



## The Role of Water Resources Constraints on Production and Employment at Different Economic Sectors: A Case Study of the Yazd Province

M. Dehghanizadeh<sup>1</sup>, S. Bakhtiari<sup>2\*</sup>,  
and S.D. Karimzadeh<sup>3</sup>

### Abstract

Resource constraint is one of the most important principles in economics, and today this constraint has become more important in the water arena. The main objective of the present paper is to evaluate the impacts of water constraint on the achievement of economic goals in Yazd province under the Sixth Development Plan. For this purpose, a combination of Input-Output and Goal Programming is used. In this method, by considering the various constraints including water, it would be possible to achieve multiple goals such as increasing production, improving employment and improving productivity and optimizing water allocation between different sectors. For this purpose, two scenarios are considered. In the first scenario, for stability reason, water and labor productivity in the base year and the target year are assumed as the same, but in the second scenario the increase in productivity considered equal to the goals of the program. The results show that in the first scenario, achieving 8% growth of the program will not be achieved due to the lack of production in the agricultural sector. But in the second scenario, the production is increased but the overall objective of employment is not met. In terms of water, the results of both scenarios indicate that, while the agricultural sectors have consumed their allocated water but have not achieved their production goals. Finally achieving program goals, especially in the agricultural sector, will not be possible except with higher rate of water use efficiency.

**Keywords:** Input- Output Model, Goal Programming, Water Consumption, Economic Goals.

Received: February 21, 2020

Accepted: June 1, 2020

## نقش محدودیت منابع آب بر اهداف تولید و اشتغال در بخش‌های اقتصادی (مورد مطالعه استان یزد)

مجید دهقانی‌زاده<sup>۱</sup>، صادق بختیاری<sup>۲\*</sup> و سعیددائی کریم‌زاده<sup>۳</sup>

### چکیده

محدودیت منابع از اصول بدیهی اقتصاد و امروزه این محدودیت در عرصه آب اهمیت بیشتری یافته است. ارزیابی اثرات محدودیت آب بر تحقق اهداف اقتصادی در استان یزد در چارچوب برنامه ششم توسعه، هدف عمده تحقیق حاضر می‌باشد. بدین منظور از روش ترکیبی داده- ستانده و برنامه‌ریزی آرمانی استفاده شده است. در این روش با لحاظ محدودیت‌های مختلف از جمله آب، امکان تحقق اهداف متعدد نظیر افزایش تولید، بهبود اشتغال و ارتقاء بهره‌وری بررسی و ترکیب بهینه‌ای از تخصیص آب بین بخش‌ها ارائه می‌گردد. برای این منظور دو سناریو لحاظ شده است. در سناریوی اول ثبات بهره‌وری مصرف آب و نیروی کار در سال پایه و سال هدف و در سناریوی دوم ارتقاء بهره‌وری معادل با اهداف برنامه مدنظر قرار می‌گیرد. نتایج نشان داده است که در سناریوی اول دستیابی به رشد ۸ درصدی برنامه، به دلیل عدم تحقق تولید در بخش کشاورزی، محقق نخواهد شد. اما در سناریوی دوم به واسطه ارتقاء بهره‌وری، میزان تولید افزایش یافته ولی هدف کلی اشتغال محقق نمی‌شود. از نظر مصرف آب، نتایج هر دو سناریو بیانگر آن است که بخش‌های کشاورزی سقف آب در اختیار را مصرف نموده ولی به اهداف تولیدی خود دست نیافته‌اند. دستیابی به اهداف برنامه، بویژه در بخش کشاورزی جز با بهره‌وری بالاتر در مصرف آب امکان‌پذیر نخواهد بود.

**کلمات کلیدی:** داده- ستانده، برنامه‌ریزی آرمانی، مصرف آب، اهداف اقتصادی.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۸/۱۲/۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۳/۱۲

1- Ph.D. Student of Economics, Department of Economics, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

2- Professor, Department of Economics, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran. Email: [bakhtiari\\_sadegh@yahoo.com](mailto:bakhtiari_sadegh@yahoo.com)

3- Associate Professor, Department of Economics, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

\*- Corresponding Author

۱- دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران.

۲- استاد گروه علوم اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران.

۳- دانشیار گروه علوم اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران.

\*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان تابستان ۱۳۹۹ امکان‌پذیر است.

## ۱- مقدمه

بخش‌های مختلف بر اساس برنامه‌ریزی خطی قطعی است. هدف اول، سطح رضایت را در بین بخش‌های مختلف تقاضای آب بهینه می‌کند، در حالی که هدف واحد دوم منافع اقتصادی خالص را به حداکثر می‌رساند. کارکرد چند هدفی، دو هدف انفرادی را با هم ترکیب می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که ارزش منافع اقتصادی بدست آمده توسط رویکرد چند هدفی بین دو هدف انفرادی قرار دارد. بنابراین مدل اختصاصی آب با استفاده از عملکرد چند هدفی مزایای بیشتری دارد. در این مدل، ضمن پرداختن به منافع اقتصادی، سطح رضایت حداکثری است. (Sargazi (2017) در پژوهش خود، تخصیص بهینه منابع آب با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی فازی و تبیین محور برنامه‌ریزی در خصوص متغیر تصمیم منابع آب و زمین در شهرستان صومعه‌سرا استان گیلان را مدنظر قرار داده است. بر اساس سناریوهای مختلف، نتایج نشان داد که در تخصیص بهینه زمین، سطح زیر کشت باقلا مازندران و لوبیا نسبت به وضعیت موجود بایستی افزایش و برنج کاهش یابد ولی در تخصیص بهینه منابع آب، دو محصول برنج و باقلا در تمامی الگوهای برآوردی، بیشترین تخصیص را نشان دادند. در قیاس این دو الگو، پیشنهاد می‌شود به منظور استفاده بهینه از عوامل تولید و بیشینه نمودن درآمد کشاورزان و با توجه به اینکه آب بیشتر عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی نسبت به زمین است، عامل آب محور برنامه‌ریزی قرار گیرد.

اما بررسی پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که در چارچوب مدل‌های تلفیقی داده- ستانده و برنامه‌ریزی خطی، مطالعات اندکی وجود دارد. از آن جمله می‌توان به مطالعه González et al. (2018) اشاره کرد که طی آن، از یک روش ترکیبی داده- ستانده و برنامه‌ریزی خطی جهت بررسی تأثیرات اقتصادی خشکسالی در انگلستان، استفاده شده است. بدین منظور جدول ۱۶۳ بخشی سال ۲۰۰۷ انگلستان مبنای قرار گرفته است. بر اساس نتایج مدل که بر اساس سناریوهای مختلف حاصل گردیده، تولید از ۰/۱۶ تا ۱/۴۸ درصد به واسطه کاهش آب دچار کاهش شده است. بنابر مطالب فوق، ارزیابی و تحلیل اثرات محدودیت منابع آب بر تحقق اهداف کلان اقتصادی استان یزد در چارچوب اهداف برنامه ششم توسعه، هدف عمده تحقیق حاضر محسوب می‌گردد. جهت دستیابی به هدف مطالعه، از رویکرد ترکیبی مدل داده- ستانده آب و برنامه‌ریزی آرمانی بهره‌گیری می‌شود. از حیث مدل‌سازی در حوزه آب، مطالعه حاضر دارای نوآوری و برجستگی خاص نسبت به سایر مطالعات مشابه است. روش این مطالعه می‌تواند راهنمای مؤثری در مدیریت مصارف آب در بخش‌های اقتصادی در مواجهه با محدودیت آب و تعدد اهداف باشد.

تقریباً برای تولید تمام کالاها آب مورد نیاز است. آب شیرین یک کالای کمیاب است و باید از لحاظ اقتصادی مورد استفاده قرار گیرد (Hoekstra and Hung, 2002). اهمیت چالش در دسترس بودن آب را نیز فقط با مقایسه برداشت با حداکثر سطح پایدار آن می‌توان درک کرد که برداشت‌های کنونی جهان تقریباً در حد حداکثر سطح پایدار است. آمار جهانی چالش‌های جدی‌تری را در سطوح محلی نشان می‌دهد (UN-Water, 2018). بدیهی است محدودیت منابع آب به عنوان اصل اساسی در مناطق کم آب، سبب کاهش دسترسی بخش‌های اقتصادی به آب مورد نیاز می‌شود و این ایجاب می‌کند تا ضمن تحلیل تأثیر کم آبی بر اهداف پیش‌بینی شده برای بخش‌ها، سیاست کارآمد و مطلوبی جهت تخصیص بهینه منابع آبی مدنظر قرار گیرد. در واقع، توجه همزمان به اهداف اقتصادی نظیر حداکثرسازی تولید و اشتغال بخش‌ها و ارتقاء بهره‌وری در ارتباط با محدودیت منابع آب، مسأله کلیدی در اقتصاد یک منطقه به شمار می‌رود. در این راستا، بهره‌گیری از مدل‌های مناسب جهت دستیابی به اهداف یاد شده از اهمیت بسزایی برخوردار است.

مدل داده- ستانده به دلیل توانایی آن در تشخیص محصولات واسطه و نهایی و محاسبه آب مصرفی از طریق ردیابی کل زنجیره تأمین، رویکردی مطلوب در زمینه ارزیابی حجم آب مصرفی تلقی می‌شود (Feng et al., 2011; Mubakoa et al., 2013). برای بررسی تحقق اهداف متعدد با لحاظ محدودیت‌ها نیز مدل‌های ترکیبی داده- ستانده و برنامه‌ریزی (خطی و آرمانی) می‌تواند دارای کارآمدی مناسبی باشد. مطالعات متعددی در خصوص مدل‌سازی تخصیص منابع آب وجود دارد. در این راستا، Habibi Davijani et al. (2016) در بررسی خود، یک الگوی خاصی را برای تخصیص بین بخشی منابع آب به صنعت، کشاورزی و بخش‌های آب شهری در منطقه کویر مرکزی ایران مورد بررسی قرار داده‌اند. در این مطالعه با استفاده از دو الگوریتم ژنتیک و بهینه‌سازی ازدحام ذرات، توابع هدف به حداکثر رسیدند و منابع آب به طور بهینه بین بخش‌های کشاورزی و صنعت تخصیص داده شدند. با مقایسه نتایج حاصل از الگوریتم‌های مورد اشاره، الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات با ایجاد رشد اقتصادی و سود ۵۴ درصد و افزایش ۱۳ درصدی اشتغال در رابطه با شرایط پایه، در این راستا کارآمدتر می‌باشد. (Ahmad and Tang (2016) در مطالعه‌ای، به تعیین مدلی برای تخصیص منابع آب موجود در بین بخش‌های مختلف در حوضه رودخانه هینگول در استان بلوچستان پاکستان پرداخته‌اند. این مدل، دو عملکرد تک هدفی و یک کارکرد چند هدفی را در نظر می‌گیرد. الگوریتم اصلی برای تخصیص بهینه منابع آب محدود به

## ۲- منطقه مورد مطالعه

ابزار اصلی بررسی هدف تحقیق، جدیدترین جدول آماری کشور یعنی جدول ۹۹ بخشی سال ۱۳۹۰ مرکز آمار ملاک عمل قرار گرفت. در این راستا بدلیل پاره‌ای محدودیت‌ها از جمله عدم وجود آمار میزان مصرف آب در بخش‌ها، از طریق تجمیع بخش‌ها، جدولی با تعداد ۲۲ بخش با عناوین ذیل استخراج گردید: (۱) کشاورزی، (۲) دام و طیور، (۳) سایر معادن، (۴) ساخت محصولات غذایی، (۵) منسوجات، (۶) پوشاک، (۷) چرم و محصولات چرمی، (۸) چوب و محصولات چوبی، (۹) کاغذ و محصولات کاغذی، (۱۰) کک، (۱۱) محصولات شیمیایی، (۱۲) محصولات لاستیکی و پلاستیکی، (۱۳) محصولات کانی غیرفلزی، (۱۴) فلزات اساسی، (۱۵) محصولات فلزی فابریکی، (۱۶) ماشین‌آلات و تجهیزات، (۱۷) ماشین‌آلات دفتری و محاسباتی، (۱۸) وسایل نقلیه موتوری، (۱۹) مبلمان و سایر مصنوعات، (۲۰) آب، برق و گاز، (۲۱) ساختمان، (۲۲) خدمات. پس از آن با بکارگیری روش ضریب مکانی فلگ، که بر اساس مطالعات متعدد یکی از بهترین روش‌های منطقه‌ای‌سازی جداول ملی است، جدول استان در سال ۱۳۹۲ تدوین گردید. برای مطالعه بیشتر در خصوص روش فلگ به (Flegg and Tohmo, 2017) مراجعه شود. دلیل استفاده از اطلاعات سال ۱۳۹۲ به جای ۱۳۹۰ (سال تهیه جدول ملی)، لحاظ تقسیمات کشوری شهرستان طیس است که در انتهای سال ۱۳۹۱ از استان یزد منتزع گردیده و لذا حساب‌های منطقه‌ای سال ۹۲ یزد بدون طیس است. از طرفی بین سال تهیه جدول ملی (۱۳۹۰) و سال ۱۳۹۲ فاصله زیادی وجود ندارد که ساختار خیلی متفاوتی را سبب گردد. ضمن آنکه جدول بروز شده برای سال ۹۲ (در صورت تهیه)، نمی‌تواند از دقت جدول آماری موجود برخوردار باشد.

## ۳-۲- مدل ترکیبی داده- ستانده آب و برنامه‌ریزی آرمانی

رویکرد داده- ستانده فرض می‌کند که مصرف آب به صورت ارتباط خطی با تولید تغییر می‌کند. لذا سیستمی از معادلات بر حسب مصرف آب و تولید بصورت زیر تعریف می‌گردد (González et al., 2018):

$$\begin{pmatrix} W^* \\ (I - A) \end{pmatrix} X = \begin{pmatrix} W \\ f \end{pmatrix} \quad (3)$$

رابطه اخیر به عنوان فرم برنامه‌ریزی تحلیل داده-ستانده شناخته می‌شود که یک سیستم معادلات خطی است و می‌تواند به صورت مسأله برنامه‌ریزی حل شود؛ اما برنامه‌ریزی خطی رویکردی تک‌بعدی و تنها دارای یک تابع هدف است، در حالی که ممکن است چند هدف مدنظر باشد. بر این اساس باید مدل‌هایی مدنظر قرار گیرند تا ویژگی لازم جهت به کارگیری همزمان چند هدف را در خود داشته باشند. از جمله کارآمدترین این مدل‌ها، برنامه‌ریزی آرمانی می‌باشد. برنامه‌ریزی آرمانی در واقع یک برنامه بهینه‌سازی است، که می‌توان از آن به عنوان تعمیم برنامه‌ریزی خطی برای معیارهای چندهدفه یاد کرد. اصل

استان یزد واقع در مرکز جغرافیایی ایران، استانی خشک و کم‌آب و دارای کم‌ترین میزان بارش در سطح کشور می‌باشد. به استناد آخرین اطلاعات حساب‌های منطقه‌ای، حدود ۱/۸۴ درصد از کل ستانده فعالیت‌های اقتصادی ایران در سال ۱۳۹۴ مربوط به یزد بوده که از حیث سهم ستانده، از بین ۳۲ منطقه کشور (شامل ۳۱ استان و یک فرمانطقه) در جایگاه شانزدهم قرار دارد. از نظر جمعیتی نیز حدود ۱/۴۱ درصد از جمعیت کشور در سال ۱۳۹۴ در استان یزد ساکن بوده‌اند. منبع اصلی و غالب تامین آب استان، منابع زیرزمینی است. بر اساس داده‌های سالنامه آماری استان، در سال آبی ۹۶-۱۳۹۵ حدود ۸۱ درصد از آب استحصالی از منابع زیرزمینی مربوط به چاه‌ها بوده است. کل مصرف آب در بخش‌های مختلف اقتصادی استان نیز در سال ۱۳۹۶، حدود ۹۷۹ میلیون مترمکعب برآورد گردیده که ۹۰۷ میلیون مترمکعب آن در بخش کشاورزی و دام و طیور، ۴۸/۶ در بخش‌های صنعت، معدن و نیروگاه‌ها، ۰/۷ در بخش ساختمان و ۲۲/۷ در بخش خدمات مصرف شده است. در این مطالعه، ستانده بخش‌های مختلف از نتایج حساب‌های منطقه‌ای مرکز آمار و میزان آب مصرفی مستقیم بخش‌های اقتصادی استان نیز از اطلاعات موجود در شرکت‌های آب منطقه‌ای، آب و فاضلاب، برق منطقه‌ای، سازمان جهاد کشاورزی و سالنامه آماری استان استخراج شده است.

## ۳-۱- روش تحقیق

## ۳-۱-۱- مدل داده- ستانده مصرف آب

مدل داده- ستانده منطقه‌ای کنش‌های متقابل بخش‌های محلی را با یکدیگر، با بخش‌های خارج از منطقه و بخش‌های تقاضای نهایی ردیابی می‌نماید. رابطه اساسی در مدل داده- ستانده در چارچوب رابطه تولید و تقاضای نهایی به صورت زیر است:

$$X = (I - A)^{-1}f \quad (1)$$

که  $X$  بردار تولیدات،  $(I - A)^{-1}$  ماتریس معکوس لئونتیف و  $f$  بردار تقاضای نهایی می‌باشد (Schaffer, 1999). حال با وجود ضریب مستقیم آب (مقدار آب مصرفی در تولید یک واحد کالا) که اثرات دور اول مبادله بین بخشی در اقتصاد است، ماتریس کل مصرف آب (مستقیم و غیرمستقیم) در چارچوب مدل داده- ستانده به صورت زیر تعریف می‌شود (Mubakoa et al., 2013; Velazquez, 2006).

$$W = W^*(I - A)^{-1}f \quad (2)$$

که  $W^*$  ماتریس قطری ضرایب مستقیم آب (مترمکعب آب به میلیون ریال ارزش ستانده) است. با وجود ماتریس کل مصرف آب، امکان ارزیابی مصرف آب اقتصاد به واسطه تغییر در الگوهای مصرف نهایی فراهم می‌باشد. به منظور تدوین جدول داده- ستانده استان به عنوان

سال هدف است که بر پایه مقدار سال پایه به دست می‌آید. محدودیت سوم مدل در ارتباط با سطح اشتغال بخش‌ها تعریف می‌گردد. در این خصوص و در چارچوب مدل داده- ستانده، محدودیت به صورت  $L_i^* x_i \leq L_i^*$  تعریف می‌گردد.  $L_i^*$  تعداد اشتغال در سال هدف است که با توجه به تعداد سال پایه و رشدهای هدف‌گذاری شده برنامه ششم بدست می‌آید.  $L_i^*$  ضریب نیروی کار است که در چارچوب داده- ستانده و مشابه ضریب آب بصورت نسبت اشتغال به ارزش تولید (نفر به میلیون ریال) تعریف می‌شود. چهارمین و پنجمین محدودیت آرمانی مدل مرتبط با مصرف آب اقتصاد است. کمبود آب در استان، یک اصل اجتناب‌ناپذیر محسوب می‌شود. در این خصوص، پتانسیل آب چاه‌ها، چشمه و قنوات در استان به صورت آب در اختیار فعالیت‌های اقتصادی در افق برنامه ششم بر اساس برنامه سازگاری با کم آبی استان و نیز نظرات کارشناسان حوزه آب استان، حداکثر ۸۵۰ میلیون مترمکعب برآورد شده که برای سال هدف نیز همین مقدار ملاک عمل قرار می‌گیرد. آب در اختیار بخش کشاورزی و دام و طیور نیز حداکثر ۷۵۰ میلیون مترمکعب می‌باشد. از طرفی امکان بهره‌مندی سایر بخش‌های اقتصادی از آب مازاد احتمالی بخش کشاورزی به عنوان بخشی از پویایی مدل مدنظر خواهد بود. بر مبنای مباحث فوق محدودیت مرتبط با مصرف آب بخش کشاورزی بصورت  $\sum_{i=1}^2 w_i^* x_i \leq 750$  و برای سایر بخش‌ها نیز بصورت  $\sum_{i=3}^{22} w_i^* x_i \leq 100 + (750 - \sum_{i=1}^2 w_i^* x_i)$  می‌باشد.

در خصوص شدت نیروی کار و شدت مصرف آب در بخش‌ها (بهبود بهره‌وری) نیز فرض می‌شود بهره‌وری نیروی کار و مصرف آب در هر کدام از بخش‌ها می‌بایستی به اندازه رشد پیش‌بینی شده در برنامه ششم ارتقاء یابد. البته در اهداف برنامه، نرخ رشد بهره‌وری کل عوامل تولید بخش‌ها درج گردیده که در اینجا همین نرخ برای نیروی کار و مصرف آب نیز به عنوان یک عامل تولید لحاظ شد. بنابراین  $L_i^*$  شدت نیروی کار و  $w_i^*$  شدت مصرف آب موردنظر برای سال هدف می‌باشد که مبتنی بر مقدار آن در سال پایه بدست آمده است. حال با توجه به محدودیت‌های بیان شده می‌توان مدل برنامه‌ریزی آرمانی تلفیقی با داده- ستانده را برای دستیابی به هدف تحقیق بصورت رابطه ۵ ارائه نمود. در این رابطه،  $L_i^g$  و  $w_i^g$  به ترتیب میزان اشتغال و آب تخصیص‌یافته به بخش  $i$ ام بر اساس مقدار بهینه تولید ( $x_i$ ) خواهد بود.

بردار وزن اهداف نیز به صورت زیر فرض می‌شود که بنابر نظر تصمیم‌گیران قابل تغییر خواهد بود. هر ترکیب وزنی می‌تواند یک سناریوی سیاستی قلمداد شود.

بنیادین در برنامه‌ریزی آرمانی دستیابی به راه حل مطلوب با حداقل‌سازی مجموع انحرافات بین اهداف و سطوح مورد انتظار تصمیم‌گیران است و به صورت زیر فرموله می‌شود (Lin et al., 2019):

$$\min\{\sum_{i=1}^n w_i(d_i^+ + d_i^-)\}$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} f_i(X) - d_i^+ + d_i^- = g_i & i = 1, 2, \dots, n \quad (4) \\ d_i^+, d_i^- \geq 0 & i = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

$$X \in S$$

که  $w_i$  وزن آامین هدف،  $f_i(X)$  تابع مربوط به  $i$  امین هدف،  $g_i$  سطح مورد انتظار آامین هدف،  $d_i^+$  و  $d_i^-$  به ترتیب انحرافات مثبت و منفی از سطح مورد انتظار هدف  $i$ ام و  $S$  مجموعه شدنی می‌باشد. بنابراین برای ارزیابی تأثیر محدودیت دسترسی به منابع آبی بر روی تحقق اهداف اقتصادی استان مبتنی بر اهداف برنامه ششم از مدل ترکیبی برنامه‌ریزی آرمانی و داده- ستانده آب بهره‌گیری می‌شود. در این راستا جدول داده- ستانده استان در سال ۱۳۹۲ مبنا قرار می‌گیرد و بر پایه آن، تحقق معیارهای اقتصادی در سال اول برنامه ششم توسعه (۱۳۹۶) مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. اهداف مدنظر در ساخت مدل عبارتند از: ۱) حداکثرسازی تولید و اشتغال بخش‌های اقتصادی، ۲) حداقل‌سازی مصرف آب بخش‌ها در چارچوب محدودیت آب در دسترس و ۳) بهینه‌سازی شدت (ضریب) نیروی کار و شدت (ضریب) مصرف آب بخش‌ها. بر این اساس، محدودیت‌های مرتبط با مدل را می‌توان به شرح ذیل فرمول‌بندی نمود:

اولین محدودیت مدل، محدودیت تعادل اقتصادی در چارچوب مدل داده- ستانده است. مجموعه معادلات  $(1 - a_{ij})x_i \leq f_i^*$  فرض می‌کند که تولید، تقاضای نهایی را برآورده می‌کند اما می‌تواند پایین‌تر باشد و این بخاطر فرض محدودیت دسترسی بخش‌های اقتصادی به آب است که تولید را محدود خواهد ساخت (González et al., 2018).  $a_{ij}$ ها، ضرایب نهاده (فنی) می‌باشند که فرض می‌شود در سال پایه و هدف یکسان هستند.  $f_i^*$  نیز مقادیر تقاضای نهایی در سال هدف است که مبتنی بر مقدار سال پایه و با توجه به اهداف برنامه ششم توسعه بدست می‌آید. دومین محدودیت، در ارتباط با آرمان سطح تولید بخش‌ها تعریف می‌گردد. در مدل داده- ستانده، آب بیشتر به بخش‌هایی تخصیص می‌یابد که کارایی بیشتری در استفاده از آن دارند، لذا محدودیت آب می‌تواند باعث کم‌رنگ شدن تولید در بخش‌هایی خاص گردد که ممکن است واقع‌بینانه نباشد. در این راستا می‌توان محدودیت سطح تولید بخش‌ها را به گونه‌ای تعریف کرد که تولید هر بخش حداقل به اندازه نرخ‌های مورد هدف در برنامه ششم نسبت به سال پایه رشد نماید. یعنی  $x_i \geq x_i^*$  که  $x_i^*$  مقدار تولید در

$$\min \left\{ w_1 \sum_{i=1}^{22} d_i^+ + w_2 \sum_{i=1}^{22} e_i^- + w_3 \sum_{i=1}^{22} z_i^+ + w_4 \sum_{i=1}^{22} m_i^+ + w_5 \sum_{i=1}^{22} n_i^+ \right\}$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} x_i - \sum_{j=1}^{22} a_{ij}x_j - d_i^+ + d_i^- = f_i^* & i = 1, 2, \dots, 22 \\ x_i - e_i^+ + e_i^- = x_i^* & i = 1, 2, \dots, 22 \\ l_i^*x_i - z_i^+ + z_i^- = L_i^* & i = 1, 2, \dots, 22 \\ \sum_{i=1}^2 w_i^*x_i - m_i^+ + m_i^- = 750 * 10^6 & \\ \sum_{i=3}^{22} w_i^*x_i - n_i^+ + n_i^- = 100 * 10^6 + (750 * 10^6 - \sum_{i=1}^2 w_i^*x_i) & \\ x_i = x_j & \\ L_i^g = l_i^*x_i & i = 1, 2, \dots, 22 \\ W_i^g = w_i^*x_i & i = 1, 2, \dots, 22 \\ x_i, d_i^+, d_i^-, e_i^+, e_i^-, z_i^+, z_i^-, m_i^+, m_i^-, n_i^+, n_i^- \geq 0 & \\ w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 = 1 & \\ \{w_1, w_2, w_3, w_4, w_5\} = \{0.15, 0.15, 0.30, 0.20, 0.20\} & \end{cases} \quad (5)$$

$$(6)$$

شده است. در بخش کشاورزی رشد تولید گرچه نسبت به قبل بهبود یافته است ولی کماکان سالیانه ۲/۸ درصد کاهش نشان می‌دهد. کاهش تولید بخش کشاورزی (زراعت و باغداری) بواسطه کارایی نسبی پایین مصرف آب و نیز محدودیت منابع آبی، می‌تواند آثار و پیامدهای منفی زیست محیطی نیز در بر داشته باشد که نیازمند تدابیر بهره‌ورانه بیشتر و همچنین اقدامات لازم در تأمین منابع آبی مورد نیاز و اقدامات حفاظتی در حوزه محیط زیست خواهد بود.

از حیث ایجاد اشتغال، در سناریوی اول بواسطه افزایش سطح تولید (به غیر از بخش کشاورزی) و بطور همزمان ثبات بهره‌وری نیروی کار، هدف کلی اشتغال به اندازه ۰/۲ واحد بیش از هدف برنامه محقق خواهد شد. البته در بخش کشاورزی سالیانه حدود ۴ درصد از میزان اشتغال بخش کاسته می‌شود؛ اما در سناریوی دوم بواسطه ارتقاء سطح بهره‌وری نیروی کار، هدف کلی اشتغال بر خلاف هدف کلی تولید (که افزایش یافته) دچار کاهش گردیده و هدف برنامه‌ای ایجاد اشتغال محقق نشده است. در این راستا، رشد سالیانه ایجاد اشتغال در تمامی بخش‌ها نسبت به سناریوی اول کمتر است. در بخش‌های صنعت ساخت، آب، برق و گاز و ساختمان رشد اشتغال بالاتر از اهداف برنامه و در بخش‌های کشاورزی، معدن و خدمات کمتر از اهداف برنامه است. در خصوص وضعیت مصرف آب در بخش‌های اقتصادی، با توجه به هدف حداقل‌سازی مصرف آب در مدل، نتایج هر دو سناریو نشان می‌دهد که بخش‌های کشاورزی و دام و طیور سقف ۷۵۰ میلیون متر مکعب آب در اختیار را مصرف نموده و آب مازادی را در اختیار دیگر بخش‌ها قرار نداده‌اند. در عین حال اهداف تولید این بخش‌ها نیز محقق نگردیده است. در سایر بخش‌های اقتصادی که در هر دو سناریو اهداف تولید آنها محقق گردیده است (به غیر از بخش معدن در سناریوی

#### ۴- نتایج و بحث

در راستای تحلیل اثرات محدودیت منابع آب بر تحقق اهداف اقتصادی استان، مدل ترکیبی برنامه‌ریزی آرمانی با داده-ستانده (رابطه ۵)، در قالب نرم‌افزار Lingo نسخه ۹ کدنویسی و اجرا گردید. به منظور ارزیابی دقیق‌تر نتایج، بر اساس وضعیت بهره‌وری، مدل در دو سناریو اجرا گردید. در سناریو اول فرض شد که بهره‌وری بخش‌ها (شدت مصرف آب و نیروی کار) در سال ۱۳۹۶ (سال هدف) معادل سال ۱۳۹۲ (سال پایه) می‌باشد. در سناریوی دوم فرض گردید که بهره‌وری بخش‌ها در سال هدف معادل اهداف برنامه ششم رشد نموده است. نتایج حاصل از اجرای مدل در جداول ۱ و ۲ درج گردیده است. نتایج نشان می‌دهد که در هر دو حالت، دستیابی به رشد ۸ درصدی مدنظر برنامه در حوزه تولید محقق نمی‌شود. در سناریوی اول، بخش کشاورزی به دلیل محدودیت منابع آبی و عدم ارتقاء بهره‌وری مصرف آب، با کاهش سالیانه ۵/۹ درصدی تولید مواجه خواهد بود. علاوه بر آن در دو بخش دام و طیور و معدن نیز رشد تحقق یافته بر اساس تولید برآوردی مدل، کمتر از رشد هدف‌گذاری برنامه خواهد بود. در مقابل، در بخش‌های صنعت ساخت و خدمات اهداف تولید تحقق پذیر بوده و تقریباً معادل برنامه، سطح تولید رشد می‌نماید. در دو بخش آب، برق و گاز و ساختمان نیز شاهد تحقق رشدهای تولید بالاتر از هدف برنامه هستیم. در مجموع نیز رشد کلی اقتصاد در این حالت ۶/۹ درصد خواهد بود. در سناریوی دوم، به دلیل کاهش شدت مصرف آب و در واقع بهبود بهره‌وری مصرف آب، وضعیت تولید نسبت به حالت اول بهبود می‌یابد. به گونه‌ای که به غیر از دو بخش کشاورزی و دام و طیور، در سایر بخش‌ها اهداف تولید کاملاً تحقق می‌یابد. رشد کلی تولید در این سناریو مبتنی بر محدودیت‌های مدل، ۷/۳ درصد برآورد

این مطالعه می‌تواند راهنمای مؤثری در مدیریت مصارف آب در بخش‌های اقتصادی در مواجهه با محدودیت آب و تعدد اهداف باشد.

### ۵- خلاصه و جمع‌بندی

در این تحقیق به منظور بررسی و تحلیل اثرات محدودیت منابع آب بر تحقق اهداف کلان اقتصادی استان یزد در چارچوب اهداف برنامه ششم توسعه، از روش داده-ستانده و تلفیق آن با مدل برنامه‌ریزی آرمانی استفاده شده است. استفاده از چنین مدل ترکیبی می‌تواند ضمن لحاظ محدودیت‌های مختلف از جمله محدودیت آب در دسترس، امکان تحقق اهداف چندگانه نظیر تولید، اشتغال و بهره‌وری را نیز بررسی نموده و ترکیب بهینه تخصیص آب در بخش‌ها را مبتنی بر ارتباطات بین‌بخشی مشخص نماید. برخی از نتایج حاصل از اجرای مدل در استان یزد مبین آن است که، (۱) بخش‌های صنعت ساخت به واسطه ارتباطات گسترده با سایر بخش‌ها، توان تحقق اهداف تولید و اشتغال را در شرایط محدودیت نسبی منابع آب دارا می‌باشند، مشروط به اینکه آب مورد نیاز آنها در دشت‌های مختلف که پتانسیل آبی آنها متفاوت است، تأمین شود، (۲) اهداف تولید و اشتغال الزاماً همراستا نیستند.

اول)، مقدار ۱۶/۶ میلیون مترمکعب آب در سناریوی اول و ۲۱/۴ میلیون مترمکعب در سناریوی دوم نسبت به سقف آب در اختیار صرفه‌جویی می‌گردد. میزان صرفه‌جویی بالاتر در سناریوی دوم نیز ناشی از بهره‌وری بالاتر مصرف آب در بخش‌هاست. بدیهی است با افزایش سطح تولید بخش‌ها در سال‌های بعد، تحقق هدف تولید منوط به ارتقاء سطح بهره‌وری از یک‌سو و تأمین منابع آبی جدید از سوی دیگر است که در این راستا انتقال آب از دریا برای صنعت و معدن و شرب (شامل خدمات) در دستور کار قرار دارد که لازم است در اجرای آن تسریع گردد.

همانطور که از نتایج مشخص است مدل ترکیبی داده-ستانده و برنامه‌ریزی آرمانی مورد استفاده، می‌تواند ضمن بررسی امکان تحقق یا عدم تحقق اهداف مختلف در مواجهه با محدودیت‌های مشخص، ترکیب مطلوب و بهینه‌ای از تخصیص منابع آب بین بخش‌ها را در جهت دستیابی به تولید و اشتغال حداکثری ارائه نماید. در عین حال که حداقل‌سازی سطح مصرف آب نیز مدنظر باشد. این نتیجه، محصول ویژگی منحصر بفرد مدل‌های داده-ستانده در توجه به روابط و تبادلات بین بخشی از یک‌سو و امکان لحاظ اهداف متعدد در مدل برنامه‌ریزی آرمانی از سوی دیگر می‌باشد. بنابراین روش مورد استفاده

Table 1- Status of economic goals in the first scenario (billion rials-percent- people -1000 cubic meters)

جدول ۱- وضعیت تحقق اهداف اقتصادی در سناریوی اول (میلیارد ریال- درصد- نفر- هزارمترمکعب)

Sector	Production (Model Estimate)	Annual production growth compared to base year	Annual growth of production (sixth development plan)	Employment (Model Estimate)	Annual employment growth compared to base year	Annual growth of employment (sixth development plan)	Water Consumption (Model Estimate)
Agriculture	21513	-5.9	8	24738	-4.0	3.9	739029
Livestock	13481	4.8	8	15501	3.1	3.9	10971
Mine	49820	7.0	8.8	13855	4.6	4.6	14101
Food product	18103	9.3	9.3	12783	6.1	3.4	5584
Textiles	16093	9.3	9.3	19895	6.1	3.4	1742
Apparel	631	9.3	9.3	2513	6.1	3.4	16
Leather	120	9.3	9.3	303	6.1	3.4	19
Wood	2169	10.1	9.3	2153	6.6	3.4	30
Paper	2723	11.3	9.3	1892	7.4	3.4	642
Coke	103	9.3	9.3	70	6.1	3.4	77
Chemical	6442	9.3	9.3	1529	6.1	3.4	1287
Rubber	10636	9.3	9.3	3853	6.1	3.4	1384
Nonmetallic mineral	37598	9.3	9.3	26976	6.1	3.4	16815
Basic metals	68238	9.3	9.3	5848	6.1	3.4	12510
Metal products	12260	9.3	9.3	10149	6.1	3.4	388
Machines	10104	9.4	9.3	6754	6.2	3.4	538
Office and ...	70	9.3	9.3	528	6.1	3.4	28
Vehicles	289	9.3	9.3	475	6.1	3.4	30
Furniture and other	1236	9.3	9.3	4437	6.1	3.4	153
Water, electricity and gas	13271	13.9	9	7566	9.1	6.6	3472
Building	23917	9.8	7.5	57623	6.4	3.7	897
Services	130545	5.8	5.8	191927	3.8	4.3	23650
Total	439363	6.9	8	411366	4.1	3.9	833364

**Table 2- Status of economic goals in the second scenario (billion rials-percent- people -1000 cubic meters)**  
**جدول ۲- وضعیت تحقق اهداف اقتصادی در سناریوی دوم (میلیارد ریال- درصد- نفر- هزار مترمکعب)**

Sector	Production (Model Estimate)	Annual production growth compared to base year	Employment (Model Estimate)	Annual employment growth compared to base year	Water Consumption (Model Estimate)	Annual growth in water and labor productivity
Agriculture	24546	-2.8	24782	-4.0	740365	3.2
Livestock	13484	4.8	13614	0.9	9635	3.2
Mine	53303	8.8	13450	4.1	13690	2.4
Food product	18103	9.3	11790	4.7	5151	2.0
Textiles	16093	9.3	18350	4.7	1607	2.0
Apparel	631	9.3	2318	4.7	15	2.0
Leather	120	9.3	279	4.7	17	2.0
Wood	2169	10.1	1986	5.2	28	2.0
Paper	2723	11.3	1745	6.0	592	2.0
Coke	103	9.3	64	4.7	71	2.0
Chemical	6442	9.3	1411	4.7	1187	2.0
Rubber	10636	9.3	3554	4.7	1276	2.0
Nonmetallic mineral	37598	9.3	24882	4.7	15510	2.0
Basic metals	68238	9.3	5396	4.7	11539	2.0
Metal products	12260	9.3	9361	4.7	358	2.0
Machines	10104	9.4	6230	4.8	497	2.0
Office and ...	70	9.3	487	4.7	26	2.0
Vehicles	289	9.3	438	4.7	28	2.0
Furniture and other	1236	9.3	4093	4.7	141	2.0
Water, electricity and gas	13272	13.9	6979	7.6	3203	2.0
Building	23917	9.8	51436	4.4	801	2.8
Services	130545	5.8	185861	3.3	22902	0.8
Total	445884	7.3	388505	3.2	828638	2.8

برای حفظ و توسعه اشتغال متناسب با پتانسیل‌های توسعه‌ای، حفظ سکونتگاه‌ها و ارتقاء وضعیت محیط زیست منطقه مؤثر باشد. (۴) در حوزه کشاورزی به عنوان مصرف‌کننده اصلی منابع آب، تولید محصولات با ارزش افزوده بالا و کم آبخواه (محصولات گلخانه‌ای و دام و طیور پرورده) به عنوان راهبرد اساسی بخش مدنظر باشد. در عین حال بخشی از باغات که جنبه حفظ و بهبود شرایط زیست محیطی را نیز دارا هستند، حفظ گردند.

(۵) سیاست‌ها به گونه‌ای تنظیم شوند تا فعالیت‌های صنعتی و معدنی در نواحی دارای پتانسیل بویژه قطب‌های معدنی که از وضعیت آبی بهتری در مقایسه با محور مهریز- عقدا (به عنوان محور اصلی فعلی توسعه استان) برخوردارند، توسعه یابد. (۶) رونق و توسعه فعالیت‌های ساختمانی در گستره استان و حتی کشور با عنایت به نیازهای موجود و همچنین وجود واحدهای متعدد صنعتی مرتبط در یزد از جمله کاشی و سرامیک (به عنوان قطب اصلی تولید کشور)، آجر، سیمان و گچ و غیره از جمله راهکارهای حفظ و توسعه سطح اشتغال در منطقه خواهد بود.

#### ۶- مراجع

Ahmad I, Tang D (2016) Multi-objective linear programming for optimal water allocation based on satisfaction and economic criterion. Arabian Journal of Science and Engineering 41:1421-1433

افزایش تولید همراه با ارتقاء بهره‌وری می‌تواند به کاهش تعداد اشتغال منجر شود. بنابراین در پاره‌ای از موارد برای توسعه اشتغال باید از افزایش تولید مبتنی بر تکنولوژی صرف‌نظر کرد. عدم همراستایی اهداف تولید و اشتغال در بخش‌های معدن و خدمات در این مطالعه کاملاً محرز است، (۳) دستیابی به اهداف تولید در بخش کشاورزی با توجه به محدودیت منابع آبی، مستلزم ارتقاء قابل ملاحظه بهره‌وری مصرف آب (بیش از اهداف برنامه) و توسعه فعالیت‌های پر بازده می‌باشد (۴) توسعه فعالیت‌های ساختمانی و آب، برق و گاز می‌تواند به تحقق همزمان اهداف تولید و اشتغال کمک نماید.

بر این اساس، پیشنهادات زیر می‌تواند در راستای افزایش سطح تولید و اشتغال و حفظ و بهبود وضعیت زیست محیطی منطقه با وجود محدودیت منابع آبی، مؤثر باشد:

(۱) جهت دستیابی به رشدهای بالاتر اقتصادی و استفاده بهینه از منابع آبی، اصل ارزش‌گذاری اقتصادی آب مدنظر برنامه‌ریزان در سطوح ملی و استانی قرار گیرد.

(۲) در اولویت‌بندی توسعه فعالیت‌های اقتصادی ضمن توجه به ملاحظات اجتماعی و زیست محیطی، شاخص‌های میزان تولید، اشتغال و مصرف آب بخش‌ها مدنظر قرار گیرد.

(۳) بهره‌برداری مطلوب از پساب، ذخیره‌سازی آبهای سطحی و احیاء قنوات با استفاده از دانش روز می‌تواند در مدیریت تأمین حداقلی آب

- structure optimization on energy conservation and GHG emission reduction in China. *International Journal of Computational Intelligence Systems* 12(2):1311–1322
- Mubakoa S, Lahirib S, and Lantc C (2013) Input–output analysis of virtual water transfers: Case study of California and Illinois. *Ecological Economics* 93:230–238
- Sargazi A (2017) Planning and optimal allocation of water resources in the agricultural sector using fuzzy programming approach (Case study of Someh Sara city). *Iran-Water Resources Research* 13(2):74-81 (In Persian)
- Schaffer W (1999) Regional impact models. *Web Book of Regional Science*, Retrieved from <http://www.rri.wvu.edu/>
- UN-Water (2018) The united nations world water development report 2018: Nature-based solutions for water. Paris, UNESCO
- Velazquez E (2006) An input–output model of water consumption: Analysing intersectoral water relationships in Andalusia. *Ecological Economics* 56:226–240
- Feng K, Chapagain A, Suh S, Pfister S, and Hubacek K (2011) Comparison of bottom-up and top-down approaches to calculating the water footprints of nations. *Economic Systems Research* 23(4):371-385
- Flegg TA and Tohmo T (2017) The regionalization of national input-output tables: a study of South Korean regions. University of the West of England, Economics Working Paper Series 1705
- Freire-González J, Decker CA, and Hall JW (2018) A linear programming approach to water allocation during a drought. *Water* 363(10):1-14
- Habibi Davijani M, Banihabib M E, Nadjafzadeh Anvar A and Hashemi S R (2016) Multi-objective optimization model for the allocation of water resources in arid regions based on the maximization of socioeconomic efficiency. *Water Resources Management* 30:927–946
- Hoekstra AY and Hung PP (2002) Virtual water trade a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. *Value of Water Research Report Series NO. 11*, UNESCO, IEIE, Delft, the Netherlands
- Lin PP, Li DF, Jiang BQ, Wei AP, and Yu GF (2019) Regional input–output multiple choice goal programming model and method for industry