, with the aim of maximizing the income of Lake Urmia basin, a linear optimization model was developed to apply three kinds of constraints, including cropping pattern, available water and constant prices and price elasticityof agricultural products to optimize crop production and net imports of crop's virtual waterunder 18 scenarios. The considered constrains in optimizationwere consumed virtual water in the basin, available water and boundaries of increasing or decreasing in the crop production. Regarding the number of studied crops, results have a wide variation but in general, for farm crops and horticulture products, the largest changes in production and net imports of virtual water (comparing to the present condition) were observed for onion, mushroom, apple and grape. In examining the changes in basin income due to the implementation of developed scenarios, it was found that the scenario in which the available water is 60% of the present condition and price elasticity is applied has the highest profitability and is considered to be the most favorable scenario.Altogether, with the application of the proposed scenario, the optimum level of areas under cultivation is less than present for more than a third of the products, and the imports of these products should be increased for the basin.According to the results of this research, the pressure on the water resources of the basin will be reduces by importing virtual water.

***Keywords:*** Cropping Pattern, Optimization, Price Elasticity, Virtual Water, Urmia.

Received: June 25, 2019
Accepted: September 29, 2019

1- Professor, Department of Irrigation and Drainage, College of Aburaihan, University of Tehran. Email: Banihabib@ut.ac.ir
2- M.Sc. Student in Water Resources Engineering, Department of Irrigation and Drainage, College of Aburaihan, University of Tehran.
3- Ph.D. Student in Economy, Department of Economy, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Ferdowsi University of Mashhad.
4- Ph.D. Student in Water Resources Engineering, Department of Irrigation and Drainage, College of Aburaihan, University of Tehran.
*- Corresponding Author

## ۱- مقدمه

با توجه به مسائلی مانند توسعه اقتصادی، رشد پیوسته جمعیت، توزیع نامتناسب منابع آبی در سطح جهان و پدیده تغییراقلیم، اکثر کشورها به نوعی با مشکلات مرتبط با منابع آب دست و پنجه نرم می‌کنند (Stavenhagen et al., 2018; Yang et al., 2018; Mapani et al., 2018). در مورد کشور ایران، بخش عمده‌ای از کشور در مناطق خشک و نیمه‌خشک اقلیمی قرار گرفته است. این عامل محدودکننده، خود مانع از گسترش اراضی برای کاشت محصولات کشاورزی می‌شود. بنابراین برای حفظ منابع آب و تولیدات کشاورزی در سطح حاضر، باید منابع موجود به بهترین شکل ممکن مدیریت شوند. یکی از راهبردهایی که کارایی آن در مدیریت منابع آب پیشنهاد شده است، راهبرد مدیریت آب مجازی معرفی شده توسط Allan (1998) است. آب مجازی اشاره به مقدار آبی دارد که در طول زنجیره تولید کالا استفاده شده و در محصول نهایی به شکل پنهان وجود دارد. حال در صورتی‌که این کالا از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر صادر شود، آب مجازی نیز به این شیوه مبادله خواهد شد. در نتیجه آب مجازی محصولات می‌تواند تعیین‌کننده این باشد که منطقه مورد مطالعه صادرکننده یا واردکننده آب مجازی بوده است یا خیر (Safi and Mirlatifi, 2015). باید توجه داشت که دید تک‌بعدی به موضوع مبادله آب مجازی، می‌تواند تنها بعد زیست محیطی مسأله را مورد توجه قرار دهد اما بعد اقتصادی- اجتماعی این تبادل نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در راستای اهداف برنامه ششم توسعه مبتنی بر افزایش در تولید محصولات کشاورزی، طراحی صحیح الگوی کشت به منظور دستیابی به بیشترین تولید و افزایش درآمد ضروری است (The Sixth Development Plan Act, 2016).

با توجه به تقاضای در حال افزایش محصولات کشاورزی در کشور، استفاده بهینه از منابعی چون آب، ضرورتی انکارناپذیر است. درصورتی‌که از منابع آب موجود، استفاده بهینه شود، علاوه بر تأمین تقاضای جامعه به عنوان هدفی کلان، افزایش درآمد کشاورزان نیز به دنبال آن تأمین می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در بررسی تبادل آب مجازی، باید مقدار بهینه تولید کالا (در اینجا محصولات کشاورزی) و درآمد ناشی از آن برای بهره‌برداران حوضه نیز مد نظر قرار گیرد. تاکنون مطالعات مختلفی در زمینه بررسی آب مجازی و مباحث پیرامون آن انجام شده است که در ادامه به مرتبط‌ترین آن‌ها با هدف پژوهش اشاره می‌شود.

برای بهینه‌سازی الگوی کشت، اهداف بهینه‌سازی مختلفی قابل تعریف هستند که می‌توانند تک‌هدفه (Pant et al., 2010) یا چندهدفه (Márquez et al., 2011; Banihabib et al., 2017; Asaadi-Mehrabani et al., 2018) باشند. Sadat Hosseini et al. (2016) در پژوهشی به تعیین الگوی کشت بهینه محصولات زراعی با تأکید بر بیشینه کردن منافع اجتماعی و واردات خالص آب مجازی پرداختند. در این راستا ایشان از روش برنامه‌ریزی خطی استفاده کردند که محدودیت‌های آن با دو محدودیت مقدار آب و زمین تعریف شده بود. نتایج این پژوهش نشان داد که می‌توان با اجرای مدل توسعه‌یافته با تأکید بر حداکثر منافع اجتماعی[1] و خالص واردات آب مجازی، به یک الگوی بهینه در جهت سود اجتماعی بیشتر و مصرف آب کمتر دست یافت. در پژوهشی توسط Reed and Alamri (2019) تبادل آب مجازی کشور عربستان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در طی دوره مورد بررسی (سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶) این کشور عمدتاً واردکننده آب مجازی بوده و این امر توانسته است تا موجب کاهش ۵۴ درصدی فشار بر منابع آبی این کشور شود. Sabouhi and Soltani (2008)، در پژوهشی تحت عنوان "بهینه‌سازی الگوهای کشت در سطح حوضه آبریز با تأکید بر منافع اجتماعی و واردات خالص آب مجازی منطقه خراسان" به ارائه مدلی برای بهینه‌سازی الگوهای کشت در سطح حوضه آبخیز پرداختند. آنان در مطالعه خود بر منافع اجتماعی به‌واسطه استفاده مناسب از آب آبیاری در دسترس و جهت‌دهی الگوی بهینه کشت در راستای بیشینه‌سازی خالص واردات آب مجازی تأکید داشتند. نتایج مطالعه الگوی بهینه کشت در سطح حوضه را حسب بیشینه شدن منافع اجتماعی، کمینه شدن استفاده از آب آبیاری و بیشینه شدن واردات خالص آب مجازی نشان داد. Shahidi and Morovatneshan (2017) از طریق تکنیک بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک[2]، به مدیریت آب کشاورزی با رویکرد آب مجازی اقدام کردند. در این تحقیق با استفاده از مدل بیلان آب زیرزمینی، معادلات مورد نیاز برای تخمین سطح عمق آب آبیاری تعیین شده و سپس تابع هدفی که بر پایه مفهوم آب مجازی و تابع استوارت می‌باشد، ایجاد شد. در این مطالعه با استفاده از الگوریتم ژنتیک، الگو و تراکم بهینه کشت محصولات زراعی در چهار سناریو بررسی شد. در این تحقیق بر خصوصیات ویژه این الگوریتم از جمله محاسبات کم‌تر و کارآیی بیش‌تر آن تأکید شده و براساس نتایج مدل، الگوی کشت مورد استفاده در دشت بیرجند متناسب با شرایط اقلیمی، محیطی و منابع در دسترس نبوده و میزان مصرف آب در این دشت با مقدار بهینه خود تفاوت زیادی دارد. در مطالعه‌ای توسط Ye et al. (2018) تخصیص بهینه منابع آب و تجارت آب مجازی در مناطق خشک از طریق یک مدل بهینه‌سازی چندهدفه مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش مدل بهینه‌سازی با هدف حداقل کردن اثرات زیست محیطی و حداکثرکردن سود اقتصادی

هر واحد آب بود. نتایج تحقیق نشان داد که مقوله تجارت آب مجازی، سبب افزایش ۲۴ درصدی اختصاص منابع آب برای تولید کالاهای موجود در این تجارت شده که سهم قابل توجهی از تخصیص آب را به خود اختصاص می‌دهد.

با توجه به بررسی پیشینه تحقیق ارائه شده، موضوعی که جای خالی آن در مطالعات دیده می‌شود، عدم بررسی مباحث اقتصادی مرتبط با آب مجازی است. به بیانی دیگر علاوه بر هزینه کالای تولید شده، درآمد ناشی از آن به همراه آب مصرفی محصولات برای توجیه‌پذیری یک تبادل سودآور (بهینه) حائز اهمیت است. پس لازم است علاوه بر بررسی تبادل آب مجازی و تعیین این که محدوده مورد مطالعه واردکننده یا صادرکننده آب مجازی است، تحلیل‌های اقتصادی که جزء جدایی‌ناپذیر هر نوع از تبادل هستند نیز انجام شود. برگزیدن تصمیم‌های اثربخش در زمینه تولید و و مبادله یک محصول، نیازمند آگاهی از کشش قیمتی و وجود تقاضا برای آن محصول است. وقتی الگوی تولید تغییر می‌کند و تولید یک محصول افزایش یا محصولی دیگر کاهش می‌یابد، ساختار قیمت‌ها تغییر می‌کند. محصولی که کم‌تر تولید شده با افزایش قیمت و محصولی که بیش‌تر تولید شده، با کاهش قیمت مواجه می‌شود که این امر، روی حاشیه سود کشاورز تأثیر می‌گذارد. بنابراین به دلیل وجود نوسانات قیمتی در یک محصول، نیاز است تا به شیوه‌ای آن را با دنیای واقعی و آنچه که در بازار رخ می‌دهد منطبق کرد. یکی از این روش‌ها اعمال کشش قیمتی بر کالای تولیدی است. بنابراین، پژوهش حاضر با استفاده از مدل بهینه‌سازی کلاسیک خطی و تحت سناریوهای مختلف، به حداکثر کردن درآمد حوضه با تعیین الگوی بهینه تولید و صادرات و واردات محصولات از منظر آب مجازی پرداخته است. با مرور پیشنیه‌کارهای انجام شده و ضرورتی که از منظر لحاظ کردن معیارهای اقتصادی در بحث تولید و مبادله کالا بیان شد، وجه تمایز و نوآوری این تحقیق با سایر تحقیق‌های انجام شده در این زمینه بهینه‌سازی سود اقتصادی بخش کشاورزی تحت شرایط کشش قیمتی برای مبادلات آب مجازی می‌باشد تا نتایج را بیش از پیش با واقعیت موجود سازگارتر نماید.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز دریاچه ارومیه از نظر درجه‌بندی در زمره حوضه‌های آبخیز درجه ۱ به شمار می‌رود که دارای مساحت تقریبی ۵۲۰۰۰ کیلومتر مربع است (Farokhnia and Morid, 2014). براساس تقسیم‌بندی وزارت نیرو شش حوضه آبخیز اصلی در کشور (براساس مساحت زهکش آن‌ها) تعریف شده است که مجموع این شش حوضه برابر با مساحت کشور می‌باشد. حوضه آبخیز دریاچه ارومیه در سه استان آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی و کردستان و در میان عرض‌های جغرافیایی ۳۵ درجه تا ۳۹ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۴ درجه تا ۴۸ درجه شرقی واقع شده است (شکل ۱). حوضه آبخیز دریاچه ارومیه مشتمل بر ۶۵ درصد مناطق کوهستانی، ۲۵ درصد کوهپایه و ۱۰ درصد دشت است. ازنظر وسعت این حوضه تنها ۳/۲ درصد سطح ایران را شامل می‌شود و در حدود ۶/۸ درصد از کل بارندگی کشور در آن اتفاق می‌افتد. بیش از ۶۰ درصد مساحت حوضه در مناطق کوهستانی واقع شده است. از نظر اقلیمی، این منطقه دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های نسبتاً معتدل است. حداکثر بارش در حوضه در فروردین و یا اردیبهشت‌ماه و حداقل آن در مردادماه رخ می‌دهد. میانگین درجه حرارت سالانه حوضه از حدود ۱۱ درجه در مجاورت دریاچه تا حدود ۲/۵ درجه سانتیگراد در ارتفاعات سهند و سبلان متغیر است (Jamab Consulting Engineers, 2005).

### ۲-۲- روش تحقیق

در پژوهش حاضر، داده و اطلاعات مورد نیاز از مراجع مختلفی جمع‌آوری شد (جدول ۱). پس از انجام محاسباتی چون محاسبه آب مجازی، به تدوین مدل بهینه‌سازی و تهیه سناریوها اقدام شد. سپس با اجرای مدل بهینه‌سازی تدوین شده، مقدار بهینه تولید، واردات خالص و سود خالص بهینه‌سازی در سناریوهای مختلف تعیین و مقایسه گردیدند. در ادامه این بخش به روش کار و نحوه تدوین مدل بهینه‌سازی اشاره می‌شود.

#### ۲-۲-۱- محاسبه آب مجازی

آب مجازی یک گیاه براساس نسبت مقدار نیاز آبی گیاه (مترمکعب بر تن) به عملکرد محصول (تن بر هکتار) به‌دست می‌آید که رابطه آن به قرار زیر است (Ehsani et al., 2009):

$$VW_i = \left(\frac{\overline{CWR_i}}{\lambda_i}\right) \qquad (۱)$$

که در آن $VW_i$ آب مجازی برای هر محصول به واحد مترمکعب در تن، $\overline{CWR_i}$ نیاز آبی هر گیاه به واحد مترمکعب در هکتار و $\lambda_i$ راندمان محصولات است. همچنین رابطه راندمان به قرار زیر می‌باشد.

$$\lambda_i = \frac{W_i}{h_i} \qquad (۲)$$

که در آن $\lambda_i$ عملکرد هر محصول (تن در هکتار)، $W_i$ وزن هر محصول (تن) و $h_i$ مساحت مربوط به هر محصول (هکتار) است.

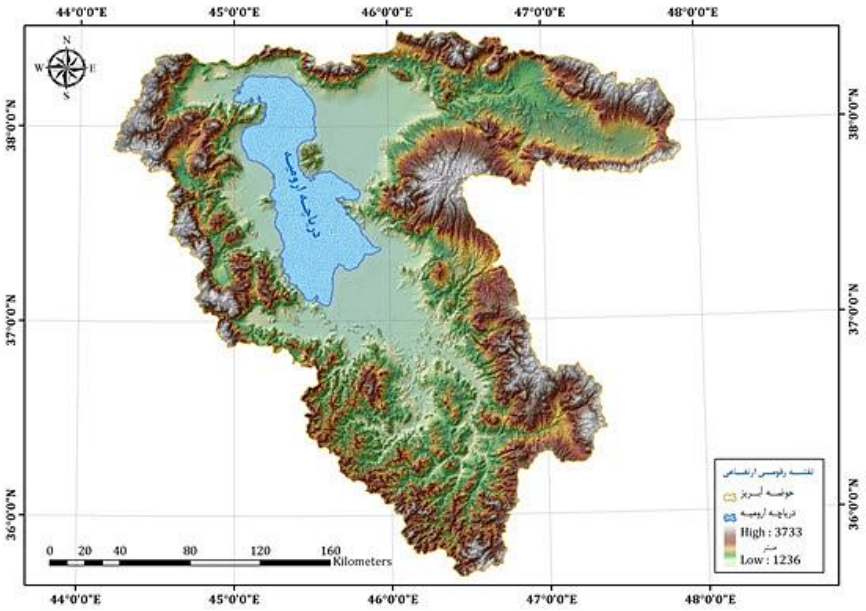


**Fig. 1- Location of Lake Urmia watershed (ULRP, 2016)**

**شکل ۱- موقعیت حوضه آبخیز دریاچه ارومیه (ULRP, 2016)**

**Table 1- Information and data used in the research**

**جدول ۱- اطلاعات و داده‌های مورد استفاده در پژوهش**

| Data type | Year | Source |
|---|---|---|
| Net irrigation requirement | - | NETWAT Software |
| The cost of agricultural production | 2016 | Ministry of Agriculture Jahad- Agricultural Planning, Economic and Rural Development Research Institute |
| The sale price of agricultural products | 2016 | Statistical Center of Iran- Sale price of agricultural products and services |
| Import and export of agricultural products | 2008-2016 | Ministry of Roads and Urban Development- Department of Transportation and terminals |

### ۲-۲-۲- بهینه‌سازی خطی

تاکنون مدل‌های ریاضی مانند برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی، کاربرد و سودمندی فراوانی را برای دستیابی به اهداف از خود نشان داده‌اند. با این وجود اغلب توابع هدف سود کشاورزی به علت نسبت سود هر محصول با مساحت آن، به صورت خطی هستند (Sadat Hosseini et al., 2016). در این پژوهش، به منظور حداکثرکردن درآمد حاصل از تبادل آب مجازی محصولات کشاورزی حوضه دریاچه ارومیه، مدل بهینه‌سازی خطی زیر در نرم‌افزار MATLAB به شکل رابطه ۳ تدوین شد:

$$\text{MAX: } NB^{\pm} = \sum_{i=1}^{n} B_{Ei}(wi) + \sum_{i=1}^{n} C_{ui}(wi) - \sum_{i=1}^{n} C_{Ii}(wi) - \sum_{i=1}^{n} C_{pi}(wi) \quad (۳)$$

که در این رابطه $NB^{\pm}$ درآمد خالص حوضه، $B_{Ei}$ درآمد ناشی از صادرات محصول i به خارج از حوضه، $C_{ui}$ درآمد ناشی از فروش محصول در داخل حوضه i، $C_{Ii}$ هزینه واردات کالای i از سایر استان‌ها و خارج از کشور، $C_{pi}$ هزینه تولید کالای i و wi آب مجازی محصول i است.

همچنین هر یک از مؤلفه‌های رابطه ۳ به‌صورت زیر تعریف شده‌اند (روابط ۴ الی ۷):

$$B_{E_i} = P_{1_i} \times M_{1_i} \quad (۴)$$

$$C_{u_i} = P_{2_i} \times M_{2_i} \quad (۵)$$

$$C_{I_i} = P_{3_i} \times M_{3_i} \quad (۶)$$

$$C_{P_i} = P_{4_i} \times M_{2i} \quad (۷)$$

که در آن و $P_{1_i}$ قیمت محصولات کشاورزی برای صادرات (ریال)، $P_{2_i}$ قیمت محصولات کشاورزی برای فروش در داخل حوضه (ریال)، $P_{3_i}$

هزینه محصولات کشاورزی برای واردات (ریال)، $P_{4_i}$ هزینه تولید محصولات کشاورزی (ریال)، $M_{1i}$، مقدار محصولات صادراتی از حوضه (تن)، $M_{2i}$، مقدار محصولات تولیدی در حوضه (تن)، $M_{3_i}$، مقدار محصولات وارداتی به حوضه (تن) می‌باشد.

**۲-۲-۲-۱- قیدهای بهینه‌سازی**

به منظور بهینه کردن مصرف آب مجازی و درآمد بیش‌تر، سه نوع محدودیت در قالب قیدهای اول، دوم و سوم به شکل زیر در نظر گرفته شد:

**۲-۲-۲-۲- قید اول: مقدار آب مجازی مصرفی حوضه**

مقدار آب مجازی مصرفی حوضه ($W_{ui}^{\pm}$) از رابطه ۸ براساس مقدار آب مجازی کالای وارداتی به حوضه ($W_{Ii}$)، مقدار آب مجازی صادراتی از حوضه ($W_{Ei}$) و مقدار آب مجازی کالای تولید حوضه ($W_{Pi}$) تعیین می‌شود. لازم به ذکر است که آب مجازی هریک از محصولات کشاورزی از طریق رابطه ۱ محاسبه شده و مقدار واردات یا صادرات آن‌ها نیز براساس آمارنامه‌های ارائه شده از جدول ۱ بدست آمد.

$$w_{ui}^{\pm} = w_{Ii} - w_{Ei} + w_{pi} \quad i=1,2,\ldots,n \qquad (۸)$$

**۲-۲-۲-۳- قید دوم: مقدار آب قابل دسترس حوضه**

آب قابل‌دسترس یکی از مهمترین پارامترهای مهم در مسائل بهینه‌سازی می‌باشد. همیشه نمی‌توان به مقدار دلخواه آب در دست داشت و این موضوع می‌تواند یک محدودکننده اساسی در تخصیص و تبادلات آب مجازی باشد. بنابراین سناریوهای مختلف آب قابل دسترس در این تحقیق بررسی شده است. با توجه به مقدار آب مجازی در هر کالا اعم از کالاهای وارداتی، صادراتی و تولیدی، می‌توان مقدار آب قابل در دسترس در هر کالا را با استفاده از رابطه ۹ تعیین کرد:

$$AW^{\pm} = \sum_{i=1}^{n} W_{Ei} + \sum_{i=1}^{n} W_{Pi} - \sum_{i=1}^{n} W_{Ii} \qquad (۹)$$

در این رابطه $W_{Ii}$ مقدار آب مجازی کالای وارداتی حوضه i (مترمکعب)، $W_{Ei}$ مقدار آب مجازی کالای صادراتی حوضه i (مترمکعب)، $W_{pi}$ مقدار آب مجازی کالای تولیدی حوضه i (مترمکعب)، AW آب قابل دسترس (مترمکعب) می باشد. متوسط مقدار آب قابل در دسترس در دوره مورد بررسی (۲۰۱۶-۲۰۸۸)، ۲/۲۶ میلیارد مترمکعب برآورد شده است.

**۲-۲-۲-۴- قید سوم: بازه افزایش یا کاهش مقدار تولید**

در این قسمت با توجه به یافته‌های Hadinezhad (2016)، سیاست‌های تغییر الگوی کشت محصولات کشاورزی حوضه آبخیز دریاچه ارومیه، در محدوده‌هایی که در جدول ۲ به آن‌ها اشاره شده قابل بررسی است.

سیاست تغییرالگوی کشت اول (مطابق جدول ۲): محدودیت مربوط به سناریوهای ۱ تا ۶ در جدول ۴ می‌باشد. این محدودیت با در نظر گرفتن محصولات راهبردی و محصولاتی که قابلیت تولید در منطقه را دارند در نظر گرفته شده است. مقدار تولید هر محصول را نمی‌توان به یک باره از بین برد یا چندین برابر کرد زیرا برای اجرای بهینه‌سازی بسیار اهمیت دارد که بهینه‌سازی انجام شده نزدیک به واقعیت موجود حوضه باشد و تغییری که پیشنهاد می‌دهد، تغییری باشد که توانایی اجرایی شدن آن در کوتاه مدت (مثلاً یک برنامه پنج سال) وجود داشته باشد.

سیاست تغییرالگوی کشت دوم (مطابق جدول۲): محدودیت مربوط به سناریوهای ۷ تا ۱۲ در جدول ۴ می‌باشد. در این سناریوها محدوده تولید همه محصولات بین ۰/۱ تا ۱۰ برابر برای میان مدت (مثلاً تا پایان برنامه ۵ ساله دوم طرح) در نظر گرفته شده است.

سیاست تغییرالگوی کشت سوم (مطابق جدول۲): محدودیت مربوط به سناریوهای ۱۳ تا ۱۸ در جدول ۴ می‌باشد. در این سناریوها هیچ محدودیتی برای محصولات در نظر گرفته نشده و این سناریو جهت پیدا کردن ایده‌آل‌ترین حالت برای حداکثر نمودن درآمد حوضه با محدودیت‌های آبی در نظر گرفته شده می‌باشد و اجرای آن در دراز مدت ممکن است با توجه به محدودیت منابع آب حوضه ضرورت پیدا می‌کند. جزییات سناریوهای ذکر شده در بالا، در قسمت سناریوها و جدول ۴ توضیح داده شده است.

**۲-۲-۲-۵- قید چهارم: محدودیت تغییر سطح زیرکشت**

با توجه به این موضوع که از نظر شرایط محیطی و قابلیت اراضی، امکان افزایش اراضی تحت کشت به مقدار بیش از آنچه که در حال حاضر وجود دارد امکان‌پذیر نیست، بنابراین قیدی می‌بایست لحاظ شود تا سطح زیرکشت بهینه را محدود کند. این قید به صورت رابطه ۱۰ تعریف می‌شود. شایان ذکر است که نوع محصول تولیدی ممکن است براساس جواب بهینه‌سازی با شرایط حال حاضر متفاوت باشد اما باید در نظر داشت که مقدار وسعت آن نمی‌تواند از شرایط حاضر بیش‌تر شود.

**Table 2- The policy of changing the pattern of cultivation, Product classification and Restrictions Imposed (Hadinezhad, 2016)**

**جدول۲- سیاست‌های تغییر الگوی کشت، طبقه‌بندی محصولات و محدودیت‌های اعمال شده (Hadinezhad, 2016)**

| The policy of changing the pattern of cultivation | Agricultural products | Restrictions imposed | Description |
|---|---|---|---|
| The first policy | Wheat, vegetables (carrots, coriander, eggplant, lettuce, cabbage, other vegetables), barley, forage (corn, straw, clover, alfalfa, other), corn | 0.9< limitation <1.2 | This restriction considered because of followed reasons: - strategic nature of wheat, barley and fodder products, - fresh consumption of vegetables and the difficulty of transportation, - low economic benefit in the event of move for vegetables. |
| | Kiwi, rice, olive, citrus fruits (lemon, orange, mandarin and other citrus fruits) | Limitation = Basin consumption | Due to the high water consumption of these products and water resources problems in Urmia lake basin, assumed that imports values are same as base year. Other reasons for this decision were zero production of these products, Unwillingness of farmers and low economic benefits |
| | Onion, sugar beet, kitchen garden (cucumber, watermelon, melon and other kitchen garden products), apple, oily seeds (soybeans), tomato, beans (peas, beans, peas, lentils), cantaloupe, pomegranate, plum, potato, apricot, hazelnut, cherry, sour cherry, grapes, walnut, peach, quincunx, almond, pistachios, medicinal plants (chamomile flowers, pink, ranak, zoufa, sarshir, serjom and mohammadi), mushroom, pear, fig, sumac, sea-buckthorn, mulberry, barberry, blueberries, hawthorn, nectarine | 0.5< limitation <2 | Because of price elasticity, this restriction considered |
| The second policy | All products | 0.1< limitation <10 | In the medium term, it is possible to modify the limitations of the first policy, but it is not possible to remove the restriction as the third policy. |
| The third policy | All products | Unlimited | This policy can be taken in the long term to achieve maximum production and consumption in the region. |

$$\sum A_i \le A_t \qquad (۱۰)$$

$$A_i > 0 \qquad (۱۱)$$

که در آن $A_i$ سطح زیرکشت محصول i بر حسب هکتار و $A_t$ کل سطح زیرکشت محصولات مختلف (هکتار) است. شایان ذکر است که محدودیت‌های لحاظ شده در این تحقیق همگی مثبت می‌باشند زیرا برای نمونه، منفی شدن سطح زیرکشت بی‌معنی خواهد بود.

**۲-۲-۳- کشش قیمتی**

کشش قیمتی به مفهوم درصد تغییر در مقدار تقاضا در مقایسه با درصد تغییر در قیمت بالاتر ارائه شده که رابطه ریاضی آن به صورت رابطه ۱۲ بیان می‌گردد (Rouzbehan, 1997).

$$E_p = \frac{\Delta Q}{\Delta P} * \frac{P}{Q} \qquad (۱۲)$$

که در این در این فرمول $\Delta Q$ تغییر در مقدار محصول و $\Delta P$ تغییر در قیمت آن است. بر اساس مقدار کشش قیمت تقاضا، کالاها را به کالاهای کم‌کشش، باکشش، بی‌کشش و غیره تقسیم می‌کنند. در این مطالعه، بنابریافته‌های پژوهش Sabouhiand Ahmadpoor (2012) کشش قیمتی محصولات مورد بررسی در جدول ۳ ارائه می‌شود.

**۲-۳- سناریوها**

در این پژوهش، در مجموع ۱۸ سناریو تعریف شد (جدول۴). معیارهای تعریف سناریوها، سیاست‌های تغییر الگوی کشت، درصد مقدار آب مصرفی و قیمت محصول است. از سناریوی ۱ تا ۶، سیاست تغییرالگوی کشت نخست، . از سناریوی ۷ تا ۱۲، سیاست تغییرالگوی کشت دوم و از سناریوی ۱۳ تا ۱۸، سیاست تغییرالگوی کشت سوم حاکم است. هریک از این سیاست‌ها می‌تواند در شرایطی بررسی شوند که مقدار آب در دسترس برابر حال حاضر، ۲۰ درصد و ۴۰ درصد کم‌تر از حال حاضر باشد. سپس هریک از این سیاست‌های الگوی

کشت و آب دردسترس نیز می‌توانند در شرایطی بررسی شوند که قیمت محصول کشاورزی به صورت ثابت یا با اعمال کشش قیمتی باشد. برای مثال سناریوی ۱۵ را سناریویی می‌توان تشریح کرد که در آن هیچگونه محدودیت سطح زیرکشت وجود ندارد، مقدار آب در دسترس ۲۰ درصد کم‌تر از حال حاضر و قیمت محصولات با قیمت ثابت می‌باشد. لازم به ذکر است که در گزارش ارائه شده توسط ستاد احیای دریاچه ارومیه تأکید شـده است که بـرای احیای ایـــن دریـاچه، کاهش ۴۰ درصدی مصرف آب، می‌تواند مؤثرترین اقدام تلقی شود (ULRP, 2016). این موضوع خود دلیل دیگری بر تعریف این سناریو می‌باشد. در گام بعدی نیز هر یک از شرایط در دسترس بودن آب، با دو حالت قیمت محصول ثابت و تحت اعمال کشش تحلیل شد. هدف از اعمال کشش همخوانی بیش‌تر سناریوهای اتخاذ شده با شرایط واقعی (اثرات عرضه و تقاضا در قیمت محصولات کشاورزی) است.

**Table 3-Demand price elasticity for studied agricultural products (SabouhiandAhmadpoor, 2012)**

**جدول ۳- کشش قیمتی تقاضا برای محصولات کشاورزی مورد مطالعه (SabouhiandAhmadpoor, 2012)**

| Agricultural products | Stretch price demand | Agricultural products | Stretch price demand |
|---|---|---|---|
| Sugar beet, wheat, oily seeds (soybeans), barley, forage (corn, straw, clover, alfalfa, other), corn, rice | -0.927 | Apple, Citrus fruits (lemon, orange, mandarin and other citrus fruits), Pomegranate, Plum, Apricot, Cherry, Sour Cherry, Grapes, Peach, Quincunx, pear, Fig, mulberry, Blueberries, Hawthorn, Nectarine, Kiwi | -0.955 |
| Onion, tomato, vegetables (carrots, coriander, eggplant, lettuce, cabbage, other vegetables), potato, mushroom, olive | -0.876 | Hazelnut, Walnut, Almond, Pistachios, Sumac, Sea-buckthorn, Barberry, Medicinal plants (Chamomile flowers, Pink, Ranak, Zoufa, Sarshir, Serjom and Mohammadi) | -0.442 |
| Kitchen garden (cucumber, watermelon, melon and other kitchen garden products), cantaloupe | -0.803 | Beans (peas, beans, peas, lentils) | -0.528 |

**Table 4- Developed scenarios**

**جدول۴- سناریوهای تدوین شده**

| Scenario Number | The policy | The percentage of water available | The price |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 100 | Fixed price |
| 2 | | | Price by applying price elasticity |
| 3 | | 80 | Fixed price |
| 4 | | | Price by applying price elasticity |
| 5 | | 60 | Fixed price |
| 6 | | | Price by applying price elasticity |
| 7 | 2 | 100 | Fixed price |
| 8 | | | Price by applying price elasticity |
| 9 | | 80 | Fixed price |
| 10 | | | Price by applying price elasticity |
| 11 | | 60 | Fixed price |
| 12 | | | Price by applying price elasticity |
| 13 | 3 | 100 | Fixed price |
| 14 | | | Price by applying price elasticity |
| 15 | | 80 | Fixed price |
| 16 | | | Price by applying price elasticity |
| 17 | | 60 | Fixed price |
| 18 | | | Price by applying price elasticity |

## ۳- بحث و نتایج

پس از اعمال شرایط گفته شده در جدول ۴ به مدل بهینه‌سازی، نتایج بهینه‌سازی سناریوها برای تمامی محصولات کشاورزی تولیدی حوضه بدست آمدند. به منظور تحلیل بهتر هر یک از سناریوها و نتایج حاصل شده، محصولات در دو دسته محصولات زراعی و باغی تقسیم‌بندی شدند. در شکل ۲، نمودار نتایج بهینه‌سازی آب مجازی برای تولید محصولات زراعی در سناریوهای مختلف نشان داده شده است.

با توجه به شکل ۲، بهینه‌سازی آب مجازی برای تولید محصولات زراعی در تمامی سناریوها با آب مجازی برای تولید محصولات زراعی در حال حاضر متفاوت است. در این بین محصولات زراعی پیاز، گندم، چغندر قند، حبوبات، جو، علوفه و قارچ، بیش‌ترین تغییرات را (با اعمال سناریوها) از خود نشان داده‌اند. در مورد محصول پیاز، در تمامی سناریوها به غیر از سناریوهای ۵، ۶ و ۷ سناریوی آخر، تولید این محصولات افزایش پیدا کرده است زیرا صرفه اقتصادی هر واحد از آب مجازی برای این محصول بالا بوده و افزایش تولید آن سبب افزایش درآمد کشاورزان حوضه (هدف مدل بهینه‌سازی) می‌شود. این درحالی است که در سناریوهایی که در آن‌ها کاهش تولید دیده می‌شود، مقدار آب دردسترس به ۶۰ درصد حال حاضر تقلیل یافته یا محدودیتی برای تولید محصول در نظر گرفته نشده است (سناریوهای ۱۳ الی ۱۸). برای محصول گندم، مدل بهینه‌سازی در تمامی سناریوها کاهش تولید تعیین کرده است. تا سناریوی ششم به‌دلیل اینکه محدودیت تولید بین ۰/۹ تا ۱/۲ بوده است، نرخ کاهش کم‌تر است ولی در سیاست دوم به مدل اجازه داده شده تا تولید ۹۰ درصد هم کاهش یابد و به دلیل صرفه اقتصادی اندک گندم به ازای هر واحد آب مجازی، تولید بسیار کاسته شده است. برای حبوبات نیز همین روند کاهشی وجود دارد. برای محصول قارچ شرایط بسیار متفاوت است بدین نحو که تا سناریو دوازدهم مقدار آب مجازی این محصول در حوضه ۱۲۵۰۰۰ تا ۶۲۸۰۰۰ مترمکعب متغیر است و ناگهان از سناریو ۱۳، ۲/۲۶ میلیارد مترمکعب مصرف آب مجازی این محصول افزایش یافته است. دلیل این موضوع عدم محدودیت تولید و صرفه اقتصادی بالای آن است و بنابراین صرفه اقتصادی در اینجا افزایش تولید این محصول است. از این نمودار استنباط می‌شود که برای اکثر محصولات زراعی، مقدار تولید محصولات در تمامی سناریوها باید کاهش یابد. این شرایط برای محصولی چون پیاز متفاوت است و به دلیل ارزش اقتصادی نسبتاً بالایی که آب مجازی مصرفی آن دارد، مدل افزایش تولید آن را با شرایط منابع آب فعلی نشان داده است.

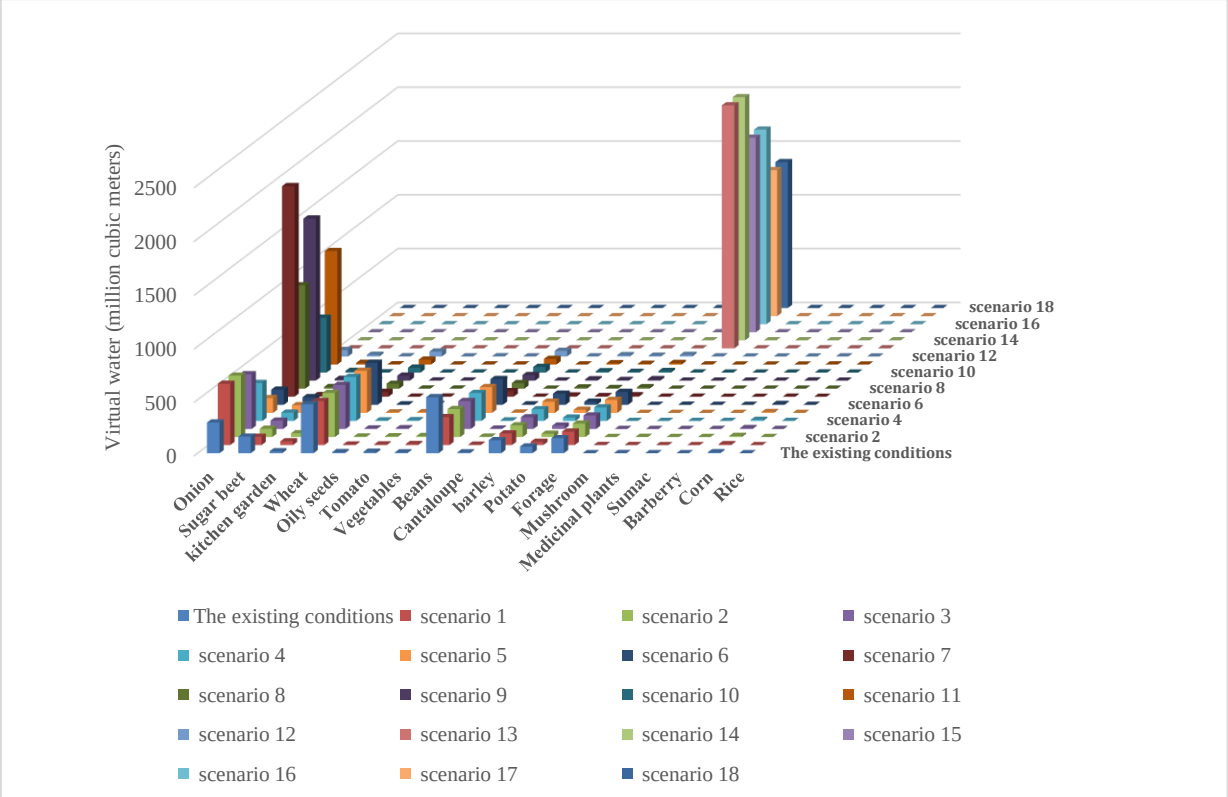


**Fig. 2- Diagram of virtual water change of crops produced under different scenarios**

**شکل ۲- نمودار تغییرات آب مجازی محصولات زراعی تولیدی تحت اعمال سناریوهای مختلف**

در شکل ۳ مقدار تولید محصولات باغی تحت سناریوهای مختلف نشان داده شده است. براساس شکل۳، برای اغلب محصولات نوسانات بسیار شدیدی در مقدار تولید مشاهده نمی‌شود. در این میان بیش‌ترین تغییرات برای محصولات سیب، انگور، زردآلو، توت و شلیل مشاهده می‌شود. در مورد محصول سیب، در سناریوهایی که کشش قیمتی بر آن اعمال شده‌اند، افزایش مصرف آب مجازی ناشی از افزایش تولید مشاهده می‌شود و این امر به این علت است که با توجه به شرایط قیمتی این محصول و تقاضا، مقدار بهینه تولید بیش از مقدار حال حاضر است. در سناریوهای ۸، ۱۰ و ۱۲ که سیاست الگوی کشت اجازه تولید تا ۱۰ برابر حال حاضر را می‌دهد، این مقدار به حداکثر خود می‌رسد. اما پس از آن که در سناریوهای بعدی محدودیت تولید برداشته می‌شود، به دلیل عرضه بیش‌تر و نبود تقاضا، مقدار تولید به کم‌ترین مقدار می‌رسد. در مورد محصولات انگور و زردآلو، در سناریوهای ۱ و ۲ مشخص شده است که حالت (درآمد) بهینه، در افزایش تولید حاصل می‌شود ولی از سناریو ۳ به بعد، به علت کاهش آب در دسترس و اعمال محدودیت‌های الگوی کشت، مقدار تولید روندی نزولی دارد. با توجه به این شکل، محصول توت در سناریوهای ۱ تا ۵ نسبت به حال حاضر افزایش تولید دارد ولی در سناریوی ۶ به‌دلیل کاهش شدید آب در دسترس (۶۰ درصد حال حاضر) و کاهش ارزش اقتصادی هر واحد آب، مقدار تولید بهینه کم‌تر از حال حاضر است. پس از آن نیز تا سناریو ۱۲ به علت اجازه افزایش تولید و با توجه به کشش قیمتی، مقدار تولید افزایش می‌یابد. برای محصول شلیل نیز در سناریوهای ۸، ۱۰ و ۱۲ به‌دلیل وجود تقاضا و همچنین محدودیت کشش اعمال شده، بیش‌ترین مقدار تولید دیده می‌شود. در مجموع در مورد تولید محصولات باغی، واقعی‌تر شدن قیمت محصولات با اعمال کشش قیمتی تقاضا، منجر به افزایش تولید محصولات با ارزش (از منظر هر واحد آب) مانند سیب شده است. بنابراین، این امکان وجود دارد که با واقعی‌تر شدن قیمت‌ها، تمرکز حوضه از افزایش محصولات زراعی، به سمت تولید محصولات باقی معطوف شود.

در ادامه نمودار مرتبط با واردات خالص محصولات زراعی ارائه می‌شود (شکل ۴). منظور از واردات خالص کسر صادرات هر محصول از واردات آن نسبت به حوضه است نه واردات و صادرات به مفهوم اصلی آن یعنی به داخل کشور. هدف از ارائه نمودارهای واردات خالص، مشخص شدن وضعیت واردات و صادرات حوضه، باتوجه به مقادیر بهینه به‌دست آمده در شرایط قیمت واقعی و اعمال کشش است.

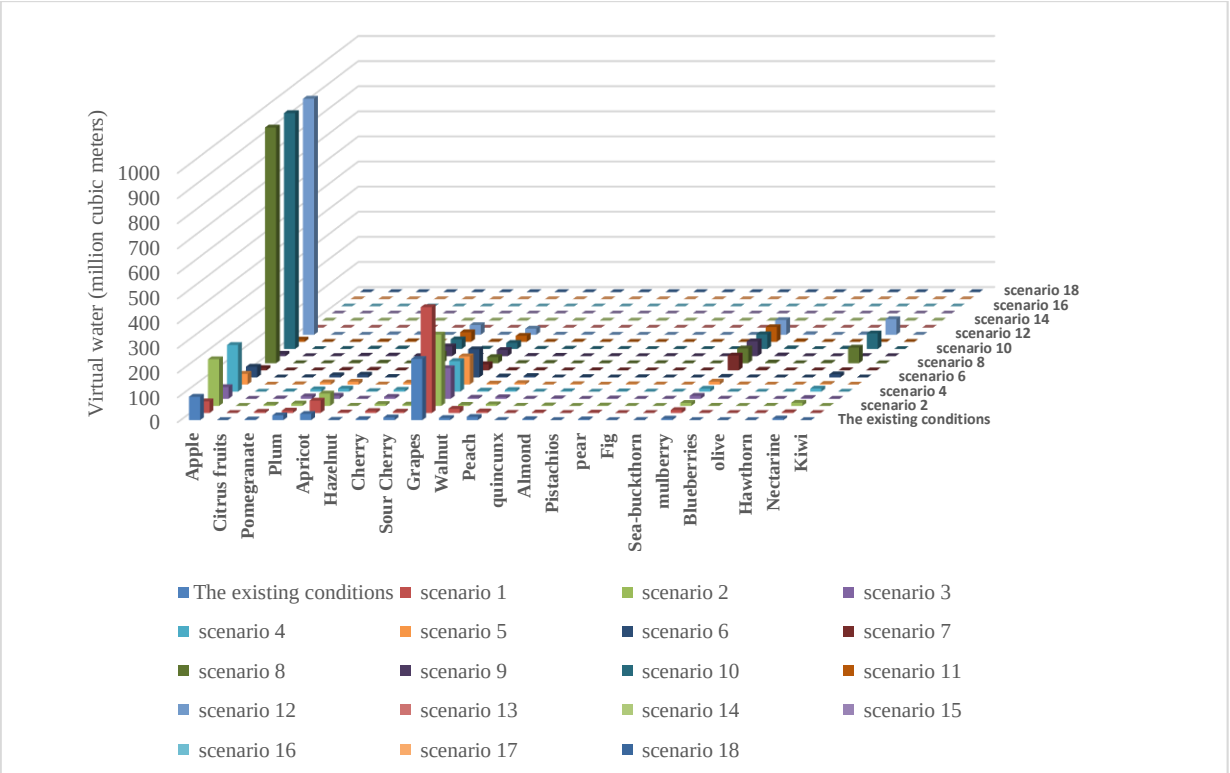


**Fig. 3- Diagram of virtual water change ofHorticulture Products under different scenarios**

**شکل ۳- نمودار تغییرات آب مجازی محصولات باغی تولیدی تحت اعمال سناریوهای مختلف**

با توجه به این نمودار، به تبعیت از نتایج بهینه‌سازی تولید، واردات خالص محصولات نیز دچار تغییرات شده‌اند. براساس این نمودار، درحال حاضر حوضه بطور عمده واردکننده محصولات زراعی (به جز پیاز و چغندرقند) است. همچنین لازم به ذکر است که مدل بهینه‌سازی به غیر از سه محصول پیاز، ذرت، قارچ و محصولات جالیزی (آن‌هم در برخی از سناریوها)، افزایش در واردات آب مجازی را نشان داده است. به عنوان مثال، برای محصول پیاز، در شرایط حاضر حوضه، صادرکننده این محصول است. در سناریوهای ۵، ۶ و ۱۲ الی ۱۸ شرایط بهینه در صادرات این محصول تعیین شده است. در مورد محصول گندم و حبوبات نیز روند افزایش واردات در طی سناریوها دیده می‌شود. همچنین شرایط بهینه برای محصول قارچ نیز به دلیل تولید زیاد در سناریوهای ۱۳ الی ۱۶، صادرات تعیین شده است. به عنوان یک قانون کلی، هرگاه تولید افزایش یابد، مقدار صادرات نیز افزایش یافته است. همچنین این شکل نشان می‌دهد که در مورد محصولی مانند برنج، مدل برای تأمین نیاز منطقه به‌دلیل عدم تولید در حوضه، توصیه به واردات این محصول کرده است که این موضوع خود می‌تواند به عنوان معیاری برای نشان دادن کارکرد صحیح مدل محسوب شود. در زمینه واردات خالص محصولات زراعی، برای تأمین نیاز حوضه لازم است تا واردات از خارج مرزهای حوضه انجام شود. با این‌کار از یک‌سو فشار بر منابع آب حوضه کاسته شده و از سوی دیگر محصولاتی که هر واحد آب آن‌ها درآمد اندکی را برای کشاورزان حوضه به دنبال داشته، از چرخه تولید در حوضه حذف می‌شوند.

به منظور بررسی واردات خالص محصولات باغی شکل ۵ ارائه می‌شود. در نمودار واردات خالص محصولات باغی، درحال حاضر محصول سیب صادرکننده آب مجازی به مقدار ۹۱/۵ میلیون مترمکعب است. در سناریوهای مورد بررسی، هرگاه کشش اعمال شده باشد، به غیر از سناریو ۶، مقدار صادرات نیز افزوده شده است و حداکثر به ۹۳۹/۹ میلیون مترمکعب رسیده است. اما در سناریوهای ۱۳ الی ۱۸، به‌دلیل نزدیک صفر شدن تولید، مدل برای تأمین نیاز حوضه پیشنهاد به واردات این محصول کرده است. درحال حاضر به مقدار ۲ میلیون مترمکعب آب مجازی توسط محصول انگور وارد حوضه می‌شود.

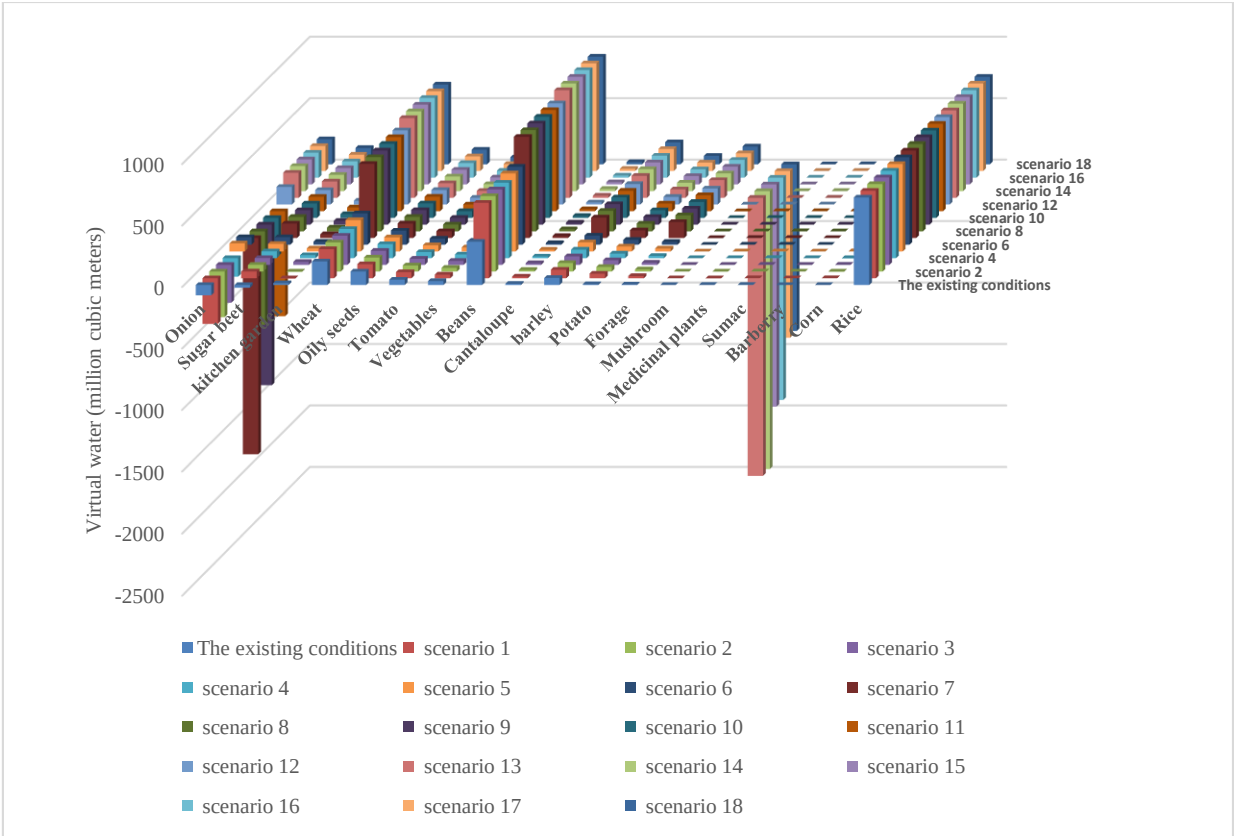


**Fig. 4- Diagram changes of net imports of virtual water crops affected by the application of various scenarios**

**شکل ۴- نمودار تغییرات واردات خالص آب مجازی محصولات زراعی تحت تأثیر اعمال سناریوهای مختلف**

در سناریوهای ۱ و ۲ که شرایط حاضر با قیمت ثابت و با اعمال کشش است، صادرات این محصولات مشاهده شده و در مابقی سناریوها واردات آن افزایش یافته است و در نهایت به عددی معادل ۲۴۹/۲ میلیون مترمکعب رسیده است. بطورکلی در مورد محصولات باغی نیز مدل پیشنهاد به واردات محصولات باغی کرده است اما نکته قابل توجه این است که به دلیل اینکه ارزش اقتصادی هر واحد آب در محصولات باغی نسبتاً زیاد است (خصوصاً در مقایسه با محصولات زراعی)، صادرات این نوع از محصولات کشاورزی از حوضه بیش‌تر از محصولات زراعی است. اما بطورکلی به‌دلیل محدودیت‌های منابع آب در دسترس حوضه، باید از تولید محصولات در حوضه کاسته شده و بر واردات آن‌ها افزوده شود.

با بررسی روند تغییرات تولید و واردات خالص آب مجازی برای ۴۱ محصول مورد مطالعه، ۱۲ رفتار متفاوت برای محصولات شناسایی شد (جدول ۵). بر این اساس محصولاتی که در طی سناریوهای بهینه‌سازی وجه مشترکی داشتند در یک گروه قرار گرفته‌اند (برای نمونه محصولاتی که ویژگی مشترک آن‌ها در افزایش تولید و صادرات دیده شد، در یک گروه قرار گرفتند). برخی از محصولات مانند گردو، رفتار منحصربه‌فرد خود را داشت و بنابراین در یک گروه مستقل تغییرات تولید و واردات خالص آن بحث شد.

### ۳-۱- میزان بهبود سود بخش کشاورزی ناشی از بهینه‌سازی

یکی دیگر از مزایای مدل بهینه‌سازی تدوین شده، بهبود مقدار سود حاصل از بهینه‌سازی در سناریوهای مختلف است. این مقدار سود به تفکیک سیاست‌های تغییر الگوی کشت به صورت شکل ۶ ارائه شده است. با توجه به شکل ۶ سود خالص بخش کشاورزی با کاهش مقدار آب در دستـــرس کـــــاهش می‌یابد زیرا با کم نمودن آب دردسترس،

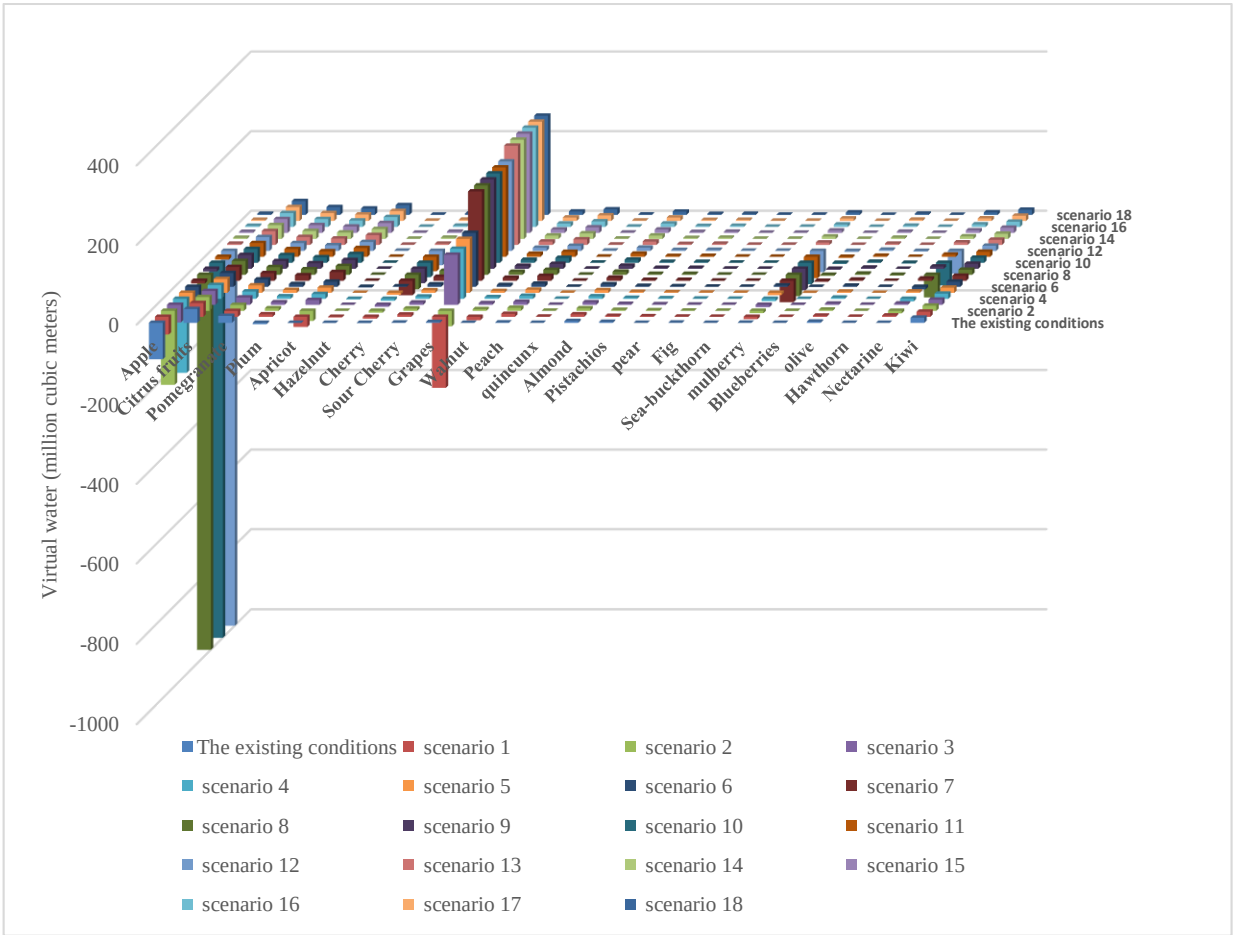


**Fig. 5- Diagram changes of net imports of virtual water Horticulture products affected by the application of various scenarios**

**شکل ۵- نمودار تغییرات واردات خالص آب مجازی محصولات باغی تحت تأثیر اعمال سناریوهای مختلف**

**Table 5- Classification of products under study based on net production changes and net exports of virtual water in the studied area**

**جدول ۵- طبقه‌بندی محصولات مورد مطالعه براساس تغییرات تولید و صادرات خالص آب مجازی در محدوده مورد مطالعه**

| Grouping | Agricultural products | Common Features |
|---|---|---|
| first group | Sugar beet, wheat, oily seeds (soybeans), tomato, beans (peas, beans, peas, lentils), cantaloupe, plum, barley, potato, sour cherry, forage (corn, straw, clover, alfalfa, other), peach, quincunx, almond, pear, fig, sumac, sea-buckthorn, barberry | In all scenarios, reductions in production and increase in imports. |
| The 2nd group | Citrus fruits (lemon, orange, mandarin and other citrus fruits), olive, kiwi, rice | Not producing and only imported. |
| The 3rd group | Blueberries, mushroom | Increasing in production and exports or reducing imports |
| The 4th group | Pistachios, medicinal plants (chamomile flowers, pink, ranak, zoufa, sarshir, serjom and mohammadi), apricot, grapes, pomegranate, kitchen garden (cucumber, watermelon, melon and other kitchen garden products) | In scenarios 1 and 2 Increasing in production and exports or reducing imports.<br>In other scenarios: decline in production and increase in imports |
| The 5th group | Mulberry, cherry | In all scenarios except scenario 6: increasing in production and exports.<br>In scenario 6: decreasing in production and increasing in imports |
| The 6th group | Nectarine, hawthorn | In all scenarios, price elasticity application leads to change in the production and net imports.<br>In general: decreasing in production and increasing in imports. By applying price elasticity, production and exports amount increased. |
| The 7th group | Onion | In all scenarios except scenarios 5, 6 and 12: increasing in production and exports. |
| The 8th group | Corn | In scenarios 2 and 4: increasing in production and exports while in other scenarios: decreasing in production and increasing in imports. |
| The 9th group | Walnut | In first scenario: increasing in production and exports while in other scenarios: decreasing in production and increasing in imports. |
| The 10th group | Hazelnut | In scenarios 1, 4 and 6: increasing in production and exports while in other scenarios: decreasing in production and increasing in imports. |
| The 11th group | Vegetables (carrots, coriander, eggplant, lettuce, cabbage, other vegetables) | In scenarios 1, 2 and 4: increasing in production and decreasing in imports while in other scenarios: decreasing in production and increasing in imports. |
| The 12th group | Apple | Except scenario 6, in all scenarios, the application of price elasticity leads to a change in the net production and import of the product.<br>In general: decreasing in production and exports but by performing price elasticity: increasing in production and exports except scenario 6. |

محصولات کشاورزی با راندمان اقتصادی پایین دیگر تولید نشده و با افزایش واردات (افزایش هزینه‌ها) و یا کاهش صادرات (کاهش میزان درآمد حوضه) نیاز منطقه تأمین می‌شود. اعمال کشش قیمتی روی سناریوها باعث واقعی‌تر شدن سناریوها به لحاظ اقتصادی می‌گردد. بر این اساس در سیاست الگوی کشت اول و با توجه به محدودیت لحاظ شده در آن، بیش‌ترین سود حاصل در سناریوی دوم (شرایط آب در دسترس حاضر و اعمال کشش) دیده می‌شود (۲۹/۱ درصد). در مقابل در سناریوی پنجم بدلیل وجود کم‌ترین آب در دسترس (۶۰ درصد آب در دسترس فعلی) و وجود قیمت ثابت، تولید محصول زیان‌ده خواهد بود (۵/۲- درصد). در سیاست الگوی کشت دوم (سناریوهای

۸، ۱۰ و ۱۲) نیز با اعمال کشش افزایش سودآوری رخ داده است. بیش‌ترین سوددهی در سناریوی هشتم (آب در دسترس ۱۰۰ و قیمت با اعمال کشش) با مقدار ۱۰۷/۱ درصد و کم‌ترین آن در سناریوی یازدهم (آب در دسترس ۶۰ و قیمت ثابت) با مقدار ۲۰/۱ درصد است. در سیاست الگوی کشت سوم برای دستیابی به نهایت تولید و مصرف در دراز مدت، محدودیت سطح کشت برداشته شده است. در این شرایط در سناریوی ۱۳ که مقدار آب در دسترس برابر با حال حاضر و قیمت ثابت فرض شده است، سود سناریو ۲۷۶/۵ درصد محاسبه شد. لازم به ذکر است که علت چنین موضوعی، افزایش تولید قارچ و اختصاص آب کل حوضه به این محصول است و این محصول با داشتن ارزش اقتصادی بالا و مصرف آب کم، اولویت اصلی برای تولید (در این سیاست) خواهد بود. در اینجا سود حاصل از اعمال کشش کم‌تر حالت با قیمت ثابت است زیرا با افزایش تولید مازاد بر نیاز حوضه، تقاضا برای محصول کم شده و قیمت آن نیز کاهش می‌یابد. در این سیاست الگوی کشت نیز کم‌ترین سوددهی (۳۸/۹ درصد)، به سناریو ۱۸ که دارای شرایط آب در دسترس ۶۰ درصد و اعمال کشش قیمتی است اختصاص یافت. شایان ذکر است که با اعمال سناریوی دوازدهم ۴۰ درصد از آب حال حاضر در حوضه ذخیره شده در حالی‌که از سویی دیگر سود حداکثر (۶۱/۹ درصد) در شرایط واقعی اقتصادی (اعمال کشش قیمتی) حاصل می‌شود. بنابراین با توجه به این واقعیت که سیاست دوم، در برگیرنده اقداماتی در بازه زمانی میان مدت بوده و اینکه ضمن حفظ حداکثری منابع آب حوضه به عنوان یک هدف اصلی و افزایش درآمد بخش کشاورزی به عنوان هدف دیگر را مورد توجه قرار دارد، این سناریو، مطلوب‌ترین گزینه پیشنهاد می‌شود.

با در نظرگرفتن سیاست دوم به عنوان سیاستی که اعمال سناریوها در آن بهترین نتیجه را حاصل کرده است (حداکثر سود و ذخیره آب در حوضه)، لازم است تا تغییرات مقدار تولید محصولات مورد بررسی و واردات خالص آن نیز مورد بررسی قرار گیرد (جدول ۶). به منظور دستیابی به مقادیر تغییرات واردات خالص و تولید پس از اعمال سناریوها، از رابطه ۱۳ استفاده شد.

$$F = \left(\frac{O - C}{C}\right) \times 100 \qquad (۱۳)$$

که در این رابطه F مقدار تغییرات تولید یا واردات خالص، O، مقدار بهینه تولید یا واردات خالص و C، مقدار تولید یا واردات خالص در حال حاضر است.

از آنجا که در جدول ۵ به تفصیل به بررسی روند تولید و واردات خالص محصولات مورد بررسی پرداخته شد، در ادامه براساس جدول ۶ به تشریح سناریوی دوازدهم که مطلوب‌ترین سناریو در راستای هدف پژوهش شاخته شد، بسنده می‌شود. براین اساس در مورد سطح زیر کشت محصولات، برای هر محصول حداکثر کاهش برابر ۹۰ درصد و حداکثر افزایش ۹۰۰ درصد نسبت به حال حاضر تعیین شده است. این مقدار افزایش نیز برای محصولات باغی ثبت شده است زیرا این محصولات علاوه بر داشتن آب مجازی کم‌تر، ارزش اقتصادی بالاتری

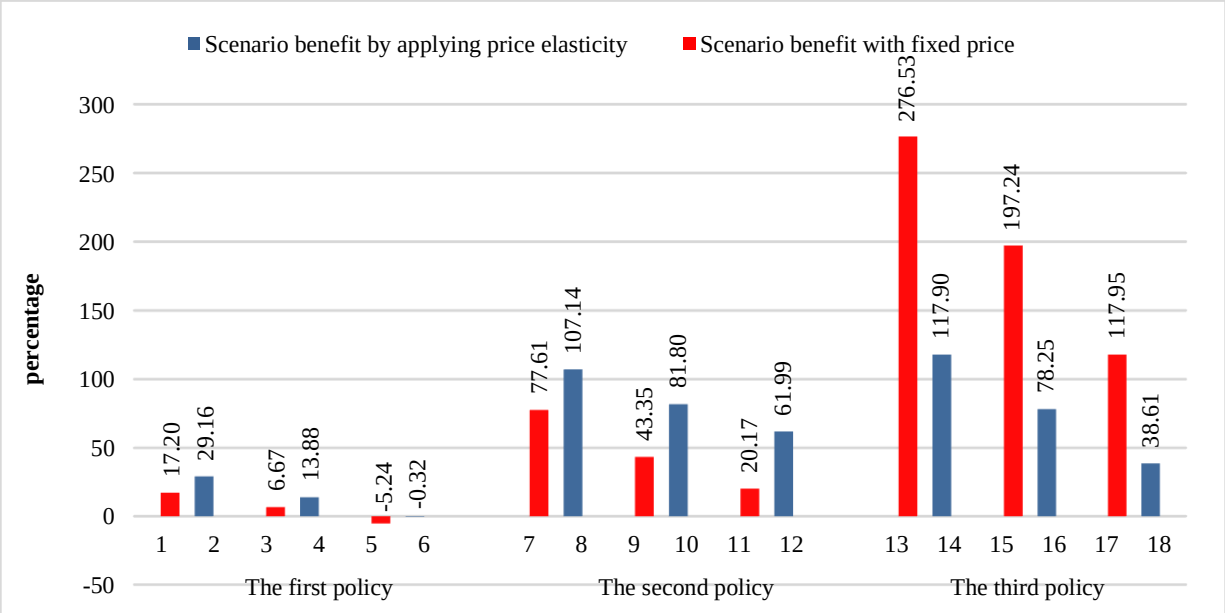


**Fig. 6- The percentage change income basin for applying different scenarios**

**شکل ۶- نمودار درصد تغییرات درآمد حوضه به ازای اعمال سناریوهای مختلف**

نسبت به محصولات زراعی دارند. بنابراین مشاهده می‌شود که به تبع داشتن چنین ویژگی‌هایی در این محصولات، مقدار صادرات آن‌ها از حوضه نیز افزایش یافته است. پس مقتضی است با الگو قرار دادن وضعیت الگوی کشت و در نهایت تبادل محصولات در این سناریو، به دلیل مستندات ذکرشده بیش‌ترین سود را برای حوضه فراهم آورد. همانطور که در جدول ۶ مشخص است، براساس سناریوهای سیاست دوم محصولاتی مانند مرکبات، کیوی، زیتون و برنج در طی اعمال سناریوها دچار هیچگونه تغییری در تولید نشده‌اند و پیشنهاد می‌شود که همان روند قبلی واردات برای آن‌ها مد نظر قرار گیرد. برای محصول ذرت نیز مدل پیشنهاد داده است که در تمامی سناریوهای سیاست دوم، واردات این محصول آغاز شود و برای محصول زغال اخته نیز شرایط کاملاً برعکس بوده و پیشنهاد مدل بر افزایش تولید و صادرات است. دلیل چنین موضوعی ارزش بالای اقتصادی هر واحد از آب مجازی برای این محصول است.

**Table 6- Changing the Area under cultivation and net imports in second-policy scenarios, in percent**

**جدول ۶- تغییرات سطح زیرکشت و واردات خالص در سناریوهای سیاست دوم بر حسب درصد**

| Agri products | The existing status | Changing the Area under cultivation in Scenarios | | | | | | The existing status | Changing net imports in scenarios | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Area under cultivation (ha) | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Net imports (ton) | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Onion | 4088.2 | 583.1 | 235.8 | 425.7 | 78.4 | 268.3 | -79 | -553365 | 2001 | 809.2 | 1460.8 | 269.1 | 920.7 | -271 |
| Sugar beet | 18110.2 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -169234 | -622.8 | -622.8 | -622.8 | -622.8 | -622.8 | -622.8 |
| kitchen garden | 6919.8 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | 80194.2 | 108.4 | 108.4 | 108.4 | 108.4 | 108.4 | 108.4 |
| Wheat | 478706 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | 209473 | 215.5 | 215.5 | 215.5 | 215.5 | 215.5 | 215.5 |
| Apple | 47669 | -90 | 900 | -90 | 900 | -90 | 900 | -226493 | -92.7 | 927.2 | -92.7 | 927.2 | -92.7 | 927.2 |
| Oily seeds | 9209.4 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | 85872.4 | 7.8 | 7.8 | 7.8 | 7.8 | 7.8 | 7.8 |
| Tomato | 5035.8 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | 275987 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 |
| Citrus fruits | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53352 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Vegetables | 2488.5 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | 236441 | 21.8 | 21.8 | 21.8 | 21.8 | 21.8 | 21.8 |
| Beans | 105005 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | 63577.6 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 |
| Cantaloupe | 363.2 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | 7358.6 | 75.5 | 75.5 | 75.5 | 75.5 | 75.5 | 75.5 |
| Pomegranate | 231.5 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | 20141 | 12.9 | 12.9 | 12.9 | 12.9 | 12.9 | 12.9 |
| Plum | 1344.8 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -4436.7 | -521.8 | -521.8 | -521.8 | -521.8 | -521.8 | -521.8 |
| barley | 73480.5 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | 39433.2 | 191.1 | 191.1 | 191.1 | 191.1 | 191.1 | 191.1 |
| Potato | 8438.3 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | 28058.1 | 911.8 | 911.8 | 911.8 | 911.8 | 911.8 | 911.8 |
| Apricot | 10203.5 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -465.2 | -5006 | -5006 | -5006 | -5006 | -5006 | -5006 |
| Hazelnut | 23.7 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -115.1 | -192.6 | -192.6 | -192.6 | -192.6 | -192.6 | -192.6 |
| Cherry | 1463.9 | 900 | 900 | 900 | 900 | 900 | 900 | -956.4 | 4101.6 | 4101.6 | 4101.6 | 4101.6 | 4101.6 | 4101.6 |
| Sour cherry | 1571.7 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | 298.6 | 2966.2 | 2966.2 | 2966.2 | 2966.2 | 2966.2 | 2966.2 |
| Grapes | 19582.6 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | 4353.5 | 11114 | 11114 | 11114 | 11114 | 11114 | 11114 |
| Forage | 120650 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | 7387 | 3189.8 | 3189.8 | 3189.8 | 3189.8 | 3189.8 | 3189.8 |
| Walnut | 7916 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -26.4 | -7982 | -7982 | -7982 | -7982 | -7982 | -7982 |
| Peach | 3177 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | 1263 | 1290.7 | 1290.7 | 1290.7 | 1290.7 | 1290.7 | 1290.7 |
| quincunx | 300.5 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -98.1 | -920.4 | -920.4 | -920.4 | -920.4 | -920.4 | -920.4 |
| Almond | 6783.4 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | 731 | 81.6 | 81.6 | 81.6 | 81.6 | 81.6 | 81.6 |
| Pistachios | 204.8 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | 300.5 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| Mushroom | 10.8 | 900 | 900 | 900 | 900 | 900 | 900 | 6803.5 | -568.1 | -568.1 | -568.1 | -568.1 | -568.1 | -568.1 |
| Medicinal plants | 972 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | 692 | 247.5 | 247.5 | 247.5 | 247.5 | 247.5 | 247.5 |
| Pear | 1104.6 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -63.2 | -6252 | -6252 | -6252 | -6252 | -6252 | -6252 |
| Fig | 58.1 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | 346.1 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 |
| Sumac | 411.9 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | 94.1 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 |
| Sea-buckthorn | 265.8 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -1.8 | -8349 | -8349 | -8349 | -8349 | -8349 | -8349 |
| Mulberry | 515.6 | 900 | 900 | 900 | 900 | 900 | 900 | 49.5 | -61806 | -61806 | -61806 | -61806 | -61806 | -61806 |
| Barberry | 19.7 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | 3.8 | 31.2 | 31.2 | 31.2 | 31.2 | 31.2 | 31.2 |
| Corn | 3343.6 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | -90 | 0 | +* | +* | +* | +* | +* | +* |
| Blueberries | 137.1 | 900 | 900 | 900 | 900 | 900 | 900 | 0 | -* | -* | -* | -* | -* | -* |
| Olive | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 600.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hawthorn | 33 | -90 | 900 | -90 | 900 | -90 | 900 | 0 | +* | -* | +* | -* | +* | -* |
| Nectarine | 954.4 | -90 | 900 | -90 | 900 | -90 | 900 | 0 | +* | -* | +* | -* | +* | -* |
| Kiwi | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8926.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Rice | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 177906 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Zero number: Lack of change compared to the present.

*+ : Net imports were zero before optimization, then the model has started importing the product.

*- : Net imports were zero before optimization, then the model has started Exporting the product.

با توجه به جدول ۷، در تمام سناریوهای بهینه‌سازی، مقدار سطح زیرکشت کم‌تر از شرایط حال حاضر مشخص شده است. در سناریوهایی که قیمت محصولات با اعمال کشش لحاظ شده‌اند، مقدار سطح زیرکشت به دلیل رشد تولید، بیش از سطح کشت در شرایط قیمت ثابت بوده است. بیش‌ترین تفاوت (با شرایط فعلی) در سطح زیرکشت محصولات، مرتبط با سناریوی یازدهم که مقدار آب در دسترس ۶۰ درصد مقدار فعلی و قیمت ثابت بوده ثبت شده است که این مقدار ۸۱۱۰۰۵/۸ هکتار کم‌تر از سطح زیرکشت فعلی است.

## ۴- نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت روز افزون مدیریت منابع آبی خصوصاً در مناطق مواجه با کمبود آب، مدیریت آب مصرفی بسیار مورد توجه تصمیم‌گیران حوضه قرار گرفته است. امروزه کنترل تبادلات آب خصوصاً به شکل آب مجازی نیز شیوه‌ای سودمند برای ذخیره کردن آب به شمار می‌رود. با توجه به این نکته، در این پژوهش با تدوین مدل بهینه‌سازی، هدف تعیین بهینه‌ترین سناریو یعنی سناریویی که با اعمال آن به‌صورت توأمان بیش‌ترین درآمد و ذخیره آب در حوضه حاصل شود دنبال شد. براساس نتایج به‌دست آمده، در مورد محصولات کشاورزی بیش‌ترین نوسانات تولید آب مجازی و واردات خالص در اثر اعمال سناریوهای بهینه‌سازی، مرتبط با محصولات پیاز، گندم حبوبات و قارچ و برای محصولات باغی بیش‌ترین نوسانات متعلق به محصولات سیب، زردآلو، انگور و توت بوده است. در این میان در مورد محصولاتی که با کاهش تولید (در طی روند بهینه‌سازی) مواجه بودند، مدل برای تأمین نیاز منطقه، پیشنهاد به واردات محصول کرده است. دلیل این امر صرفه اقتصادی اندک این‌چنین محصولاتی برای هر واحد آب مجازی بوده است (مانند گندم و انگور). اما از سویی دیگر محصولاتی مانند سیب و پیاز مقدار بهینه‌شان در افزایش تولید و صادرات (در سناریوهای تحت اعمال محدودیت الگوی کشت) تعیین شد. در قسمت دیگری از پژوهش محصولات مورد بررسی با توجه به ویژگی مشترکشان در تغییرات تولید و واردات خالص دسته‌بندی شدند. نکته قابل توجه این است که این دسته‌بندی نشان داد با اعمال سناریوها، عمده محصولات با کاهش تولید و افزایش واردات همراه هستند.

در تحلیل تغییرات درآمد حوضه به ازای اعمال سناریوهای مختلف، در سیاست‌های اول و دوم که محدودیت‌های الگوی کشت اعمال شده بود، همواره درآمد حوضه در شرایط قیمت با اعمال کشش، بیش‌تر از زمانی بود که قیمت ثابت فرض شد. همچنین از نظر تعیین بهترین سناریو، سناریوی دوازدهم (مقدار صرفه‌جویی ۴۰ درصدی آب در دسترس نسبت به حال حاضر با اعمال کشش قیمتی) به عنوان مطلوب‌ترین سناریو تعیین شد. این انتخاب به این دلیل بود که با اعمال این سناریو که در سیاست دوم مطرح شده است، حداکثر مقدار آب در حوضه آبخیز ارومیه ذخیره شده و درعین حال حداکثر درآمد نیزحاصل می‌شود. بنابراین نتایج مدل بهینه‌سازی تدوین شده در این پژوهش، تصمیم‌گیران حوضه آبخیز دریاچه ارومیه را قادر می‌سازد تا با در نظر داشتن مقادیر بهینه سطح زیرکشت و تبادل آب مجازی محصولات کشاورزی ارائه شده در سناریوی دوازدهم، جهت دستیابی به حداکثر درآمد حوضه همراه با بیشینه ذخیره آب حرکت کنند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که روش پیشنهادی در بهینه‌سازی آب مجازی را می‌توان برای بهبود مدیریت منابع سایر حوضه‌های آبخیز نیز استفاده کرد. همچنین پیشنهاد می‌شود تا به‌دلیل ماهیت جدایی‌ناپذیر عدم قطعیت در انجام محاسبات و داده‌های موجود، پژوهش‌های دیگری با در نظرگرفتن عدم قطعیت در این زمینه انجام شود تا بتوان از این طریق، ریسک‌های موجود در زمینه محاسبات و تبادل آب مجازی را کنترل کرد. همچنین لازم به ذکر است که روش‌های فراکاوشی چون الگوریتم ژنتیک از جمله روش‌های بهینه‌سازی هستند که عملکرد خوب آن‌ها در مطالعات مختلف ثابت شده است (Banihabib et al., 2019)، بنابراین پیشنهاد می‌شود تا در مطالعات دیگری به بررسی شرایط بهینه تبادل آب مجازی این حوضه با استفاده از این روش اقدام شده و مقایسه نتایج آن با نتایج حاصل از این پژوهش برای بررسی عملکرد مدل‌ها انجام شود.

**Table 7- Total area of crop cultivation under application of scenarios**

**جدول ۷- مجموع سطح زیرکشت محصولات منطقه تحت اعمال سناریوها**

| Scenario | Area (ha) | Scenario | Area (ha) | Scenario | Area (ha) | Area of Current Condition (ha) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 815735/1 | 7 | 142657/3 | 13 | 390097/8 | 940794/4 |
| 2 | 866768 | 8 | 610159/2 | 14 | 390097/8 | |
| 3 | 750297/7 | 9 | 136222/9 | 15 | 312078/2 | |
| 4 | 822823/4 | 10 | 603724/8 | 16 | 312078/2 | |
| 5 | 707597/7 | 11 | 129788/5 | 17 | 234058/6 | |
| 6 | 706157/1 | 12 | 597290/4 | 18 | 234058/6 | |

## پی‌نوشت‌ها

1- Maximum Social Benefit
2- Genetic Algorithm

## ۵- مراجع


Alamri Y, Reed MR (2019) Estimating virtual water trade in crops for Saudi Arabia. American Journal of Water Resources 7(1):16-22

Allan J (1998) Virtual water: a strategic resource. Ground water 36(4):545-547

AsaadiMehrabani M, Banihabib M, Roozbahany A (2018) Fuzzy linear programming model for the optimization of cropping pattern in Zarrinehroud Basin. Iran-Water Resources Research 14(1):13-24 (In Persian)

Banihabib M, Mohammad RezapourTabari M, Mohammad RezapourTabari M (2017) Development of integrated multi-objective strategy for reallocation of water resources in agriculture systems; Case study: Zarinehrood Basin. Iran Water Resources Research 13(1):38-52 (In Persian)

Banihabib ME, Tabari MM, Tabari MM (2019) Development of a fuzzy multi-objective heuristic model for optimum water allocation. Water Resources Management 1-7

Ehsani M, Khaledi H, Barghi Y (2009) Introduction to virtual water. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID) (In Persian)

Farokhnia, A, Morid S (2014) Assessment of GRACE and GLDAS capabilities for estimation of water balance in large scale areas, a case study of Urmia Lake Watershed. Iran-Water Resources Research 10(1):51-62 (In Persian)

Hadinezhad MD (2016) Model of virtual water exchange optimization- Case study: Lake Urmia watershed. Master's Thesis 105p (In Persian)

Jamab Consulting Engineers (2005) Comprehensive program of adaptation to climate, current and future status of water resources in the watershed of Lake Urmia. Organization for Management and Planning, Office of Water, Agriculture and Natural Resources (In Persian)

Mapani B, Makurira H, Magole L, Meck M, Mkandawire T, Mul M, Ngongondo C (2018) Innovative solutions for intractable water problems in the face of climate change in southern and East African sub regions. Physics and Chemistry of the Earth 105:1-2

Márquez AL, Baños R, Gil C, Montoya MG, Manzano-Agugliaro F, Montoya FG (2011) Multi-objective crop planning using pareto-based evolutionary algorithms. Agricultural Economics 42(6):649-56

Pant M, Thangaraj R, Rani D, Abraham A, Srivastava DK (2010) Estimation of optimal crop plan using nature inspired metaheuristics. World Journal of Modelling and Simulation 6(2):97-109

Rouzbehan M (1997) Farkocene; theory of microeconomics. Tehran University Press, Fifth Edition (In Persian)

Sabouhi M, Ahmadpour M (2012) Estimation of Iran agricultural products demand functions using mathematical programming (Application of maximum entropy method). Agricultural Economics 6(1):71-91 (In Persian)

Sabouhi M, SoltaniGh (2008) Optimal cropping patterns in the basin area with emphasis on social benefits and net imports of virtual water: A case study of Khorasan region. Journal of Agriculture and Natural Resources Science and Technology 43:313-297 (In Persian)

Sadat Hosseini A, Mehregan N, Ebrahimi M (2016) Determining the optimal planting crops with emphasis on maximizing social benefits and net imports of virtual water (Plains study Bahar of Hamedan). Agricultural Economics Research 8(31):123-144 (In Persian)

Safi R, Amirlatifi S (2015) Evaluation of sugarcane cultivation in the Khuzestan province in the context of virtual water. Water Resources Engineering 8(25):87-96 (In Persian)

Shahidi A, Morovatneshan A (2017) Agricultural water management approach through the technique of virtual water genetic optimization (GA) (Case study: Birjand plain). Iranian Journal of Irrigation & Drainage 10(6):714-722 (In Persian)

Sixth 5 year Socio-economic and Cultural Development Plan Act of Islamic Republic of Iran and Permanent Notes Law of Development Plans (2016) Budget planning organization. Tehran, Iran, 288p (In Persian)

Stavenhagen M, Buurman J, Tortajada C (2018) Saving water in cities: Assessing policies for residential water demand management in four cities in Europe. Cities 79:187-195

ULRP (2016) Agricultural Renaissance by changing the pattern of cultivation in the catchment area. Retrieved http://www.ulrp.ir/fa (In Persian)

Yang LE, Chan FK, Scheffran J (2018) Climate change, water management and stakeholder analysis in the

Ye Q, Li Y, Zhuo L, Zhang W, Xiong W, Wang C, Wang P (2018) Optimal allocation of physical water resources integrated with virtual water trade in water scarce regions: A case study for Beijing, China. Water Research 129:264-276

Dongjiang River basin in South China. International Journal of Water Resources Development 34(2):166-191