

برآورد پارامتریک تابع تقاضای شرطی آب در صنایع کارخانه‌ای ایران

*محمد نبی شهیکی تاش^۱، هانیه موسوی^۲، مصطفی خواجه حسنی رابری^۳

۱. دانشیار گروه اقتصاد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

۲. کارشناس ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه آزاد اسلامی، زاهدان، ایران

۳. دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

(دریافت: ۱۳۹۹/۷/۴ پذیرش: ۱۳۹۹/۹/۱۰)

Parametric Estimation of Conditional Water Demand Function in Iran's Manufacturing Sector

*Mohammad Nabi Shahiki Tash¹, Haniye Mousavi², Mostafa Khajeh Hasani Rabori³

1. Associate Professor of Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

2. M.A. of Industrial Engineering, Azad University, Zahedan, Iran

3. Ph.D. Student of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

(Received: 25/Agu/2020 Accepted: 30/Nov/2020)

چکیده:

Abstract:

Water shortage in Iran is one of the main restriction on development of economic activity in the coming decades. The main purpose of this study is to estimate water demand function in Iran's manufacturing industries using Translog cost function. Iran's manufacturing industries data from 2004 to 2014 is used for this purpose. The results show all the Allen partial elasticities are correctly negative as expected. In other words, the inverse relationship between price and demand quantities is approved. All price elasticities have negative sign as expected and also the water price elasticity is greater than the price elasticities of other inputs in absolute value which means the sensitivity of water demand to price changes is higher than other inputs. Energy, capital and labor ranke 2nd, 3rd and fourth in term of price elasticity. The absolute value of all input price elasticities are smaller than one and therefore the demand for all inputs is inelastic. The value of all Morishima elasticities are positive which indicate that the inputs are substitution. Based on the research findings and especially considering that the price elasticity of water input is about one, it seems that pricing policies will not effectively reduce water demand in manufacturing sector.

Keywords: Function, Water, Industry, Price elasticity, Morishima and Allen elasticity of substitution.

JEL: L6, Q25.

کمیاب آب در ایران یکی از عوامل محدود کننده اصلی توسعه فعالیت‌های اقتصادی در دهه‌های آینده به شمار می‌رود. از اینرو هدف اصلی این تحقیق، برآورد تابع تقاضای آب در صنایع کارخانه‌ای ایران است و بدین منظور از تابع هزینه ترانسلاگ استفاده شده است. داده‌های به کار رفته در این تحقیق مربوط به صنایع کارخانه‌ای ایران در طی سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۶ می‌باشد. نتایج حاصل از برآزش مدل نشان می‌دهد که، همه کشش‌های جزئی آلن علامت صحیح و مورد انتظار منفی را دارند. به عبارت دیگر رابطه معکوس بین قیمت و مقدار تقاضا در آن‌ها نشان داده می‌شود. همه کشش‌های قیمتی علامت صحیح و مورد انتظار منفی دارند و مقدار کشش قیمتی تقاضا برای نهاده آب از لحاظ قدرمطلق بیش از بقیه نهاده‌ها است. به عبارت دیگر حساسیت تقاضای نهاده آب به تغییرات قیمت بیشتر از بقیه نهاده‌ها است. نهاده‌های انرژی، سرمایه و نیروی کار در رده‌های بعدی قرار دارند. قدر مطلق مقدار عددی کشش‌های قیمتی خودی همه نهاده‌ها کمتر از یک بوده و بنابراین می‌توان گفت که تقاضا برای همه نهاده‌ها بی-کشش است. مقادیر کشش جانشینی موریشیما (MSE) مثبت است که دلالت بر جانشینی نهاده‌ها دارد. با توجه به یافته‌های تحقیق و بویژه با در نظر گرفتن این نکته که کشش قیمتی نهاده آب حدوداً یک است، به نظر می‌رسد سیاست‌های قیمتی تأثیری در کاهش تقاضا و صرفه جویی در مقدار آب نخواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: تابع تقاضا، آب، صنعت، کشش قیمتی، آلن،

موریشیما.

طبقه‌بندی JEL: L6, Q25.

۱- مقدمه

طی قرن اخیر رشد سریع جمعیت و شهرنشینی در کشورهای در حال توسعه، منجر به محدودیت منابع آب و تشدید آلودگی شده، لذا ضرورت توجه به آب به عنوان یک کالای اقتصادی و مدیریت مصرف آن هر چه بیشتر آشکار شده است. ایجاد مسأله بحران آب، لزوم توجه به مدیریت منابع آبی را ایجاب می‌کند. یکی از حوزه‌های مربوط به مدیریت آب، مدیریت تقاضای آب می‌باشد. به منظور به کارگیری سیاست‌های صحیح در این تحقیق، شناخت بخش تقاضای آب و تخمین تابع تقاضای آن در بخش صنعت لازم و ضروری به نظر می‌رسد. گزارش مرکز آمار براساس سرانه مصرف آب صنعتی نشان می‌دهد که بیشترین میزان مصرف مربوط به کد فعالیت ۲۴ (صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی) است؛ این گروه فعالیت در سالیان گذشته روندهای متناوبی را طی کرده ولی در سال ۹۰ کاهش چشمگیر سرانه مصرف را تجربه کرده است. گروه فعالیت «تولید کاغذ و محصولات کاغذی» رتبه بعدی را در اختیار دارد که روند قبلی خود را حفظ کرده است. نکته قابل تامل مربوط به کد فعالیت ۲۳ (صنایع تولید زغال کک- پالایشگاه‌های نفت و سوخت هسته‌ای) است. این گروه در سال‌های اخیر همواره به‌عنوان رتبه اول در سرانه مصرف آب در بخش صنعت معرفی شده است، ولی بعد از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها، مصرف آب در صنعت مذکور با کاهش روبه‌رو شده است؛ به نحوی که سرانه مصرف آب این صنعت در چند سال اخیر روند نزولی داشته و در سال ۹۶ به کمترین میزان خود رسیده است. استفاده از چاه‌های آب اختصاصی در کارگاه‌های کد فعالیت ۲۳ (صنایع تولید زغال کک- پالایشگاه‌های نفت و سوخت هسته‌ای) می‌تواند یکی از دلایل این کاهش باشد. میزان مصرف آب در این صنعت در سال ۸۴ معادل ۴/۱۶ هزار مترمکعب به ازای هر نفر بوده که از سال ۸۶ به ۸/۱۶ هزار مترمکعب به ازای هر نفر می‌رسد. اما از سال ۸۷ روند نزولی مصرف آب در این گروه شروع می‌شود؛ به طوری که در سال ۸۷ مصرف آب در این گروه به ۷/۱۲ هزار مترمکعب به ازای هر نفر می‌رسد و در سال ۸۸ نیز مصرف آب در این گروه به ۵/۸ هزار مترمکعب به ازای هر نفر کاهش می‌یابد. تقریباً در تمامی صنایع پرمصرف یعنی «صنایع مواد غذایی و آشامیدنی»، «تولید کاغذ و محصولات

کاغذی»، «صنایع تولید زغال کک- پالایشگاه‌های نفت و سوخت‌های هسته‌ای»، «صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی» و «تولید فلزات اساسی» (گروه فعالیت‌های ۱۵، ۲۱، ۲۳، ۲۴ و ۲۷) عمدتاً کاهش سرانه مصرف مشهود است. براساس داده‌های جدول ۱، در سال ۹۶ بالاترین سهم مصرف آب در میان گروه‌های فعالیت صنعتی در بخش «صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی» (گروه فعالیت ۲۴) است. «صنایع مواد غذایی و آشامیدنی» و «تولید فلزات اساسی» جمعاً بیش از ۴۰ درصد آب مصرفی صنعت را استفاده کرده‌اند. این سه گروه فعالیت تقریباً بیش از ۸۰ درصد آب صنعتی در کارگاه‌های بالاتر از ۱۰ نفر کارکن را استفاده می‌کنند. رشد سهم گروه فعالیت ۲۴ در سال‌های اخیر بسیار چشمگیر بوده است، به نحوی که در سال ۸۴ این گروه فعالیت فقط ۱۲/۲ درصد از آب صنایع را مصرف کرده است و در رتبه سوم پرمصرف‌ترین صنایع قرار داشته است، این در حالی است که در سال ۸۶ رشد قابل ملاحظه‌ای در این گروه را شاهد هستیم و مصرف آب در این گروه به ۲۸/۵ درصد رسیده است. در سال ۸۹ نیز بار دیگر شاهد رشد بسیار زیاد مصرف آب (۳۷/۶ درصد) در این صنعت هستیم. گروه فعالیت ۲۳ (صنایع تولید زغال کک- پالایشگاه‌های نفت و سوخت‌های هسته‌ای) اما روندی معکوس نسبت به گروه فعالیت ۲۴ (صنایع تولید مواد و محصولات شیمیایی) داشته است. این گروه فعالیت در سال ۸۴ تقریباً ۳۳ درصد از کل آب مصرفی بخش صنعت را استفاده کرده و در ادامه سهم مصرف این گروه با روندی تقریباً کاهشی روبه‌رو بوده؛ به نحوی که در سال ۸۹ معادل ۱۳/۸ درصد سهم از آب بخش صنعت را داشته و در سال ۹۶ این سهم به ۵/۳ درصد رسیده است. با رشد روزافزون جمعیت، توسعه فعالیت‌های اقتصادی و بهبود سطح استانداردهای زندگی، تقاضا برای آب افزایش یافته و نیاز به سرمایه‌گذاری در جهت استحصال آب به مراتب بیشتر شده است. بنابراین اعمال مدیریت تقاضای آب به عنوان رویکردی جدید در مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب ضروری به شمار می‌آید.

جدول ۱. سهم آب مصرفی در گروه‌های فعالیت ۲ رقمی ISIC از کل صنعت

| کد | صنایع | | |
|----|-------|-------|-------|
| | ۱۳۸۴ | ۱۳۹۰ | ۱۳۹۶ |
| | ۱۰۰ | ۱۰۰/۰ | ۱۰۰/۰ |
| ۱۵ | ۲۰/۴ | ۳۱/۷ | ۱۸/۰ |
| ۱۶ | ۰/۱ | ۰/۰ | ۰/۰ |
| ۱۷ | ۱/۵ | ۰/۷ | ۱/۴ |
| ۱۸ | ۰/۱ | ۰/۰ | ۰/۱ |
| ۱۹ | ۰/۲ | ۰/۱ | ۰/۱ |
| ۲۰ | ۰/۲ | ۰ | ۰/۱ |
| ۲۱ | ۹/۰ | ۳/۱ | ۵/۴ |
| ۲۲ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۶ |
| ۲۳ | ۳۲/۷ | ۱۳/۸ | ۵/۳ |
| ۲۴ | ۱۲/۲ | ۲۷/۶ | ۴۰/۰ |
| ۲۵ | ۰/۷ | ۰/۶ | ۱/۵ |
| ۲۶ | ۴/۹ | ۳/۸ | ۶/۸ |
| ۲۷ | ۱۱/۷ | ۵/۹ | ۱۲/۸ |
| ۲۸ | ۱/۳ | ۰/۶ | ۱/۳ |
| ۲۹ | ۲/۰ | ۰/۷ | ۴/۰ |
| ۳۰ | ۰/۰ | ۰/۰ | ۰/۰ |
| ۳۱ | ۰/۸ | ۰/۳ | ۰/۶ |
| ۳۲ | ۰/۱ | ۰/۰ | ۰/۱ |
| ۳۳ | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۱ |
| ۳۴ | ۱/۸ | ۰/۷ | ۱/۳ |
| ۳۵ | ۰/۶ | ۰/۳ | ۰/۳ |
| ۳۶ | ۰/۲ | ۰/۲ | ۰/۳ |
| ۳۷ | ۰/۰ | ۰/۰ | ۰/۰ |

منبع: محاسبات تحقیق با توجه به داده‌های جمع‌آوری شده از پایگاه داده‌های مرکز آمار ایران.

کارخانه‌ای ایران به چه صورت می‌باشد؟ ۲- کدام صنایع بیشترین ضریب مصرف آب را داشته‌اند؟ ۳- تابع تقاضای صنعتی آب در بخش صنعت ایران مبتنی بر چه الگویی می‌باشد؟ ۴- کشش جزئی و کشش آلفا- اوزاوا نهاده‌های صنعتی و آب در بخش صنعت به چه صورت می‌باشد؟

۲. پیشینه تحقیق

در خصوص مسائل اقتصادی مرتبط با آب به ویژه تقاضا برای آب مطالعات متعددی در اغلب کشورها صورت گرفته است. رنزتی^۱ (۱۹۸۸) با استفاده از تابع کاب داگلاس و به کمک روش کمترین مربعات دو مرحله‌ای به برآورد تقاضای آب برای

در ایران نیز در چند سال اخیر پیرامون تقاضا برای آب مطالعاتی انجام شده است. در حالی که مطالعات قابل توجهی در زمینه تقاضای آب برای مصارف خانگی و کشاورزی انجام شده است ولی به دلیل نبود اطلاعات قابل اطمینان در زمینه مصرف آب بنگاه‌ها، تحقیقات چندانی در مورد تقاضای آب صنعتی مخصوصاً در کشورهای در حال توسعه از جمله ایران انجام نشده است.

بنابراین هدف این تحقیق شناسایی صنایعی است که بیشترین مصرف آب را داشته‌اند و همچنین در این تحقیق ارزیابی کشش‌های قیمتی، آلفا و موریشیما نیز به عنوان اهداف محوری مقاله بشمار می‌روند. به عبارت دیگر این مقاله بدنبال پاسخ به سوالات زیر است: ۱- الگوی مصرف در بخش صنایع

بخار و شستشو و بهداشت برآورد کرد.

گرینشتاین و فیلد^۴ (۱۹۷۹) به بررسی وضعیت آب صنعتی در بنگاه‌های آمریکا پرداخت. در این مطالعه آب به عنوان یک نهاده تولید در نظر گرفته شده است که طی آن به بررسی کنش جانشینی بین نهاده آب و سایر عوامل تولید در بخش صنعت ایالت متحده آمریکا پرداخته شده است. داده‌های موردنیاز در سال ۱۹۷۳ طی تحقیقات انجام شده برای سری‌ای از قیمت‌های آب گردآوری شده‌اند. این داده‌ها توسط سازمان آب صنعتی آمریکا^۵ (AWWA) و شرکت M&M^۶ جمع آوری شده است. آن‌ها از این طریق هزینه بنگاه‌ها بر روی آب را به کمک ضریب این قیمت‌ها در مقدار پساب آن‌ها به دست آوردند. سهم هزینه آب برای مجموعه AWWA ۲/۱ درصد و برای سری M&M برابر ۱/۹ درصد محاسبه گردیده است. آن‌ها از تابع هزینه ترانسلوگ برای برآورد کنش‌ها استفاده کرده‌اند و استفاده از تنها یک معادله تولید برای کل بخش صنعت آمریکا را از معایب این روش دانسته‌اند. کنش قیمتی آب در تابع تقاضا برای داده‌های سری AWWA برابر ۰/۳۲۶ و برای سری M&M برابر ۰/۸۰۱ می‌باشد. در نهایت آن‌ها به این نکته اشاره کرده‌اند که آب و سرمایه بعنوان ۲ کالای مکمل ولی با نیروی کار جانشین محسوب می‌شوند.

در مطالعه باین، ویلز و آلن^۷ (۱۹۸۲) همانند گروه قبل آن‌ها نیز تابع تقاضای آب را برای بنگاه‌های صنعتی آمریکا برآورد کرده‌اند. روش مورد استفاده آن‌ها در برآورد تابع تقاضا همان روش SUR جهت تخمین پارامترهای معادلات سهمی می‌باشد. کنش تقاضای آب برای کل بخش صنعت برابر ۰/۵۶ می‌باشد به طوری‌که این کنش در بخش صنایع غذایی برابر ۰/۱۴ و در بخش صنایع کاغذ سازی برابر ۰/۶۶ است. در این مطالعه مشاهده می‌شود که ۲ نهاده آب و سرمایه به عنوان جانشین یکدیگر محسوب می‌شوند در حالی که در صنایع غذایی، فلزات و الکتریکی همین دو عامل به عنوان مکمل یکدیگرند. سرمایه و نیروی کار نیز برای تمام صنایع به عنوان دو کالای جانشین محسوب می‌شوند. در این مطالعه تغییرات در قیمت آب تاثیرات ناچیزی در مصرف دیگر نهاده‌ها دارد؛ اما عکس این قضیه نادرست است به عنوان مثال کنش متقاطع

بنگاه‌های صنعتی کانادا پرداخته است. همچنین رنرتی در سال ۱۹۹۲ از تابع ترانسلوگ هزینه و روش کمترین مربعات سه مرحله‌ای برای بررسی تاثیر قیمت آب بر روی انواع آب‌های ورودی به کارخانه، آب‌های در گردش و همچنین آب‌های مورد استفاده در مراحل قبلی تولید در کانادا استفاده کرده است. مشکل استفاده از این روش نیز همانند برآورد تک معادله‌ای استفاده از میانگین هزینه بجای قیمت آب می‌باشد.

وانگ و لال^۱ در سال ۲۰۰۲ از تابع ترانسلوگ و از روش SUR برای برآورد تابع تقاضای آب صنعتی در چین استفاده کرده‌اند. آن‌ها از هزینه نهایی آب صنعتی بجای قیمت آن در مدل خود استفاده کرده‌اند.

رس^۲ (۱۹۶۹) به بررسی تقاضای آب صنایع جنوب شرقی انگلستان در گروه‌های مختلف صنعتی برحسب نوع آب مصرفی پرداخت. وی معتقد بود که در مصرف آب برای سیستم خنک‌کنندگی در بنگاه‌های صنعتی مختلف تفاوت‌های زیادی وجود دارد. به طور مثال آب مورد استفاده برای خنک‌سازی در بخش صنایع غذایی ۶۵ درصد و در معادن تنها ۲۵ درصد است و صنایع پوشاک و چرم نیازی به این نوع مصرف ندارند. طبق نتایج حاصل از مطالعات رس صنایع کاغذسازی و شیمیایی بیش‌ترین مصرف آب را دارند. او از روش حداقل مربعات معمولی برای برآورد تابع تقاضای آب صنعتی استفاده کرده است و کنش قیمتی آب را برای گروه‌های مختلف صنعتی بدست آورده است. این کنش نشان دهنده تاثیر به سزای قیمت آب بر روی تقاضای آن از طرف صنایع بوده است. تنها در صنایع شیمیایی آن هم در پایین‌ترین قیمت مشاهده شده، بی کنش بوده است.

در مطالعه دی روی^۳ (۱۹۷۴) به بررسی تقاضای آب در ۳۰ بنگاه صنایع شیمیایی در سال ۱۹۶۵ پرداخته شده است. او به کمک تابع کاب داگلاس و از روش تخمین حداقل مربعات معمولی برای تخمین تابع تقاضای آب را در این بنگاه‌ها استفاده کرده است. متغیرهای توضیحی در این تابع قیمت آب که همان هزینه میانگین بر روی آب مصرفی، نیروی کار، سرمایه و شاخص تکنولوژیکی بنگاه می‌باشند. او توابع تقاضای جداگانه‌ای برای هر یک از مصارف خنک‌کنندگی، تولید، تولید

4. Gerbenstein & Field, 1979
5. American Water Work Association
6. Mattern & Montanary
7. Babin, Willis & Allen, 1982

1. Wang & Lall
2. Ress, 1969
3. De Rooy, 1974

تولید کاب-داگلاس و ترانسندنتال به ترتیب برابر با ۴۴۸۶ و ۳۵۵۸ ریال می‌باشد.

لاوین و همکاران^۴ (۲۰۲۰)، در مطالعه خود به بررسی تابع تقاضای آب صنعت کشور شیلی پرداختند. آن‌ها در این مطالعه برای تخمین تابع تولید ترانسلوگ از اطلاعات بین‌المللی ده هزار کارخانه صنعتی در سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۴ استفاده کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد که علی‌رغم اینکه بین انرژی و آب که رابطه‌ای مکمل دارند بین سایر نهادهای تولید رابطه جانشینی مشاهده می‌شود.

بابایی نژاد و همکاران (۱۳۸۱) نیز در مطالعه‌ای که در سال ۱۳۸۰ بر روی کارخانه قند اصفهان صورت گرفت، نشان دادند که با اعمال روش‌های پیشنهادی کاهش مصرف آب در مرحله اول، میزان مصرف آب تازه کارخانه از ۳۳۸ مترمکعب به کمتر از ۱۵۰ مترمکعب به ازای هر صد تن چغندر قند کاهش می‌یابد. در این مطالعه ضمن ارائه برنامه کاهش مصرف آب در مراحل بعدی نشان داده شده که می‌توان میزان مصرف آب تازه کارخانه را تا میزان ۵۰ مترمکعب به ازای صد تن چغندر نیز کاهش داد.

پژویان و حسینی (۱۳۸۲) در یک مطالعه‌ای با استفاده از تابع مطلوبیت استون گری و داده‌های سری زمانی دوره ۱۳۶۱-۱۳۷۹ نسبت به برآورد تابع تقاضای آب خانگی برای شهر تهران اقدام نموده‌اند و در دو حالت نقطه‌ای و میانگین دوره کثش قیمتی تقاضا را ۰/۰۸- و ۰/۱۲- و کثش درآمدی تقاضا را ۰/۱۳ و ۰/۲۰ بدست آورده‌اند و نتیجه گرفته‌اند که آب یک کالای کم کثش و ضروری است در ضمن حداقل آب مصرفی شهروندان تهرانی را ۹۲ لیتر در روز برآورد نموده‌اند.

قادرزاده و جزایری (۱۳۹۷) به تعیین ارزش اقتصادی و تابع تقاضای آب در تولید محصول یونجه در دشت دهگلان پرداختند. آن‌ها پس از تخمین توابع تولید انعطاف‌پذیر و انعطاف ناپذیر و با توجه به آزمون‌های اقتصادسنجی دو تابع کاب-داگلاس و ترانسندنتال به عنوان توابع برتر انتخاب کردند. نتایج نشان داد، اختلاف موجود بین ارزش اقتصادی و هزینه تمام شده آب می‌تواند یکی از دلایل مصرف بیش از حد و عدم صرفه‌جویی آب در تولید محصول یونجه باشد.

قیمتی بین سرمایه و آب برابر ۰/۱۶ است در حالیکه همین کثش برای انرژی و سرمایه برابر ۰/۷۱ است.

در مطالعه ویلیامز و سا^۱ (۱۹۸۶) به بررسی تاثیر قیمت آب بر روی تقاضای آن در مصارف صنعتی به کمک سه نرخ متفاوت قیمت آب (۱- هزینه متوسط آب خریداری شده ۲- نرخ واقعی صورت حساب آب ۳- قیمت نهایی آن) پرداخته شده است. کثش‌های قیمتی برای آب صنعتی بیشتر از کثش آن برای بخش مسکونی و کشاورزی محاسبه شده است. این حساسیت تقاضای آب در صنعت نسبت به قیمت نشان دهنده این است که مصرف کنندگان آن بیشتر مایل به پیدا کردن منبع جایگزینی برای تولید یا بازگرداندن آب به فرآیند تولید می‌باشند.

در مطالعه گوررو^۲ (۲۰۰۵) به بررسی تقاضای آب صنایع در کشور مکزیک پرداخته شده است که در آن با استفاده از تابع ترانسلوگ و با استفاده از روش SUR تابع هزینه بنگاه‌ها تخمین زده شده است. جامعه آماری مورد بررسی در این تحقیق از ۵۰۰ بنگاه مربوط به ۶ صنعت پر مصرف آب در سال ۱۹۹۴ جمع‌آوری شده است. طبق نتایج بدست آمده مشاهده می‌شود که تقاضای آب در صنعت نسبت به تغییرات قیمت از حساسیت زیادی برخوردار نیست و بی کثش است.

عبدل^۳ (۲۰۱۲) به تعیین ارزش اقتصادی آب آبیاری با روش‌های تخمین تابع تولید و مدل برنامه‌ریزی خطی در دشت همدان-بهار پرداخت. هدف از این پژوهش تعیین ارزش تولید نهایی و قیمت سایه‌ای هر متر مکعب آب آبیاری با کاربرد روش‌های تخمین تابع تولید و برنامه‌ریزی خطی ساده، در محدوده مورد مطالعه صورت گرفته است. در این پژوهش توابع تولید انعطاف‌پذیر ترانسلوگ، درجه دوم تعمیم‌یافته و لئونتیف تعمیم‌یافته و همچنین، توابع انعطاف ناپذیر کاب داگلاس و ترانسندنتال تخمین زده شدند. برای انتخاب تابع برتر، توابع تخمینی مورد آزمون قرار گرفتند و در نهایت، دو تابع کاب-داگلاس و ترانسندنتال به عنوان توابع برتر انتخاب شدند. بر اساس نتایج بدست آمده از تخمین توابع تولید، ارزش تولید نهایی هر متر مکعب آب بر مبنای تابع

1. Williams & Suh, 1986

2. Guerrero, 2005

3. Abdol

4. Lavin & et al.

۳. مبانی نظری

هدف از این پژوهش، تخمین تابع تقاضای آب، با رهیافت پارامتریک بوده و بدین منظور از تابع هزینه بهره گرفته می‌شود. به منظور محاسبه عوامل موثر بر مقدار شدت آب صنایع آب‌بر و تحلیل کلیه اجزای آب، لازم است تا به ارتباط میان آب با سطح تولید، تکنولوژی تولید و قیمت سایر نهاده‌ها در تابع هزینه پرداخته شود. تاکنون پژوهش‌های مختلفی در حوزه اقتصاد آب صورت گرفته است و در بسیاری از پژوهش‌ها از رویکرد پارامتریک و تابع هزینه ترانسلوگ به منظور برآورد تابع تقاضای آب و محاسبه انواع شاخص‌های مرتبط با آب و حامل‌های آب بهره گرفته شده است. (گرینشتاین و فیلد^۱، ۱۹۷۹) در میان انواع توابع انعطاف پذیر، ساختار و فرم تابع هزینه ترانسلوگ به گونه‌ای می‌باشد که روابط متقابل نهاده با سطح تولید، دیگر نهاده‌ها و تکنولوژی تولید (جهت محاسبه تغییرات آب) را در خود گنجانده است، در حالی که دیگر توابع هزینه چنین قابلیت را ندارند. بدین ترتیب مناسب‌ترین فرم تابع، که هم جهت با هدف تحقیق باشد، تابع هزینه ترانسلوگ است (کریستنسن^۲ و همکاران، ۱۹۷۳). شدت آب صنایع آب‌بر در دو دوره کوتاه‌مدت و بلندمدت بررسی می‌شود و در این رویکرد، از سیستم معادلات همزمان کوتاه‌مدت و بلندمدت بهره گرفته می‌شود. لازم به ذکر است که براساس داده‌های مرکز آمار ایران در بخش صنعت، نهاده‌های تولید صنایع، شامل چهار نهاده اصلی نیروی کار، سرمایه، مواد اولیه و آب است، که با توجه به هدف تحقیق مبنی بر مطالعه شدت آب و بررسی کارایی نهاده آب به دو بخش آب و سایر اجزای آب تفکیک می‌شود.

در دوره بلندمدت کلیه نهاده‌ها متغیر می‌باشند و بنگاه قادر است با تغییر قیمت نهاده، مقدار بکارگیری از نهاده را تغییر دهد. فرم کلی تابع هزینه صنایع آب‌بر در دوره بلند مدت به صورت زیر می‌باشد.

$$TC=f(Q,P_L,P_K,P_M,P_O,P_W,T) \quad (1)$$

در رابطه (۱) هزینه کل تولید (TC)، تابعی است از سطح تولید (Q)، قیمت نیروی کار (P_L)، قیمت سرمایه (P_K)، قیمت مواد اولیه (P_M)، قیمت آب (P_W)، قیمت سایر اجزای آب (P_O) و تکنولوژی تولید (T). فرم کلی تابع هزینه کل ترانسلوگ صنایع

آب بر با پنج نهاده متغیر نیروی کار، سرمایه، مواد اولیه، آب و سایر اجزای آب در سیستم معادلات بلندمدت به شرح زیر می‌باشد.

$$\begin{aligned} \ln TC = & \alpha_0 + \alpha_Q \ln Q + \\ & \frac{1}{2} \alpha_{QQ} (\ln(Q))^2 + \sum_{i=1}^5 \alpha_i \ln P_i + \\ & \frac{1}{2} \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 \beta_{ij} \ln p_i \ln p_j + \\ & \sum_{i=1}^5 \beta_{ij} \ln p_i \ln Q + \gamma_T T + \frac{1}{2} \gamma_{TT} T^2 + \\ & \sum_{i=1}^5 \gamma_{iT} \ln P_i T + \gamma_{QT} \ln QT + u \end{aligned} \quad (2)$$

$i, j = L, K, M, O, W$

جهت استخراج توابع سهم هزینه نهاده‌ها، بوسیله لم شفارد، از تابع هزینه ترانسلوگ نسبت به قیمت هر یک از نهاده‌های تولید مشتق گرفته می‌شود (شفارد، ۱۹۷۰). فرم کلی توابع سهم تقاضای (هزینه) نهاده در بلندمدت به شرح زیر می‌باشد.

تقاضای (هزینه) نهاده در بلندمدت به شرح زیر می‌باشد.

$$\begin{aligned} S_i = \frac{\partial \ln TC}{\partial \ln P_i} &= \frac{\partial TC}{\partial P_i} \cdot \frac{P_i}{TC} = \frac{P_i X_i}{TC} \\ &= \alpha_i + \sum_{j=1}^5 \beta_{ij} \ln p_j \\ &+ \beta_{iQ} \ln Q + \gamma_{iT} T \end{aligned} \quad (3)$$

در رابطه (۳)، S_i سهم نهاده از هزینه کل، P_i قیمت نهاده و X_i مقدار نهاده می‌باشد. برای تامین شرط تابع هزینه نرمال و خوش رفتار، دو شرط تقارن و همگنی از درجه یک در قیمت نهاده‌ها، بر تابع هزینه کل اعمال می‌شود. شرط همگنی و تقارن به شرح زیر است (کریستنسن و گرین^۳، ۱۹۷۶).

$$\sum_{i=1}^5 \alpha_i = 1, \sum_{i=1}^5 \beta_{iQ} = 0, \sum_{i=1}^5 \gamma_{iT} = 0 \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^5 \beta_{ij} = \sum_{j=1}^5 \beta_{ji} = 0, \quad (5)$$

$$i, j = L, K, M, O, W \quad (6)$$

$$\beta_{ij} = \beta_{ji}, \quad i, j = L, K, M, O, W$$

براساس فرض اساسی دوره کوتاه مدت، کلیه نهاده‌ها متغیر نبوده و حجم و تعداد بکارگیری از یک یا چند نهاده ثابت می‌باشد. از میان انواع نهاده‌های مورد بررسی شامل نهاده نیروی کار، سرمایه، مواد اولیه، آب و سایر اجزای آب، نهاده سرمایه در دوره کوتاه مدت ثابت در نظر گرفته شده است. با توجه به این

$$\sum_{i=1}^4 \delta_{iK} = 0 \quad \sum_{j=1}^4 \beta_{ij} \quad (11)$$

$$= \sum_{j=1}^4 \beta_{ji} = 0, \quad i, j = L, K, M, O, W \quad (12)$$

کشش‌های جانشینی، حساسیت یک متغیر را نسبت به تغییرات متغیر دیگر نشان می‌دهند. در اکثر مطالعات تجربی، به دست آوردن ضرایب کشش‌های جانشینی، از اهداف عمده است که مهمترین آن‌ها عبارتند از:

الف- کشش‌های جانشینی خودی و متقاطع آلن (AES): این نوع کشش، که تحت عنوان کشش جانشینی آلن-اوزاوا نام گذاری شده، برای گروه بندی هر جفت از نهاده‌ها از لحاظ جانشینی و مکملی به کار برده می‌شود. مطابق با کار بلکوری و راسل^۲ (۱۹۸۹)، کشش‌های جانشینی متقاطع آلن، درجه جانشینی بین دو نهاده را نشان می‌دهد این کشش به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\theta_{ij} = \frac{\left(\frac{\partial^2 c}{\partial p_j \partial p_j}\right) \cdot c}{\left(\frac{\partial c}{\partial p_i}\right) \left(\frac{\partial c}{\partial p_j}\right)} = \frac{\partial(x_i / \partial p_j)}{\left(\frac{\partial c}{\partial p_i}\right) \left(\frac{\partial c}{\partial p_j}\right)} \cdot c \quad (13)$$

این نوع کشش برای تابع هزینه ترانسلوگ، به صورت زیر قابل محاسبه خواهد بود:

$$\theta_{ii} = \frac{\gamma_{ii} + s_i(s_i - 1)}{(s_i)^2}, \quad \theta_{ij} = \frac{\gamma_{ij}}{s_i s_j} + 1 \quad (14)$$

اگر مقدار جبری کشش جانشینی متقاطع، مثبت بوده باشد، $(\theta_{ij} > 0)$ نشانگر این است که بین دو نهاده رابطه جانشینی وجود دارد و اگر $(\theta_{ij} < 0)$ نشانگر رابطه مکملی است در ارتباط با کشش‌های خودی آلن، انتظار بر این است که علائم این نوع از کشش‌ها منفی بوده باشند. بخاطر این که تقاضای هر کالا (بجز کالاهای گیفن) با قیمت آن رابطه عکس دارد.

ب- نوع دیگر کشش‌ها کشش‌های قیمتی خودی و متقاطع تقاضای نهاده‌ها هستند، این کشش‌ها به صورت زیر تعریف

مساله، بجای قیمت نهاده سرمایه، از حجم سرمایه در تابع هزینه متغیر استفاده می‌شود و برای سایر نهاده‌ها (بجز سرمایه) قیمت نهاده در تابع هزینه جایگذاری می‌شود. رابطه کلی تابع هزینه در دوره کوتاه مدت به شرح زیر است.

$$VC=f(Q,P_L,P_M,P_O,P_W,T,K) \quad (7)$$

در رابطه (7) هزینه متغیر تولید (VC)، تابعی است از سطح تولید (Q)، قیمت نیروی کار (P_L)، قیمت مواد اولیه (P_M)، قیمت آب (P_W)، قیمت سایر اجزای آب (P_O)، تکنولوژی تولید (T) و موجودی (حجم) سرمایه (K). فرم کلی تابع هزینه متغیر ترانسلوگ صنایع آب‌بر با چهار نهاده متغیر نیروی کار، مواد اولیه، آب و سایر اجزای آب در سیستم معادلات کوتاه مدت به شرح زیر می‌باشد.

$$\begin{aligned} \ln VC = & \alpha_0 + \alpha_Q \ln Q + \frac{1}{2} \alpha_{QQ} (\ln(Q))^2 + \sum_{i=1}^4 \alpha_i \ln P_i + \\ & \frac{1}{2} \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 \beta_{ij} \ln p_i \ln p_j + \sum_{i=1}^4 \beta_{ij} \ln p_i \ln Q + \gamma_T T + \frac{1}{2} \gamma_{TT} T^2 + \\ & \sum_{i=1}^4 \gamma_{iT} \ln P_i T + \gamma_{QT} \ln QT + \delta_K \ln K + \frac{1}{2} \delta_{iK} (\ln K)^2 + \sum_{i=1}^4 \delta_{iK} \ln p_i \ln K + \\ & \delta_{QK} \ln Q \ln K + \delta_{TK} T \ln K + u \quad (8) \end{aligned}$$

جهت استخراج توابع سهم هزینه نهاده‌ها، بوسیله لم شفارد، از تابع هزینه ترانسلوگ نسبت به قیمت هر یک از نهاده‌های تولید مشتق گرفته می‌شود (شفارد^۱، ۱۹۷۰). فرم کلی توابع سهم تقاضای (هزینه) نهاده در کوتاه مدت به صورت زیر می‌باشد.

$$S_i = \frac{\partial \ln CV}{\partial \ln P_i} = \frac{\partial CV}{\partial P_i} \cdot \frac{P_i}{TC} = \frac{P_i X_i}{TC} \quad (9)$$

در رابطه (۹)، S_i سهم نهاده از هزینه متغیر، P_i قیمت نهاده متغیر و X_i مقدار نهاده متغیر می‌باشد. برای تابع هزینه نرمال و خوش رفتار، دو شرط تقارن و همگنی از درجه یک در قیمت نهاده‌ها، بر تابع هزینه متغیر اعمال می‌شوند. شرط همگنی و تقارن به شرح زیر است.

$$\sum_{i=1}^4 \alpha_i = 1, \quad \sum_{i=1}^4 \beta_{iQ} = 0, \quad \sum_{i=1}^4 \gamma_{iT} = 0 \quad (10)$$

شده‌اند.

$$\begin{aligned} &\rightarrow \omega_{ij} \\ &= \omega_{ij} \frac{x_i}{p_i p_j} \cdot \frac{p_i^2}{x_j^2} \cdot \frac{p_j x_j}{p_i x_i} \left(x_j - x_i \cdot \frac{dx_j}{dx_i} \right) \end{aligned} \quad (21)$$

$$= \omega_{ij} \frac{1}{x_j} \left(x_j - x_i \cdot \frac{dx_j}{dx_i} \right)$$

$$\begin{aligned} &\rightarrow \omega_{ij} = \omega_{ij} \left(1 - \frac{x_i}{x_j} \cdot \frac{dx_j}{dx_i} \right) \\ &= \omega_{ij} - \frac{dx_j}{dp_j} \cdot \frac{p_j}{x_i} \cdot \frac{x_i}{j} \cdot \frac{dx_j}{dx_i} \end{aligned} \quad (22)$$

$$= \omega_{ij} - \frac{dx_j}{dp_j} \frac{p_j}{x_j}$$

$$\rightarrow \omega_{ij} = \varepsilon_{ij} - \varepsilon_{jj} \quad (23)$$

در اینجا (X_i/X_j) ، نسبت بهینه است مقدار مثبت (منفی) ω_{ij} نشان‌گر رابطه جانشینی (مکملی) است.

د- براساس کار بلکوری و راسل، کشش جانشینی موریشیما برای تابع هزینه ترانسلوگ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\omega_{ij} = \frac{\gamma_{ij}}{S_i S_j} + 1. \quad \text{for } i \neq j \quad (24)$$

$$\begin{aligned} \omega_{ij} &= \varepsilon_{ij} - \varepsilon_{jj} = \theta_{ij} S_j - \theta_{jj} S_j \\ &= S_j \frac{\gamma_{ij}}{S_i S_j} + S_j - S_j \frac{\gamma_{jj} + S_j^2 - S_j}{S_j} \end{aligned} \quad (25)$$

$$\begin{aligned} \rightarrow \omega_{ij} &= \frac{\gamma_{jj} + S_i S_j}{S_i} \\ &- \frac{\gamma_{jj} + S_j^2 - S_j}{S_j} \end{aligned} \quad (26)$$

کشش جانشینی موریشیما، همچنین اطلاعات جامعی درباره سهم نسبی عوامل از هزینه را در پاسخ به تغییر در قیمت عوامل ارائه می‌دهد. این اندازه‌گیری می‌تواند به صورت زیر نشان داده شود:

$$\eta_{ij} = 1 - \omega_{ij} \quad (27)$$

سهم نسبی هزینه صعودی (نزولی) است اگر کشش جانشینی موریشیما کوچکتر (بزرگتر) از یک باشد. (رنزتی، ۲۰۰۳)

بسیاری از محققان، بر این عقیده‌اند که یک اندازه‌گیری دقیق از صرفه‌های برگرفته از مقیاس، در یک مدل چند محصولی، برابر مجموع کشش‌های انفرادی هزینه نسبت به تولیدات، است. به طوری که اگر این مقدار، برای مثال، برابر یک باشد، نشانگر این موضوع است که یک درصد رشد تولیدات، باعث افزایش هزینه‌ها به میزان یک درصد می‌شود. برای حالت تک محصولی مقدار این کشش به صورت زیر خواهد بود:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{\partial \ln x_i}{\partial \ln p_j} = \frac{\partial x_i}{\partial p_j} \cdot \frac{p_j}{x_i} \quad (15)$$

در توابع هزینه ترانسلوگ، این نوع از کشش‌ها به صورت زیر محاسبه می‌شوند:

$$\varepsilon_{ij} = \theta_{ij} S_j, \quad \text{for } i \neq j \quad (16)$$

$$\varepsilon_{ii} = \theta_{ii} \cdot S_i \quad (17)$$

در اصطلاح، تقاضا برای نهاده موردنظر λ_i ، کشش پذیر (با کشش)، کم کشش و بدون کشش است اگر ε_{ij} به ترتیب بزرگتر، کوچکتر و مساوی یک باشد. بلکوری و راسل (۱۹۸۹) بیان کرده‌اند که کشش‌های جانشینی آلن، هیچ اطلاعاتی درباره درجه انحنای منحنی تولید یکسان و سهم نسبی هزینه‌ها نشان نداده و نمی‌توان آن را به عنوان نرخ نهایی جانشینی تلقی کرد. همچنین کشش جانشینی آلن دارای اطلاعات کم است. موریشیما (۱۹۶۷) نشان داد که یک اندازه‌گیری دیگری از جانشینی عوامل وجود داشته که تحت عنوان کشش جانشینی موریشیما (MSE)، شناخته می‌شود. این کشش از طریق مشتق لگاریتمی نسبت نهاده‌ها نسبت به نرخ نهایی جایگزینی یا نسبت قیمت نهاده‌ها به دست می‌آید. این کشش، همچنین، انحنای منحنی تولید یکسان و اثرات تغییر در قیمت نسبی را روی سهم نسبی هزینه بیان می‌کند.

ج- مطابق کار چمبرز (۱۹۸۸)، و بلکوری و راسل (۱۹۸۹)،

MSE به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{MSE} = \omega_{ij} = \frac{\partial \ln(x_i/x_j)}{\partial \ln(p_j/p_i)} \quad (18)$$

بنابراین:

$$\begin{aligned} \omega_{ij} &= \frac{d \ln \left(\frac{x_i}{x_j} \right)}{d \ln \left(\frac{p_j}{p_i} \right)} \rightarrow \omega_{ij} = \frac{d \left(\frac{x_i}{x_j} \right) \cdot \frac{p_j}{p_i}}{d \left(\frac{p_j}{p_i} \right) \cdot \frac{x_i}{x_j}} \\ &= \frac{(x_j dx_i - x_i dx_j) p_i^2}{(p_i dp_j - p_j dp_i) p_i^2} \cdot \frac{p_j x_j}{p_i x_i} \end{aligned} \quad (19)$$

$$= \frac{dx_i \left(x_j - \frac{x_i}{dx_i} dx_j \right)}{dp_j \left(p_i - p_j \frac{dp_i}{dp_j} \right)} \cdot \left(\frac{p_i^2}{x_j^2} \right) \left(\frac{S_j}{S_i} \right)$$

$$\frac{dp_i}{dp_j} = 0 \rightarrow \omega_{ij}$$

$$= \left(\left(\frac{dx_i}{dp_j} \cdot \frac{p_j}{x_i} \right) \frac{x_i}{p_j} \cdot \frac{1}{p_i} \right) \quad (20)$$

$$\left(x_j - x_i \frac{dx_j}{dx_i} \right) \cdot \frac{p_i^2}{x_j^2} \cdot \frac{S_j}{S_i}$$

$$\overline{MC} = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{100} MC_i \quad (33)$$

۴. نتایج تحقیق

در این مقاله به منظور تخمین تابع هزینه از داده‌های مربوط به صنایع کارخانه‌ای ایران طی سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۶ مستخرج از اطلاعات منتشره مرکز آمار ایران استفاده شده است.

همچنین به منظور تخمین تابع هزینه ترانسلوگ متغیر وابسته هزینه متغیر تولید (VC) و متغیرهای توضیحی همچون سطح تولید (Q)، قیمت نیروی کار (P_L)، قیمت مواد اولیه (P_M)، قیمت آب (P_w)، تکنولوژی تولید (T) و موجودی (حجم) سرمایه (K) به کار گرفته شدند.

این بخش شامل نتایج حاصل از برآورد تابع هزینه ترانسلوگ و توابع سهم نسبی نهاده‌ها از کل هزینه به روش معادلات همزمان و سیستمی ISUR، (رگرسیون‌های به ظاهر نامرتب تکراری)، و با اعمال محدودیت‌های مربوط به متقارن بودن ($\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$) و همگنی و نیز آزمون فرضیه‌ها است.

اگر فرض کنیم که ضرایب جملات متقاطع در معادله متقارن باشند معادله دارای ۲۱ ضریب خواهد بود. بنابراین سیستم دارای پنج معادله بوده که به منظور گریز از تکین شدن معادله‌های سهم نسبی که کمترین مقدار را به خود اختصاص داده است از مدل حذف شده و بقیه مدل به وسیله نرم افزار EViews برآورد می‌شود. نتایج این برآورد در جدول شماره (۲) آورده شده است.

از نظر اقتصادسنجی مدل بعثت بالا بودن ضریب تعیین از برازش خوبی برخوردار است.

جداول زیر نیز به ترتیب نتایج بدست آمده از تخمین تابع هزینه ترانسلوگ، سهم هزینه نهاده آب، سهم هزینه نهاده نیروی کار و سهم هزینه نهاده انرژی در تخمین تابع هزینه ترانسلوگ را نشان می‌دهند.

در جدول شماره ۳ ضریب تعیین بدست آمده از نتایج تخمین تابع هزینه ترانسلوگ برابر با مقدار ۰/۹۲ درصد می‌باشد. در جدول بالا SE خطای استاندارد برآورد است. که در نتایج تخمین مقدار آن ۰/۲۹ می‌باشد. همچنین ضریب تعیین به ترتیب در جداول ۴، ۵ و ۶ به ترتیب ۰/۴، ۰/۸۷ و ۰/۷۵ می‌باشد.

$$\pi = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln q} = \frac{\partial C}{\partial q} \cdot \frac{q}{C} = \frac{MC}{AC} \quad (28)$$

از این فرمول تحت عنوان کشش هزینه نسبت به تولید که برابر نسبت هزینه نهایی به هزینه متوسط است یاد می‌کنند. هرگاه کشش بلند مدت هزینه نسبت به تولید بزرگ‌تر از یک باشد شواهدی از عدم صرفه‌های مقیاس بوده و اگر این کشش کوچک‌تر از یک باشد صرفه‌های ناشی از اقتصاد وجود خواهد داشت. بنابراین، صرفه‌های برگرفته از مقیاس یک مفهوم بلندمدت بوده و در کل نشانگر این است که اگر تولیدات کل، K درصد رشد داشته باشند، هزینه کل به میزان کمتر از K درصد، رشد خواهد داشت. معیار اندازه گیری این مفهوم برای حالت چند محصولی، به صورت زیر خواهد بود:

$$se = \mu^{-1} = \left(\frac{\partial \ln C}{\partial \ln q} \right)^{-1} \quad (29)$$

در اینجا C و q متوسط مقادیر هزینه و تولید نمونه‌اند. مفهوم بازده نسبت به مقیاس نیز همانند صرفه‌های برگرفته از مقیاس یک مفهوم بلندمدت بوده و بیانگر این است که اگر تمامی عوامل تولید K برابر شوند، محصول کل چند برابر خواهد شد. برای مثال، اگر محصول کل بیشتر از K برابر شود بازده صعودی به مقیاس کمتر از K برابر بازده نزولی به مقیاس و اگر به اندازه K برابر شود، بازده ثابت به مقیاس وجود خواهد داشت. می‌توان بازده به مقیاس را این چنین تعریف کرد:

$$RS = \sum \frac{\partial \ln q}{\partial \ln x_i} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial q}{\partial x_i} \cdot \frac{x_i}{q} \quad (30)$$

پس از محاسبه صرفه‌های به مقیاس می‌توان هزینه نهایی هر نمونه را از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$MC_i = \left(\frac{1}{se} \right) \left(\frac{\hat{C}_i}{q_i} \right) = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln q} \left(\frac{\hat{C}_i}{q_i} \right) \quad (31)$$

$$= \frac{dc}{dq} \cdot \frac{q}{c} \cdot \frac{\hat{C}_i}{q_i} = \exp(\ln C_i)$$

$$MC_i = \left(\frac{1}{1.16} \right) \frac{\exp(\ln C_i)}{q_i} \quad (32)$$

به این ترتیب هزینه نهایی با مقدار هزینه برآورد شده (\hat{C}_i)، رابطه مستقیم ولی با تولید کل (q_i) و اقتصاد به مقیاس (se) رابطه معکوس دارد. پس از به دست آوردن هزینه نهایی هر نمونه می‌توان هزینه نهایی کل نمونه را از طریق میانگین نمونه به دست آورد، به عبارت دیگر:

جدول ۲. نتایج تخمین تابع هزینه ترانسلوگ

| ضریب | مقدار | خطای استاندارد | آماره |
|---------------|--------|----------------|--------|
| α_0 | 15.28 | 0.34 | 44.47 |
| α_Q | -0.62 | 0.04 | -15.31 |
| α_{QQ} | 0.08 | 0.003 | 27.21 |
| α_1 | -0.008 | 0.008 | -0.95 |
| α_2 | -0.8 | 0.07 | -11.32 |
| α_3 | -0.06 | 0.02 | -2.61 |
| α_4 | 0.39 | 0.04 | 8.28 |
| β_{WW} | 0.002 | 0.0004 | 6.24 |
| β_{WL} | -0.002 | 0.001 | -1.79 |
| β_{WE} | 0.001 | 0.0005 | 2.37 |
| β_{WK} | 0.0005 | 0.0003 | 1.94 |
| β_{LL} | 0.16 | 0.01 | 14.75 |
| β_{LE} | -0.002 | 0.002 | -0.98 |
| β_{LK} | 0.04 | 0.001 | 25.29 |
| β_{EE} | 0.01 | 0.001 | 9.08 |
| β_{EK} | 0.003 | 0.0005 | 5.62 |
| β_{KK} | 0.04 | 0.005 | 9.4 |
| γ_{QW} | 0.001 | 0.0005 | 2.8 |
| γ_{QL} | 0.009 | 0.004 | 2.03 |
| γ_{QE} | 0.008 | 0.001 | 5.2 |
| γ_{QK} | -0.06 | 0.003 | -19.72 |

منبع: محاسبات تحقیق

جدول ۳. نتایج تخمین تابع هزینه ترانسلوگ

| Observations: ۱۳۳۰ | |
|--------------------|--------------------|
| -/۹۲ | R-squared |
| -/۹۲ | Adjusted R-squared |
| -/۲۹ | S.E. of regression |
| -/۴۲ | Durbin-Watson stat |
| ۱۳/۴۴ | Mean dependent var |
| ۱/۱ | S.D. dependent var |
| ۱۱۶/۲۷ | Sum squared resid |

منبع: محاسبات تحقیق

جدول ۴. سهم هزینه نهاده آب در تخمین تابع هزینه ترانسلوگ

| Observations: ۱۱۹۷ | |
|--------------------|--------------------|
| -/۴۰ | R-squared |
| -/۳۹ | Adjusted R-squared |
| -/۹۰ | S.E. of regression |
| ۲/۳۲ | Durbin-Watson stat |
| -/۰۰۴ | Mean dependent var |
| -/۰۱ | S.D. dependent var |
| -/۱۱ | Sum squared resid |

منبع: محاسبات تحقیق

جدول ۵. سهم هزینه نهاده نیروی کار در تخمین تابع هزینه

| Observations: 1197 | |
|--------------------|--------------------|
| -/۸۷ | R-squared |
| -/۸۷ | Adjusted R-squared |
| -/۰۷ | S.E. of regression |
| ۲/۷۶ | Durbin-Watson stat |
| -/۴۴ | Mean dependent var |
| -/۲۱ | S.D. dependent var |
| ۶/۷۶ | Sum squared resid |

منبع: محاسبات تحقیق

جدول ۶. سهم هزینه نهاده انرژی در تخمین تابع هزینه ترانسلوگ

| Observations: ۱۱۹۷ | |
|--------------------|--------------------|
| -/۷۵ | R-squared |
| -/۷۵ | Adjusted R-squared |
| -/۰۲ | S.E. of regression |
| ۲/۲۷ | Durbin-Watson stat |
| -/۰۲ | Mean dependent var |
| -/۰۴ | S.D. dependent var |
| -/۶۱ | Sum squared resid |

منبع: محاسبات تحقیق

در جداول بالا از آزمون دوربین واتسون برای بررسی خودهمبستگی باقیمانده‌ها در رگرسیون استفاده شده است. در تحلیل رگرسیون بخصوص زمانی که متغیرها در طول یک فاصله زمانی مورد مطالعه قرار می‌گیرند ممکن است تغییر داده‌ها در طول زمان از الگوی خاصی پیروی کند. برای تشخیص این الگو از آزمون دوربین واتسون استفاده می‌شود. آماره دوربین واتسون بین ۰ تا ۴ می‌باشد. اگر بین باقیمانده‌ها همبستگی متوالی وجود نداشته باشد، مقدار این آماره باید به ۲ نزدیک باشد. اگر به صفر نزدیک باشد نشان دهنده همبستگی مثبت و اگر به ۴ نزدیک باشد نشان دهنده همبستگی منفی

خواهد داشت جانشین بودن انرژی و آب بیانگر این است که جلوگیری از افزایش بی رویه قیمت آب می‌تواند در استفاده بیش از حد و غیر بهینه انرژی موثر باشد از آنجایی که، نیروی کار و سرمایه دو نهاده مکمل هستند، بنابراین از آثار دیگر کاهش قیمت سرمایه افزایش اشتغال خواهد بود، بنابراین کاهش قیمت سرمایه دو اثر عمده استفاده بهینه از نیروی کار، و افزایش اشتغال را در پی خواهد داشت. مکمل بودن دو نهاده سرمایه و نیروی کار نشان‌گر این امر است که افزایش قیمت هر یک باعث افزایش مصرف دیگری می‌شود. بادر نظر گرفتن جانشین بودن آب و انرژی، در کل می‌توان چنین نتیجه گرفت که بالا بردن قیمت دو نهاده منجر به کاهش مصرف و کاهش هزینه می‌شود.

جدول ۸. کشش‌های قیمتی خودی و متقاطع تقاضا

$$\varepsilon_{ij} = \theta_{ij} s_j$$

| K | E | L | W | |
|-------|-------|-------|-------|---|
| 0.37 | 0.16 | 0.40 | -0.83 | W |
| 0.42 | 0.09 | -0.15 | 0.01 | L |
| 0.37 | -0.77 | 0.51 | 0.03 | E |
| -0.51 | 0.10 | 0.66 | 0.02 | K |

منبع: محاسبات تحقیق

جدول ۹. کشش‌های جانشینی موریشیما-MSE

$$\omega_{ij} = \frac{\gamma_{jj} + s_i s_j}{s_i} - \frac{\gamma_{jj} + s_j^2 - s_j}{s_j}$$

| K | E | L | W | |
|------|------|------|------|---|
| 0.88 | 0.94 | 0.56 | 0 | W |
| 0.93 | 0.87 | 0 | 0.85 | L |
| 0.88 | 0 | 0.67 | 0.87 | E |
| 0 | 0.88 | 0.82 | 0.86 | K |

منبع: محاسبات تحقیق

کشش‌های قیمتی خودی و متقاطع تقاضای نهاده‌ها نیز در جدول شماره (۸)، ارائه شده است همانطوری که مشاهده می‌شود همه کشش‌های قیمتی خودی علامت صحیح و مورد انتظار منفی را دارند و مقدار کشش قیمتی تقاضا برای نهاده آب از لحاظ قدر مطلق بیش از بقیه نهاده‌ها است. به عبارت دیگر حساسیت تقاضای نهاده آب به تغییرات قیمت خود بیشتر از بقیه نهاده‌ها است. نهاده‌های انرژی، سرمایه و نیروی کار در رده‌های بعدی قرار دارند. قدر مطلق مقدار عددی کشش‌های

می‌باشد. به طور کلی اگر مقدار این آماره بین ۱/۵ تا ۲/۵ باشد جای هیچ نگرانی نیست. با توجه نتایج بالا، مشاهده می‌شود که در توابع تقاضای تخمین‌زده شده مقدار این آماره در حدود همین بازه قرار گرفته است. باید گفت که تفسیر تک تک ضرایب مدل‌های ترانس‌لوگ به علت شرکت ضرایب بسیار پیچیده و غیر مفید می‌باشند. در عوض بررسی روابط بین متغیرها و ضرایب مدل بسیار سودمند است. از جمله این موارد می‌توان به کشش‌های جانشینی خودی و متقاطع آلن، کشش‌های قیمتی خودی و موریشیما اشاره کرد. با توجه به نتایج حاصل از برآزش معادلات مدل اصلی کشش‌های جانشینی آلن برای نهاده‌ها مطابق جدول شماره ۷ است.

همانطوری که از جدول شماره ۷ پیداست همه کشش‌های جزئی خودی آلن علامت صحیح و مورد انتظار منفی را دارند ($S_{ii} < 0$) به عبارت دیگر رابطه معکوس بین قیمت و مقدار تقاضا در آن‌ها نشان داده می‌شود.

جدول ۷. کشش‌های جزئی خودی و جانشینی آلن

$$\theta_{ii} = \frac{\gamma_{ii} + s_i(s_i - 1)}{(s_i)^2} \quad \theta_{ij} = \frac{\gamma_{ij}}{s_i s_j} + 1$$

| K | e | L | W | |
|-------|-------|-------|--------|---|
| 1.08 | 1.68 | 0.75 | -42.77 | W |
| 1.23 | 0.95 | -0.29 | | L |
| 1.09 | -7.83 | | | E |
| -1.50 | | | | K |

منبع: محاسبات تحقیق

همچنین سرمایه و انرژی نهاده‌ای جانشین برای آب و نیروی کار است ($S_{14} > 0, S_{13} > 0$).

با استفاده از مقادیر عددی کشش‌های جزئی جانشینی ارائه شده در جدول شماره ۷ می‌توان چنین نتیجه گیری کرد که رابطه جانشینی میان آب و انرژی به نسبت بیشتر از بقیه است به عبارت دیگر افزایش قیمت آب باعث کاهش مصرف و کاهش قیمت آب باعث افزایش مصرف آب می‌شود.

از آنجایی که کشش جزئی مورد نظر بزرگتر از یک است این موضوع روند یاد شده را تشدید می‌کند. از طرف دیگر کاهش قیمت آب باعث منفی بودن کشش قیمتی خودی باعث افزایش مصرف آن شده که در نهایت پیامدهای نامناسبی از قبیل استفاده بیش از حد بهینه از آب و افزایش هزینه را در پی

نهاده می‌تواند منحنی تقاضای آب را منتقل کند. پس، از آنجا که کشش جانشینی بین نهاده آب و نهاده‌های انرژی، سرمایه و نیروی کار منفی است، این نهاده مکمل سایر نهاده‌های تولیدی است و در نتیجه عامل تولید ضروری در بخش صنعت است و یا کاهش قیمت سایر عوامل، نمی‌توان آن‌ها را جانشین نهاده آب کرد و تقاضای آب را کاهش داد. پس مدیریت آب بیش از حد نمود پیدا می‌کند. بطوریکه بتوان در مصرف آب صرفه جویی کرد و استفاده بهینه را از منابع موجود داشت.

با توجه به ادبیات اقتصادی، معیار حداکثر تمایل به پرداخت آب بها توسط تقاضاکنندگان آن (تولیدکنندگان صنعتی)، ارزش اقتصادی و یا بازده خالصی است که این نهاده در کل ارزش تولید دارد. با توجه به نتایج بدست آمده از آنجایی که این نهاده با سایر نهاده‌های تولید مکمل است و جانشینی قوی ندارد و استفاده از آن برای تولید هر واحد محصول نهایی ضروری می‌باشد؛ لذا بدون حضور این نهاده تولید، درآمدی حاصل نمی‌شود. با بالا بودن ارزش اقتصادی هر متر مکعب آب برای محصولات انتخابی، تولیدکنندگان توانایی این را دارند که آب بهای بیشتری بپردازند.

به همین منظور شرکت آب منطقه‌ای می‌تواند چند درصد بر قیمت آب بیافزاید (آشکار است که بنابر دلایل اجتماعی، اقتصادی و سیاسی تمام این ارزش اقتصادی مربوط به آب قابل وصول نیست و تنها درصد اندکی از آن می‌تواند مطالبه شود). مطالبه بیشتر آب بها اگر چه بر طبق این تحقیق بر مقدار تقاضای آب تاثیر زیادی ندارد، ولی به خاطر همین کم کشش بودن تقاضای آب، صنعت گران ملزم به پرداخت آن هستند.

اینکار، گرچه باعث کاهش قابل ملاحظه تقاضای آب نمی‌شود، ولی حداقل منابعی را برای تأمین هزینه‌های بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات سیستم آب و همچنین توسعه منابع آبی فراهم می‌کند. در نتیجه این تصمیم، مبلغ قابل توجهی از یارانه‌های اختصاص داده شده به این بخش آزاد می‌شود.

با توجه به نتایج بدست آمده به دلیل کم کشش بودن تابع تقاضا، افزایش قیمت تاثیر چندانی بر صرفه جویی در استفاده از آب نخواهد داشت؛ لذا در کنار توصیه‌های گفته شده، باید از ابزارهای فیزیکی و مهندسی مانند اجبار به استفاده از تکنولوژی‌های نوین تصفیه و بازیابی آب و ایجاد امکاناتی جهت استفاده از آب‌هایی با کیفیتی نازل‌تر که می‌توانند آب

قیمتی خودی همه نهاده‌ها کمتر از یک بوده و بنابراین تقاضا برای همه نهاده‌ها بی‌کشش است؛ یعنی افزایش درصد معینی در قیمت هر یک از نهاده‌ها موجب کاهش تقاضا برای آن نهاده به میزان کمتر از مقدار یاد شده است. برای مثال: اگر قیمت نیروی کار به اندازه یک درصد افزایش پیدا کند تقاضای آن به اندازه ۰/۱۵ درصد کاهش پیدا خواهد کرد. جدول شماره (۹) مقادیر کشش جانشینی موریشیما، MSE را نشان می‌دهد ملاحظه می‌شود که کشش نسبت عوامل آب، نیروی کار، انرژی و سرمایه کوچکتر از یک بوده و همه آن‌ها دارای علامت مثبتند و به عبارت دیگر نهاده‌ها دارای رابطه جانشینی- اند.

۵. جمع بندی و پیشنهادها

هدف محوری تحقیق برآورد پارامتریک تابع تقاضای آب با استفاده از تابع ترانسلوگ می‌باشد. یافته‌های تحقیق بیانگر آن است که:

کشش‌های جزئی متقاطع آلن برای هر جفت از نهاده‌ها نشان‌گر رابطه جانشینی مابین نهاده‌های انرژی و سرمایه آب و نیروی کار می‌باشند.

مقادیر عددی کشش‌های جانشینی آلن، نشان می‌دهند که بیشترین کشش جزئی خودی آلن، مربوط به نهاده آب می‌باشد و بیشترین مقدار کشش‌های جزئی متقاطع آلن مربوط به جفت نهاده‌های آب با انرژی و نیروی کار با سرمایه می‌باشند.

کشش جانشینی موریشیما، اطلاعات مفیدتری را در ارتباط با تغییرات نسبت نهاده‌ها (ترکیب نهاده‌ها)، در پاسخ به قیمت‌های نسبی آن‌ها، نشان می‌دهد مقدار این کشش برای نهاده‌های نیروی کار، انرژی، سرمایه و آب کوچکتر از یک بوده و جانشینی مابین آن‌ها را نشان می‌دهد.

با توجه به اینکه کشش قیمتی نهاده آب حدوداً یک است، به نظر می‌رسد سیاست‌های قیمتی تأثیری در کاهش تقاضا و صرفه جویی در مقدار آب نخواهد داشت و یا خیلی کم خواهد بود. بنابراین، در ادامه پیشنهادات زیر ارائه می‌شوند:

تابع تقاضای به دست آمده در این تحقیق، تابع تقاضای شرطی بود که تقاضای نهاده آب، به غیر از قیمت خود به قیمت سایر نهاده‌ها و مقدار تولید بستگی دارد. با توجه به کم کشش بودن تقاضای آب، باید از عواملی مانند استفاده از تکنولوژی‌های جدید تصفیه آب استفاده کرد که با احیا مجدد این

منابع آبی بالقوه بیشتر مطلع سازند. انجام این راهکارها می‌تواند باعث صرفه جویی و کنترل تقاضای آب گردد.

بیشتر و ارزانتری را برای تولید کننده فراهم آورند استفاده کرد. در جهت نیل به این هدف، کارشناسان مربوطه باید صنعت گران را از مقدار نیاز آبی محصولات تولیدی و امکان وجود

منابع

- کشور".
- قادرزاده، حامد و جزایری، آزاده (۱۳۹۷)، "تعیین ارزش اقتصادی و تابع تقاضای آب در تولید محصول یونجه در دشت دهگلان"، دوره ۱۰ شماره (۳) پیاپی ۳۹، از صفحه ۲۳ تا صفحه ۵۳.
- وزارت نیرو (۱۳۸۵)، "وضعیت منابع و مصارف آب و سیاستهای کلی نظام در بخش آب" (ارائه شده در شورای عالی آب).
- Abdol A. (2012). "Determining the economic value of irrigation water with procedures Estimated production function and linear programming model: case study province of hamedan". *Hamedan-bahar plain, Master's thesis Agricultural Economics, University of Kurdistan*.
- Babin, F., Willis, C.E., Allen, P.G., (1982). "Estimation of Substitution Possibilities Between Water and Other Production Inputs". *American Journal of Agricultural Economics vol.64(1), 179-152*.
- Blackorby, C. and Russell, R. (1989). "Will the Real Elasticity of Substituton Please Stand Up? A comparison of the Allen/ Uzawa and Morishima Elasticities". *American Economic Review, Vol 79, No.4, PP.882-888*.
- Chambers, R.G. (1988). "Applied production analysis". *New York: Cambrige University Press*.
- Christensen, L.R. and Greene, W.H. (1976). "Economies of Scale in US Electric Power Generation. Journal of political Economy". *84(4, Part 1), pp.655-676*.
- Christensen, L.R. et al. (1973). "Transcendental Logarithmic Production Frontiers". *Review of Economics and Statistics, 55:1 February*,
- بابایی نژاد، تجربی و ابریشم چی، (۱۳۸۱)، "ممیزی و کاهش مصرف آب در کارخانه قند اصفهان"، *مجله آب و فاضلاب*، شماره ۴۳، صفحه ۱۷ الی ۲۷.
- پژویان، جمشید و حسینی، (۱۳۸۲)، "برآورد تابع تقاضای آب خانگی، فصلنامه پژوهشهای اقتصادی ایران"، شماره ۶۷، ۴۷-۱۶.
- شرکت مهندسی مشاور جاماب، (۱۳۸۱)، "طرح جامع آب 28-45.
- De Rooy, J. (1974). "Price Responsiveness of The Industrial Demand for Water". *Chapter 5 in the Economics of Industrial Water Use Edited by Steven Renzetti and Edward Elgar Reference collection 2002*.
- Grebenstein, C.R. and Field, B.C. (1979). "Substituting for Water Inputs in U.S. Manufacturin". *Water Resources Research 15(2), 228-232*.
- Guerrero, G.R.H. (2005). "Industrial Water Demand in Mexico: Econometric Analysis and Implications for Water Management Policy". *Université de Toulouse, 1*.
- Lavin, F., Vargas, O. L., Hernandez, J. I., & Oliva, R. D. P. (2020). "Water demand in the Chilean Manufacturing Industry: Analysis of the Economic Value of Water and Demand Elasticities". *Water Resources and Economics, 100159*.
- Morishima, M. (1967). "A Few Suggestions on the Theory of Elasticity". *Keizai Hyoron (Economic Review), 16, pp.144-150*.
- Renzetti, S. (1988). "An Econometric Study of Industrial Water Demands in British Columbia, Canada". *Water Resource Research, vol. 24(10) p. 1569-1573*

- October.
- Renzetti, S. and Dupont, D. (2003). "The Value of Water in Manufacturing". *CSERGE Working Paper ECM 03-03*.
- Ress, J.A. (1969). "Inter Industry Variation in the Demand for Water". *Chapter 3 in the Economics of Industrial Water Use Edited by Steven Renzetti and Edward Elgar Reference collection 2002*.
- Shephard, R. (1953). "Theory of Cost and Production Functions". *Princeton, N.J., Princeton University Press*.
- Wang, Hua and Lall, Somik (2002). "Valuing Water for Chinese Industries: A Marginal Productivity Analysis". *Applied Economics, 34 (6), 759-65*.
- Williams, M. and Suh, B. (1986). "The Demand for Urban Water by Customer Class". *Applied Economics, 18(12), pp.1275-1289*.

