فصلنامه اقتصاد محاسباتی
شاپا ۲۸۲۱-۰۴۳۳

بررسی شاخص بازدهی ناشی از مقیاس، تغییرات تکنولوژیکی و رشد عوامل تولید بر هزینه‌ها در شرکت آب و فاضلاب شهرستان شازند

مجید کارخانه[۱]
احمد سرلک[۲*]
کامبیز هژبر کیانی[۳]

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۲/۱۸ **تاریخ پذیرش نهایی:** ۱۴۰۱/۰۲/۳۱

چکیده

هدف اصلی این مقاله بررسی شاخص‌های بازدهی نسبت به مقیاس و صرفه‌های ناشی از مقیاس و همچنین بررسی وضعیت تغییرات تکنولوژیکی و نرخ رشد بهره‌وری عوامل تولید در شرکت آب و فاضلاب‌شازند بوده است. با توجه به شرایط بحرانی آب در ایران و بخصوص منطقه شازند، برداشت‌های بی‌رویه آب‌های زیرزمینی و در خطر قرار گرفتن درآمد کشاورزان منطقه، انجام این تحقیق ضروری به نظر می رسد. به این منظور بر مبنای روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط تکراری، از فرم تابع هزینه ترانسلوگ برای برآورد تابع هزینه عرضه آب استفاده شد. پارامترهای تابع هزینه از داده‌های سری زمانی فصلی طی دوره زمانی ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۸ برآورد گردیده است. در این شرکت از چهار عامل تولید نیروی کار، سرمایه، مواد اولیه و سایر خدمات در فرایند تولید بهره گرفته شده است. نتایج نشان داد که بازدهی کاهنده نسبت به مقیاس و عدم صرفه‌جویی ناشی از مقیاس در این شرکت برقرار بوده که به معنای عدم وجود انحصار طبیعی در این شرکت است. شاخص پیشرفت تکنولوژی و رشد بهره‌وری به ترتیب بیانگر کاهش هزینه‌ها در نتیجه پیشرفت تکنولوژی و وجود رشد بهره‌وری در طول دوره مورد مطالعه بوده است.

واژگان کلیدی: تابع هزینه ترانسلوگ؛ رشد بهره وری؛ رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط؛ بازدهی نسبت به مقیاس.

طبقه‌بندی JEL: C59; C12; D29

[۱] دانشجوی دکتری، گروه اقتصاد، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران، پست الکترونیکی: Majid.karkhaneh@gmail.com
[۲] استادیاراقتصاد، گروه اقتصاد، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران، نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: a-sarlak@iau-arak.ac.ir
[۳] استاد اقتصاد، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده اقتصاد و علوم سیاسی،تهران، ایران، پست الکترونیکی: khkiani@yahoo.com

۱. مقدمه

تقاضا برای آب در سراسر جهان طی دهه‌های گذشته به طور قابل توجهی افزایش یافته است. تحلیل‌گران توسعه، آن را مرتبط با افزایش روز افزون جمعیت، افزایش مناطق آبیاری، نیاز رشد و توسعه به حجم آب بیشتر و کمبود آب در بسیاری از نقاط جهان می‌دانند (گارسیا و رینارد، ۲۰۰۰). دیدگاه‌های مبتنی بر رشد اقتصادی و بدون توجه به آثار زیست محیطی آن منجر به خشک شدن بسیاری از رودخانه‌ها شده است (ماتین و همکاران، ۲۰۰۶). بر اساس یافته‌های کوران و همکاران (۲۰۱۹) میزان استفاده از آب‌های زیرزمینی از تامین مجدد آنها فراتر رفته که زمینه ساز پایین رفتن سطح آب‌های زیر زمینی و بهم خوردن اکوسیستم در جهان و بطور خاص در مناطق مختلف دنیا شده است که به تناسب سوء مدیریت در این زمینه اثرات مخرب آن متفاوت است. سیرب (۲۰۱۲) معتقدند که می‌بایست تعادل بین تأمین آب و تقاضا از منظر فضا و زمان مورد بررسی قرار گیرد و بسته به شرایط مکانی و زمانی مورد تجزیه وتحلیل قرار گیرد. اگرچه کمبود ومساله آب تا حد زیادی به عوامل اقلیمی بستگی دارد لیکن نبایستی از نقش مدیریت و سیاست‌های مرتبط با آن غافل بود (رومانو وهمکاران، ۲۰۱۴).

ایجاد رقابت برای بهبود کارایی بازار، همواره مورد تأیید اقتصاددانان بوده است. به این منظور اقدام به بررسی نحوه فراهم نمودن زمینه‌های رقابت با توجه به شرایط و مختصات هر بازار نموده‌اند. برای معرفی رقابت در هر بازار نیاز است تا مزایا و معایب ایجاد رقابت در آن، مورد ارزیابی قرار گیرد. به این منظور تحقیقات بسیاری در کشورهای مختلف در مورد ساختار صنعت آب انجام شده است، ولی هم چنان پاسخ روشنی به این مساله که آیا انحصار طبیعی در این بخش وجود دارد یا خیر داده نشده است و این در حالی است که تنها پس از روشن نمودن این موضوع است که می‌توان در مورد چگونگی ایجاد رقابت و آزادسازی بازار تصمیم گرفت. یکی از موضوعات مهم، شناخت ساختار هزینه‌ها در شرکت‌های آب وفاضلاب است تا از این طریق به قضاوتی صحیح درباره ساختار بازار دست یافت و در نهایت با توجه به ساختار شناسایی شده، توصیه‌های سیاستی برای ایجاد و بسط رقابت در آن ارائه نمود. شرکت‌های خدمات‌رسان عمومی اغلب تک قطبی هستند. در صنایعی با محصول استاندارد شده و اقتصاد بزرگ، اغلب یک وضیعت تک قطبی طبیعی به‌وجود می‌آید. در مورد آب، همه شرکت‌ها یک محصول را فراهم می‌کنند، زیرساخت‌های مورد نیاز بسیار هزینه برند و هزینه اضافه کردن یک مشتری نیز تا حدی قابل

پوشش است. اضافه کردن یک مشتری ممکن است درآمد شرکت را اضافه و میانگین هزینه‌های فراهم کردن محصول را کاهش دهد. تا زمانی که میانگین هزینه خدمت‌رسانی به مشتریان کاهش یابد شرکت، به‌طور مؤثرتر و با صرفه‌جویی بیشتری به مشتریان خدمات می‌دهد. انحصار طبیعی یا وضعیت تک‌قطبی، وضعیتی است که یک شرکت، تمامی یا بخش بزرگی از تقاضاهای خرید متقاضیان را فراهم می‌کند. در بعضی موارد این وضعیت به عمده تأمین‌کننده محصول در یک صنعت که اغلب اولین شرکت تولیدکننده محصول می‌باشد، یک برتری قابل توجه در زمینه میانگین هزینه‌های تمام شده برای تولید یک محصول در برابر دیگر شرکت‌های رقیب می‌دهد. بنابراین بطور طبیعی بازار در انحصار یک تولیدکننده و یا ارائه کننده خدمات قرار می‌گیرد. در چنین شرایطي ورود و ادامه فعالیت سایر اشخاص به آن بازار مقدور نیست.

هدف از این مقاله، بررسي شاخص بازدهی ناشی از مقیاس در شرکت آب و فاضلاب شهرستان شازند، و تعیین شاخص‌هایی همچون، شاخص تغییرات تکنولوژی و رشد بهره‌وری عوامل تولید است که پس از بیان پیشینه تحقیق و مبانی نظری، مدل تابع هزینه ترانسلوگ برای شرکت آب و فاضلاب شهرستان شازند ارائه و پس از برآورد مدل تجزیه و تحلیل‌های لازم انجام شده است. این مقاله به دنبال پیدا کرد پاسخ مناسب به سوالات زیر می‌باشد:

۱- آیا بسط مقیاس منجر به افزایش هزینه‌ها در شرکت آب و فاضلاب شهرستان شازند می‌شود؟

۲- آیا تکنولوژی خنثی منجر به کاهش هزینه‌ها در شرکت آب و فاضلاب شهرستان شازند می‌شود؟

در ادامه مقاله، پیشینه تحقیق و سپس بر اساس مبانی نظری، مدل تحقیق ارائه شده است. در قسمت چهارم، نتایج تجربی و در آخر نتیجه‌گیری تحقیق بیان شده است.

۲. ادبیات موضوع

۲-۱. مطالعات انجام شده

مطالعات کاربردی پیرامون اندازه‌گیری صرفه‌های مقیاس و تحلیل اثر آن بر ماهیت رقابت و انحصار با اقدام اقتصاددانان دانشگاه هاروارد آغاز شد. روش‌های معرفی شده در این دوره عمدتاً بر این فرض استوار بود که در هر صنعت بنگاه‌ها آن مقیاسی از فعالیت را انتخاب می‌کنند که متضمن

حداقل هزینه متوسط باشد. در ابتدا اندازه‌گیری صرفه‌های مقیاس عمدتاً به روش غیر پارامتریک صورت می‌گرفت ولی بعداً با توسعه نظریه پولی، امکان ارزیابی صرفه‌های مقیاس به صورت پارامتریک نیز ممکن شد. مطالعه در مورد صرفه‌های مقیاس به دو صورت پارامتریک و غیر پارامتریک صورت می‌گیرد. علاوه بر این، آثار تجربی دلالت بر آن دارد که در تعدادی از مطالعات از روش اقتصاد سنجی و با به کارگیری تابع هزینه، اقدام به تخمین صرفه‌های مقیاس شده است و درتعداد دیگری از مطالعات از روش‌های برنامه ریزی استفاده شده است. با مقایسه آثار مختلف می‌توان اعلام داشت که در تعدادی از مقالات ضمن ارزیابی صرفه‌های مقیاس در یک بخش اقتصادی یا در صنعت معین در خصوص بهره برداری اندک یا زیاد از صرفه‌های مقیاس قضاوت شده است. همچنین در بعضی آثار علمی، تأثیر صرفه‌های مقیاس بر متغیرهای ساختاری یا عملکردی بازار مثل سودآوری یا تمرکز مورد توجّه می‌باشد.

اسماعیل نیا و همکاران (۱۳۹۷). در مقاله‌ای به برآورد تابع تقاضای آب خانگی به تعیین کم‌ترین مصرف در منطقه ورامین از داده‌های سری زمانی سالانه بین سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۶۱ وبا استفاده از شکل تبعی مطلوبیت استون-گری و روش خودرگرسیون با وقفه‌های توزیعی پرداخته و نشان دادند که کشش درآمدی بیانگر ضروری بودن تقاضای آب خانگی در ورامین می‌باشد. از دیگر نتایج پژوهش تأثیر مثبت و معنی دار نسبت شاخص قیمت مصرف کننده به شاخص قیمت آب بر حجم آب سرانه است. براساس برآورد به عمل آمده، کم‌ترین مصرف آب یک شهروند ورامینی ۱۵۲ لیتر در روز می‌باشد.

قادرزاده و جزایری (۱۳۹۷). به تعیین ارزش اقتصادی و تابع تقاضای آب در محصول یونجه در دشت دهگان پرداختند. پس از تخمین توابع تولید انعطاف‌پذیر و انعطاف‌ناپذیر و با توجه به آزمون‌های اقتصاد سنجی، دو تابع کاب داگلاس و ترانسندنتال را 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 صرفه جویی آب در تولید محصول یونجه باشد.

سیفی و دهقانپور (۱۳۹۳).از طریق تابع هزینه ترانسلوگ و شاخص‌های صرفه مقیاس، تغییرات تکنولوژی و انحراف از تکنولوژی نهاده ساختارهای تولید، به بررسی ساختار هزینه نیروگاه نهاده‌های حرارتی و بررسی تقاضای نهاده‌های تولید پرداختند. بررسی‌ها نشان داد که

صرفه‌جویی ناشی از مقیاس در تمام نیروگاه‌ها وجود داشته و همچنین شاخص تغییرات تکنولوژی ابتدا رشدی فزاینده و در نهایت، دارای رشد با آهنگ نزولی بوده است.

مرزبان و همکاران (۱۳۹۱). ساختار هزینه فرایند عرضه آب در شیراز را بررسی نمودند. هدف اصلی آنها بررسی شاخص‌های بازدهی نسبت به مقیاس و صرفه‌های ناشی از مقیاس که دلیلی بر وجود انحصار طبیعی است و همچنین بررسی وضعیت تغیرات تکنولوژیکی و نرخ رشد بهره‌وری عوامل تولید درشرکت آب و فاضلاب شیراز بوده است. به این منظور از فرم تابع هزینه ترانسلوگ برای برآورد تابع هزینه فرایند عرضه آب در این شرکت استفاده نمودند. چارچوب تجزیه و تحلیل بر مبنای روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط تکراری بود. برای برآورد پارامترهای تابع هزینه از داده‌های سری زمانی فصلی طی دوره زمانی ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۵ استفاده شده است. نتایج حاصل از تحقیق حاکی از وجود بازدهی کاهنده نسبت به مقیاس و عدم صرفه‌جویی ناشی از مقیاس بود که وجود انحصار طبیعی در این شرکت را رد می‌نمود. شاخص پیشرفت تکنولوژی حاکی از کاهش هزینه‌ها در نتیجه پیشرفت تکنولوژی ومحاسبه شاخص رشد بهره‌وری نیز نشان دهنده وجود رشد بهره‌وری در طول دوره مورد مطالعه بوده است.

لاوین و همکاران (۲۰۲۰). به بررسی تابع تقاضای آب صنعت کشور شیلی پرداختند. در این پژوهش برای برآورد تابع تولید ترانسلوگ از اطلاعات ده هزار کارخانه صنعتی در سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۴ استفاده شده است. نتایج این پژوهش نشان داد که انرژی و آب رابطه مکملی با هم دارند و سایر نهاده‌های تولید رابطه جانشینی دارند.

کوران وشیرینگ (۲۰۱۹). تابع هزینه ترانسلوگ بلندمدت را با متغیرهای کنترل (یارانه، منابع آب و تراکم شبکه) همراه با سهم نهاده‌های تولید به‌طور همزمان برآورد نموده اند. داده‌ها مربوط به ۱۸۰۳ مؤسسه عرضه آب در سال ۲۰۰۱ است. نتایج نشان می‌دهد که طی دوره مورد مطالعه بازده صعودی نسبت به مقیاس وجود داشته و وجود یارانه‌ها باعث اسراف در استفاده از نیروی کار، سرمایه و دیگر عوامل تولید شده است و صرفه‌های ناشی از مقیاس کاهش یافته است. تراکم پایین شبکه، فقدان منابع آب و افزایش یارانه‌ها باعث افزایش هزینه‌های تولید شده است.

رومانو و همکاران (۲۰۱۴). در مقاله‌ای تحت عنوان «بررسی تعیین کننده‌های تقاضای آب مسکونی در ایتالیا»، طی دوره ۲۰۰۹ - ۲۰۰۷ در استان‌های ایتالیا با استفاده از یک مدل ترکیبی و به روش حداکثر درست‌نمایی نشان دادند که تعرفه اثر منفی بر مصرف آب مسکونی داشته، علاوه

بر این درآمد سرانه اثر مثبت بر مصرف آب دارد. ویژگی‌های آب و هوایی و جغرافیایی بارش و ارتفاع اثر منفی در مصرف آب دارند. در حالی که درجه حرارت تقاضای آب را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد. علاوه براین، اطلاعات نشان داد که در شهرهای کوچک از نظرجمعیت مصرف آب پایین است. همچنین نتایج وی نشان داد که مصرف آب مسکونی در شهرهایی که در آن خدمات آب توسط شرکت آب و برق دولتی اداره می‌شد بالاتر می‌باشد.

گلسیون وهمکاران (۲۰۱۲). در کشور اسپانیا، با استفاده از داده‌های ماهانه برای سال‌های ۱۹۹۳تا ۲۰۱۰، تابع تقاضای آب خانگی را با روش حداقل مربعات معمولی تخمین زده و به این نتیجه رسیده‌اند که آب یک کالای کشش ناپذیر است و متغیر آب و هوا به‌طور مؤثری بر مصرف ماهانه اثرگذار است.

سیرب (۲۰۱۲). تابع تولید کاب داگلاس شرکت‌های دولتي و خصوصی عرضه آب در برزیل را با روش حداکثر راست‌نمایی برآورد کرد و به این نتیجه رسیده‌اند که شرکت‌های خصوصی عرضه آب نسبت به شرکت‌های دولتي از کارایی بیشتری برخوردار هستند.

آکمیک (۲۰۰۹). به کمک تابع هزینه ترانسلوگ، به بررسی تغییرات تکنولوژی و بازدهی به مقیاس در بخش تولید نیروی برق ترکیه طی سال‌های ۱۹۸۴تا ۲۰۰۶ پرداخت. براساس نتایج، تغییرات تکنولوژی روند رو به رشدی داشته و این روند برای شرکت‌های دولتی نسبت به شرکت‌های خصوصی به آهستگی صورت گرفته است. در سطح متوسط داده سال‌ها، فرآیند تکنولوژی طی ۱۹۸۴ تا ۲۰۰۱ به آرامی رشد کرده و از سال ۲۰۰۱به بعد، رشد سریع‌تری را شاهد بوده است.

نگوس و همکاران (۲۰۰۷). به منظور بررسی صرفه‌های ناشی از تراکم و صرفه‌های ناشی از مقیاس در صنعت آب در برزیل، مولدوا، کلمبیا و ویتنام تابع هزینه ترانسلوگ به‌همراه معادلات سهم نهاده‌های تولید به‌روش رگرسیون‌های به‌ظاهر نامرتبط تکراری برای هر کشور را برآورد کردند. در هر چهار کشور بازگشت افزایشي نسبت به تراکم تولید مشاهده شد. در مولدوا و ویتنام صرفه‌های ناشی از تراکم مشتری و در برزیل و کلمبیا بازگشت ثابت نسبت به تراکم مشتری وجود دارد. همچنین در مولدوا، کلمبیا و ویتنام صرفه‌های ناشی از مقیاس وجود دارد که دلیلی بر انحصار طبیعی است درحالی‌که در برزیل بازگشت ثابت به مقیاس وجود انحصار طبیعی در صنعت آب در این کشور را رد می‌کند.

مارتینز و همکاران (۲۰۰۶). فرم تابعي درجه سوم تابع هزینه آب و فاضلاب در کشور پرتقال در سه سطح تولید: متوسط صنعت، حداقل مقیاس کارا و مقیاس بزرگ با روش حداقل مربعات معمولی را برآورد نموده و به این نتیجه رسیده‌اند که برای مقیاس متوسط صنعت و مقیاس بزرگ تولید، هزینه نهایی عرضه آب از هزینه نهایی جمع‌آوری فاضلاب بزرگ‌تر است درحالی که در سطح تولید حداقل مقیاس کارا عکس حالت مذکور اتفاق می‌افتد.

کوستاس و همکاران (۲۰۰۶). به‌منظور بررسی و پیش‌بینی تابع تقاضای آب خانگی برای منطقه آتن از تابع تقاضای حاصل از حداکثر نمودن تابع مطلوبیت استون و گری استفاده کرده‌اند. نتایج حاکی از آن است که کشش قیمتی تقاضای آب بسیار پایین است و کشش تقاضای آب نسبت به متغیر آب و هوا حساس‌تر از کشش تقاضا نسبت به متغیر قیمت است. همچنین پیش‌بینی تابع تقاضای آب نشان می‌دهد که مصرف آب بدون درنظر گرفتن تغیرات در قیمت آب در آینده افزایش خواهد یافت زیرا کشش درآمد بسیار حساس‌تر از کشش قیمت است.

۲-۲. مبانی نظری

ماهیت رقابت و انحصار در هر بازار به عوامل مختلفی وابسته است. رقابتی یا انحصاری بودن هر بازار به عوامل طبیعی و غیر طبیعی درون و بیرون از بازار وابسته است. رفتارهای استراتژیک همچون تبانی و همکاری، ادغام و همچنین شرایط بازار مثل موانع ورود، تمایز کالا، کشش تقاضا و صرفه‌های مقیاس از جمله عناصر تأثیرگذار بر اندازه رقابت و انحصار در هر بازار می‌باشند.

بر اساس تئوری دوآلیتی، ساختار تولید یک صنعت می‌تواند هم با استفاده از تابع تولید و هم تابع هزینه مورد مطالعه قرار گیرد. لذا هر تابع تولید داری یک تابع هزینه حداقل، به عنوان سیستم ثانویه می‌باشد لذا تمام روابط فنی میان سطوح تولید و عوامل مستتر در تابع تولید، بازتابی در تابع هزینه دارد. با این حال استفاده از تابع هزینه دارای چندین مزیت است از جمله:

۱- در روش تابع هزینه ضرورتی ندارد که فرض شود تابع تولید نسبت به مقدار عوامل، همگن از درجه یک است چرا که باعث تحمیل محدودیت‌هایی بر مدل می‌گردد. اما صرف نظر از خواص همگن بودن تابع تولید، منطقی است که فرض شود تابع هزینه نسبت به قیمت عوامل همگن خطی است، زیرا مثلا برابر شدن قیمت عوامل هزینه کل را نیز برابر خواهد کرد بدون اینکه تاثیری بر نسبت عوامل بگذارند.

۲- استفاده از قیمت‌ها به جای مقادیرکمی نهاده ها، برتری دارد چرا که در تابع هزینه میزان هزینه تابعی از قیمت نهاده‌ها است و احتمال بروزهم خطی میان قیمت نهادها کمتر از مقادیرآن‌ها است یک تابع هزینه رابطه بهینه بین هزینه بنگاه، قیمت نهاده‌ها و سطح تولید را ارائه، می‌کند.

با مفروض بودن تکنولوژی خاصی، ساده خواهد بود (حداقل از لحاظ مفهومی) که تابع هزینه را از طرق حداقل نمودن رابطه هزینه به دست آورد و از طرف دیگر با مفروض بودن تابع هزینه می‌توان تابع تولید و تکنولوژی تولیدی را که چنین تابع هزینه‌های ایجاد کرده است، به دست آوریم. هر مفهومی که بر حسب ویژگی‌ها و خواص تابع تولید تعریف شود یک تعریف همزاد بر حسب ویژگی‌ها و خواص تابع هزینه دارد و بالعکس.

در برآورد تابع هزینه، از فرم‌های گوناگونی همچون تابع ترانسلوگ، لئونتیف، درجه دوم می‌توان بهره گرفت. به اعتقاد گجراتی، تعداد پارامترهای کمتر، سادگی تفسیر ومحاسبات، خوبی برازش، قدرت تعمیم دهی و پیش بینی، ازجمله معیارهای مهم درتعیین الگوی اقتصاد سنجی برتر برای کارهای تجربی می‌باشند.

۳. روش تحقیق

روش تابع هزینه ترانسلوگ از کاربردی ترین روش‌ها در تخمین تابع هزینه است که در این مطالعه نیز از آن استفاده شده است. وجود انعطاف‌پذیری این تابع امکان برسی تمامی اثرات اقتصادی همچون، انواع کشش ها، نرخ تغییر فنی، بهره‌وری کل عوامل تولید و... را فراهم می‌نماید. برای بررسی موضوع مقاله از مدل مرزبان و همکاران ۱۳۹۱ استفاده شده است. بدین منظور شکل کلي تابع هزینه شرکت آب و فاضلاب شهرستان شازند از فرم زیر تبعیت می‌کند.

$$C = c(Q, PK, PL, PM, PS, T) \qquad (۱)$$

که در این رابطه، C کل هزینه تولید وتوزیع، Q مقدارآب عرضه شده، PK قیمت سرمایه، PL قیمت نیروی کار، PM قیمت مواد اولیه، PS قیمت سایر خدمات و T بیانگر شاخص تغییرات فنی است. شاخص تغییرات فنی به عنوان یک نهاده تولیدی در بسیاری از مطالعات مورد استفاده قرار گرفته است. تغییرات این شاخص می‌تواند موجب کاهش سطح بکارگیری نهاده‌ها برای مقدار

مشخصی از محصول شده و یا آنکه منجر به افزایش تولید با توجه به سطح مشخصی از نهاده‌ها - شود.

با استفاده از بسط تیلور شکل ترانسلوگ تابع هزینه به صورت زیر قابل استخراج است.

$$LnC(P,Q,T) = \alpha_0 + \alpha_Q LnQ + {}^1\!/_2\, \alpha_{QQ}(LnQ)^2 + \sum_{i=1}^{4} \beta i\, LnP_i + {}^1\!/_2 \sum_{i=1}^{4}\sum_{J=4}^{4} B_{ij}\, LnP_i LnP_j + \sum \delta_{iQ}\, LnP_i LnQ + \sum \beta_{ti} LnP_i T + \theta_t T + {}^1\!/_2\, \theta_{tt} T^2 + \sum \alpha_{tQ}\, TLnQ$$

$$i, j = L, K \qquad (۲)$$

به منظور اجتناب از محدودیت‌های روش SUR از روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط تکراری، برای تخمیین مدل استفاده می‌شود زیرا برآوردهای ISUR نسبت به معادله حذف شده از سیستم حساس نمی‌باشد بلکه به سمت برآوردهای روش حداکثر درست‌نمایی که منحصر به فرد بوده و مستقل از معادله حذف شده می‌باشد، همگرا می‌شوند (آکمیک ۲۰۰۹). برای تخمین مدل به‌روش ISUR و به منظور افزایش کارایی پارامترهای تخمین زده شده، معادله تابع هزینه با معادلات سهم تقاضا همزمان تخمین‌زده می‌شود. در این حالت، معادلات سهم تقاضا دارای پارامترهای یکسان بوده و همچنین معادلات سهم از معادله هزینه، ممکن است جزء اخلال آنها با هم در ارتباط باشند لذا بهتر است با هم تخمین زده شوند(لاوین و همکاران، ۲۰۲۰).

معادلات سهم هزینه را می‌توان با استفاده از لم شفارد به صورت زیر استخراج نمود.

$$S_i \equiv \frac{\partial LnC}{\partial LnP_i} \equiv \beta_i + \sum_{i=1}^{4} \beta_{ij} LnP_j + \delta_{iQ} LnQ + \beta_{it} T \qquad (۳)$$

جهت رسیدن به یک تابع هزینه خوش رفتار، محدودیت‌های همگنی و تقارن در رابطه ۲ اعمال می‌گردد.

الف- فرض همگنی

$$\sum_{i=1}^{n} \alpha_i = 1, \quad \sum_{i=1}^{N} \beta_{ij} = \sum_{j=1}^{n} \beta_{ji} = \sum_{i=1}^{n} \delta_{iQ} = 0 \qquad (۴)$$

ب- فرض تقارن

$$\beta_{ij} = \beta_{ji} \quad i \neq j \quad i,j = 1,2,\ldots,n \qquad (۵)$$

بر اساس فروض، مجموع سهم هزینه‌ها برابر واحد است‌که منجر به صفر شدن دترمینان ماتریس واریانس- کوواریانس اجزاء اخلال می‌شود که می‌بایست یکی از معادلات سهم را حذف

نمود. در این تحقیق، سهم سرمایه از هزینه کل بدلیل وجود بهترین براورد انتخاب و حذف شد. بنابراین با اعمال این شرط و فرض‌های الف و ب بر تابع هزینه و معادلات سهم تقاضا، شکل تابع هزینه به‌صورت زیر قابل برآورد است.

$$Ln = (TC/P_K) = \alpha_0 + \alpha_Q Ln(Q) + {}^1/_2\,\alpha_{QQ}(Ln(Q))^2 + \beta_L\, Ln\left({}^{P_L}/_{P_K}\right) + \beta_M Ln\left({}^{P_M}/_{P_K}\right) + \beta_S Ln\left({}^{P_S}/_{P_K}\right) + {}^1/_2\,\beta_{LL}\left(Ln\left({}^{P_L}/_{P_K}\right)\right)^2 + {}^1/_2\,\beta_{MM}\left(Ln\left({}^{P_M}/_{P_K}\right)\right)^2 + {}^1/_2\,\beta_{SS}(Ln\left({}^{P_S}/_{P_K}\right))^2 + {}^1/_2\,\beta_{LM} Ln\left({}^{P_L}/_{P_K}\right) Ln\left({}^{P_M}/_{P_K}\right) + +\beta_{LS} Ln\left({}^{P_L}/_{P_K}\right) Ln\left({}^{P_S}/_{P_M}\right) + \beta_{MS} Ln\left({}^{P_M}/_{P_K}\right) Ln\left({}^{P_S}/_{P_K}\right) + \delta_{LQ} Ln(Q) + \delta_{MQ} Ln(P_M/P_K) Ln(Q) + +\delta_{SQ} Ln(P_S/P_K) Ln(Q) + \beta_{TL} T Ln(P_L/P_K) + \beta_{TM} T Ln(P_M/P_K) + \beta_{TS} T Ln(P_S/P_K) + \theta_T T + {}^1/_2\,\theta_{TT} T^2 + \alpha_{TQ} T Ln(Q) \qquad (۶)$$

۱-۳. صرفه‌های ناشی از مقیاس

صرفه‌های مقیاس عبارت است از کاهش هزینه متوسط با افزایش اندازه بنگاه. با توجّه به شکل تابع هزینه متوسط و رابطه‌ی آن با هزینه نهایی می‌توان صرفه‌های مقیاس را توسط عبارت حاصل متوسط هزینه به هزینه نهایی معرفی نمود به طوریکه اگر مقدار این کسر برابر یک باشد بنگاه از تمامی صرفه‌های مقیاس بهره مند شده است و اگر کوچک‌تر از یک باشد به معنی آن است که بنگاه با افزایش اندازه خود می‌تواند از کاهش‌های بعدی هزینه متوسط برخوردار شود. صرفه‌های مقیاس به دلایل مختلف مثل تقسیم کار، قوانین فیزیکی و اصل تفکیک ناپذیری ظاهر می‌شود.

مهمترین اثر صرفه‌های مقیاس بر ساختار بازار است. هر چه سطح وسیعی از اندازه فعالیت صرفه‌های مقیاس (کاهش هزینه‌ها) ادامه داشته باشد، ساختار بازار به انحصار گرایش خواهد داشت. در واقع صرفه‌های مقیاس به مثابه مانعی در مقابل سطح بنگاه‌ها برای ورود به بازار می‌باشد. انحصاری که به دلیل صرفه‌های مقیاس ظاهر شده باشد به انحصار طبیعی موسوم است.

برای صرفه‌جوئی‌های ناشی از مقیاس علل مختلفی را بر می‌شمارند که از آن جمله می‌توان به تقسیم کار، تخصص و مدیریت یکپارچه و ادغام فرآیندها اشاره کرد. از معمول ترین روش‌های محاسباتی برای به‌دست آوردن صرفه‌های ناشی از مقیاس، محاسبه کشش هزینه نسبت به محصول

است که اگر کشش هزینه نسبت به محصول بزرگ تر از واحد باشد، زیان‌های ناشی از مقیاس وجود خواهد داشت.

$$ECS = \varepsilon_{cq} = \frac{\partial LnTC}{\partial LnQ} \quad (۷)$$

۲-۳. بازدهی نسبت به مقیاس

بازدهی نسبت به مقیاس بیان کننده آن است که اگر عوامل تولید به یک نسبت تغییر نمایند به چه نسبت محصول تغییر خواهد نمود که برای محاسبه آن از شاخص معکوس کردن کشش هزینه نسبت به محصول استفاده می‌شود.

$$RTS = (\frac{\partial LnTC}{\partial LNQ})^{-1} = \frac{1}{\varepsilon_{cq}} \quad (۸)$$

در رابطه (۸) اگر کشش هزینه برابر، بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از واحد باشد، بازدهی نسبت به مقیاس به‌ترتیب ثابت، کاهنده یا فزاینده خواهد بود.

۳-۳. شاخص تغیرات تکنولوژیکی

عملکرد یک بنگاه یا صنعت در امر تولید می‌تواند تعیین کننده مقدار شاخص تغییرات تکنولوژیکی باشد که این مقدار هم می‌تواند مثبت و هم می‌تواند منفی باشد. مقادیر تغییرات تکنولوژی صنایع کارخانه‌ای از نظر علامت، متفاوت است و با توجه به روند تکنولوژی صنایع کارخانه‌ای، مقادیر تغییرات تکنولوژی، در بیشتر صنایع مثبت است و تعداد کمی از صنایع نیز دارای تغییرات تکنولوژی منفی هستند. در این پژوهش زمان به عنوان متغیری برای شاخص تغییرات تکنولوژیکی در نظر گرفته شده است و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\frac{\partial Ln(TC)}{\partial T} = \theta_T + \theta_{TT}T + \beta_{TK}LnP_K + \beta_{TL}LnP_L + \beta_{TM}LnP_M + \beta_{TS}LnP_S + \alpha_{TQ}LnQ \quad (۹)$$

تغیرات تکنولوژیکی به تفکیک عوامل تعیین‌کننده آن به‌صورت زیر است:

$$T_1 = \alpha_{TQ}LnQ \quad (۱۰)$$

$$T_2 = \theta_T + \theta_{TT}T \quad (۱۱)$$

$$T_3 = \beta_{TK}LnP_K + \beta_{TL}LnP_L + \beta_{TM}LnP_M + \beta_{TS}LnP_S \quad (۱۲)$$

که در این روابط T_1 یا همان اثر بسط مقیاس ، تأثیر افزایش محصول را با فرض ثابت بودن سایر شرایط، بر رشد هزینه‌ها نشان می‌دهد.

تغییر در تکنولوژی تولید موجب تغییر درظرفیت و مقیاس تولید بنگاه می‌شود و در این حالت، موجب جابه جایی منحنی هزینه متوسط به سمت راست و چپ می‌شود.

T_2 یا اثر تکنولوژی خنثی، عوامل کیفی مانند بالا بردن دانش کیفی نیروی کار از طریق راه اندازی کلاس‌های تخصصی را بر رشد هزینه‌ها نشان می‌دهد.

و T_3 یا اثر تکنولوژی غیرخنثی، تأثیر نحوه به‌کارگیری عوامل تولید (تکنیک تولید) را بر رشد هزینه کل نشان می‌دهد.تغییر در تکنولوژی تولید موجب تغییر در میزان به کارگیری هر یک از عوامل تولید، و منجر به تغییر در شیب منحنی هزینه متوسط می‌شود.

در نهایت برآیند این سه عامل نشان می‌دهد که هزینه در طول زمان چقدر و چرا تغییر کرده است.

۴-۳. رشد بهره‌وری کل عوامل تولید

رشد بهره وری عوامل تولید یکی از جنبه‌های مهم و اساسی تولید اقتصادی بوده و شاخص بهره وری عوامل تولید از منظر علم اقتصاد به مفهوم افزایش سطح تولید بنگاه (صنعت) به شرط ثبات مقدار مصرف و قیمت نهاده است. محاسبه بهره‌وری کل عوامل تولید با استفاده از تابع هزینه ترانسلوگ (رهیافت پارامتریک) ابتدا توسط کریستنسن و همکاران در سال ۱۹۸۱، معرفی شد.

رشد بهره‌وری برابر با رشد محصول تولیدی در طی زمان، با فرض استفاده از یک ترکیب مشخص از عوامل تولید تعریف شده است. شاخص محاسباتی بهره‌وری کل عوامل تولید به‌صورت زیر است.

$$TFP = -[\sum \beta_{ti} LnP_i + \alpha_{tQ} LnQ + \theta_T + \theta_{TT} T] * RTS \qquad (۱۳)$$

اگر فرم نهایی شاخص محاسباتی رشد بهره‌وری تفکیک شود آنگاه عوامل تعیین‌کننده رشد بهره‌وری به دست می‌آید که به‌ترتیب شامل سه جزء اثر بسط مقیاس، اثر تکنولوژی خنثی و اثر تکنولوژی غیرخنثی می‌شود که به‌صورت زیر محاسبه می‌شود

$$F_1 = -\left[\alpha_{TQ} LnQ\right] * RTS \qquad (۱۴)$$

$$F_2 = -[\theta_T + \theta_{TT} T] * RTS \qquad (۱۵)$$

$$F_3 = -[\sum \beta_{ti} LnP_i] * RTS \quad (۱۶)$$

F_1 یا همان اثر بسط مقیاس، تأثیر افزایش محصول را با فرض ثابت بودن سایر شرایط، بر رشد بهره‌وری عوامل تولید نشان می‌دهد. F_2 یا همان اثر تکنولوژی خنثی، تأثیر عوامل کیفی مانند بالا بردن دانش کیفی نیروی کار از طریق راه‌اندازی کلاس‌های تخصصی را بر رشد بهره‌وری عوامل تولید نشان می‌دهد و F_3 یا اثر تکنولوژی غیرخنثی، تأثیر نحوه به کارگیری عوامل تولید (تکنیک تولید) را بر رشد بهره‌وری عوامل تولید نشان می‌دهد.

در نهایت برآیند این سه عامل نشان می‌دهد که رشد بهره‌وری عوامل تولید در طول زمان چقدر و چگونه تغییر کرده است.

۴. یافته‌ها

۴-۱. داده‌های مورد استفاده

داده‌های مورد نیاز در این تحقیق از گزارش‌های قیمت تمام شده، صورت‌های مالی، گزارش‌های ارائه شده به بخش‌های حسابداری و امور مالی و سایر واحدها به صورت فصلی استخراج شده است. کل هزینه تولید شرکت آب و فاضلاب شهرستان شازند شامل هزینه مواد اولیه، هزینه حقوق و دستمزد، هزینه سرمایه و هزینه سایر خدمات است. هزینه سرمایه، مربوط به هزینه استهلاک و هزینه تعمیر و نگهداری ماشین آلات و تجهزات است. هزینه نیروی کار شامل کلیه پرداختی به نیروی کار اعم از حقوق ثابت، اضافه کاری، نوبت کاری، پاداش، فوق‌العاده‌ها، مزایای پایان خدمت و سایر مزایا می‌گردد. هزینه سایر خدمات شامل هزینه حمل و اجاره ماشین آلات، اجاره محل، بنزین، گازوئیل و روغن وسایل حمل و نقل و هزینه‌هایی که توسط سایر قسمت‌ها برای تولید و عرضه آب صورت می‌گیرد. هزینه مواد اولیه شامل آب خام و حق‌النظاره، مواد ضد عفونی کننده و برق مصرفی است، هزینه‌های آب خام شامل هزینه‌هایی است که برای استخراج آب از چاه پرداخت می‌شود. لازم به ذکر است که چون تمامی موارد هزینه به صورت اسمی در صورت‌های مالی ثبت می‌شود با به‌کارگیری شاخص بهای عمده فروشی استخراج شده از ترازنامه بانک مرکزی و سالنامه آماری به قیمت‌های ثابت سال ۱۳۹۰ واقعی شده‌اند.

در فرایند تولید، آب تنها محصول خروجی است. اطلاعات اخذ شده به دو صورت مقداری و ریالی است که در تابع هزینه کلیه اقلام تولیدی به‌صورت مقداری بر حسب متر مکعب آورده شد.

برای به دست آوردن قیمت سرمایه از نرخ سود سپرده بلند مدت بانکي، نرخ استهلاک و نرخ تورم استفاده گردید که هزینه به کارگیری سرمایه عبارت از مجموع نرخ سود سپرده بلندمدت بانکي و نرخ استهلاک منهای نرخ تورم بود.

قیمت نیروی کار به صورت متوسط حقوق و مزایای پرداخت شده به کارکنان به‌ازای هر متر مکعب آب تولیدی تعریف شد، قیمت سایر خدمات از تقسیم هزینه سایر خدمات تعدیل شده بر مقدار آب تولیدی بر حسب متر مکعب و قیمت مواد اولیه نیز از تقسیم هزینه مواد اولیه بر مجموع مقدار مواد اولیه مصرفی بر حسب متر مکعب به‌دست آمده است.

یکی از سودمندترین آزمون‌ها در زمینه مانایی، آزمون دیکی فولر تعمیم یافته است. در این آزمون فرض صفر دلیل بر نامانایی است و حالت مطلوب زمانی اتفاق می‌افتد که فرض صفر رد شود. آزمون انجام شده در این پژوهش نشان از این دارد که برخی از متغییرها مانا هستند.

۲-۴. نتایج تخمین

اطلاعات و داده‌های مربوط به شرکت آب و فاضلاب شهرستان شازند برای بررسی شاخص‌های بازدهی نسبت به مقیاس و صرفه‌های ناشی از مقیاس و همچنین بررسی وضعیت تغیرات تکنولوژیکی و نرخ رشد بهره‌وری عوامل تولید، پس از گردآوری و بررسی به این نتیجه رسید که از نظر آماری و تئوری‌های اقتصادی، باید برخی از پارامترها که فاقد معناداری هستند از مدل حذف گردند. در این حالت مدل مقید برآوردی با استفاده از نرم افزار Eviews10 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. ضرایب مدل با استفاده از معادلات به ظاهر غیر مرتبط تکراری برآورد گردیده و برای داشتن یک مدل برآوردی با کارایی بالا از روش رگرسیون‌های به ظاهر غیر مرتبط تکراری پی در پی استفاده شده است.

یکی از راه‌هایی که می‌توان اعتبار آماری الگوی مقید را تعیین کرد آزمون والد می‌باشد که بر اساس آن می‌توان درستی حذف ضرایب را تعیین کرد.

در این پژوهش نیز بر اساس آزمون والد مدل مقید برآورد شده و معناداری سایر ضرایب مورد بررسی قرار گرفته است و بر اساس آن پارامترهای حذف شده مدل β_{TS} و β_{TM} و β_{TL}می باشند. انجام آزمون والد نشان داد که حذف این پارامترها، درست بوده است یا به عبارتی فرض H_0 رد می‌شود.

تابع هزینه ترانسلوگ، محدودیت تابع تولید که هموتتیک و همگن بودن می‌باشد را ندارد و هیچ محدودیتی را کشش‌های جانشینی نهاده‌های تولید نمی‌گذارد. اما این محدودیت‌ها باید از نظر آماری مورد آزمون قرار گیرند. تا پس از اطمینان از صحت مدل انتخابی و عدم وجود اریب در پارامترهای برآورد شده بتوان شاخص‌های مورد نظر را بررسی نمود.

در جدول شماره ۱ نتایج آزمون تابع هزینه ترانسلوگ به نمایش در آمده است. در تابع برآوردی از فرم لگاریتمی آن استفاده شده که در این حالت ضرایب نشانگر کشش هستند. این ضرایب از معناداری مورد انتظار برخوردار می‌باشند چرا که در سطح بیش از ۹۵ درصدی معنادار هستند. آزمون دوربین واتسون یک آزمون معروف و بسیار پر کاربرد آماری است که برای تشخیص خود همبستگی مرتبه اول باقیمانده‌ها یا جملات خطا در یک مدل رگرسیون به کار می‌رود. در این پژوهش نیز قدرت بالای توضیح دهندگی مدل با استفاده از مقدار ۹۰ درصدی ضریب تعیین و آماره دوربین واتسون ۱/۹۴ نشان داده شده است.

جدول ۱- نتایج آزمون تابع هزینه ترانسلوگ

پارامتر	مقدار	آمارهt	خطای استاندارد
α_0	-۱۲۵/۶	-۶/۱۲۱	۲۰/۵۱۹
α_Q	۱۲/۱۶	۷/۲۱۶	۱/۶۸۵
α_{QQ}	-۳/۳۴۶	-۵/۳۱۲	۰/۶۲۹۸
β_L	۲/۱۲۵	۸/۱۲۵	۰/۲۶۲
β_M	۰/۳۸۵	۶/۶۵	۰/۰۵۷۸
β_S	۰/۴۱۶	۵/۳۱۶	۰/۰۷۸۳
$*\beta_K$	-۱/۳۲۵		
β_{LL}	۰/۱۶۵	۱۱/۱۱۲	۰/۰۱۴۸
β_{SS}	۰/۱۴۸	۴۵/۳۶	۰/۰۰۳۲۶
β_{MM}	-۰/۸۵۶	-۱۷/۱۲۴	۰/۰۴۹۹
$*\beta_{KK}$	-۰/۱۱۲		
β_{LM}	-۰/۰۸۵	-۸/۵۲	۰/۰۰۹۹۷

پارامتر	مقدار	آمارهt	خطای استاندارد
β_{LS}	۰/۰۰۰۱۹	-۹/۱۲۴	۰/۰۰۰۰۲۰۸
$*\ \beta_{LK}$	-۰/۰۵۷		
β_{MS}	۰/۰۰۲۱	-۱۳/۲۱۲	۰/۰۰۰۱۵۹
$*\ \beta_{MK}$	۰/۰۰۳۶		
$*\ \beta_{SK}$	-/۰۵۱		
α_0	-۰/۰۶۵	-۴/۶۵۴	۰/۰۱۴
δ_{MQ}	-۰/۰۴۸۹	-۶/۱۲۵	۰/۰۰۷۹۸
δ_{SQ}	۰/۱۶۱	-۶/۳۸۴	۰/۰۲۵۲
$*\ \delta_{KQ}$	-۰/۲۶۵		
θ_T	-۰/۰۰۰۸	-۳/۶۵	۰/۰۰۰۲۱۹
θ_{TT}	-۰/۰۳۶	-۴/۱۸۷	۰/۰۰۸۵۹
α_{TQ}	۰/۰۳۶	۷/۳۲۱	۰/۰۰۴۹۲
$D.W = 1/94$		$R^2 = 0/98$	

منبع: محاسبات تحقیق

* پارامترهایی هستند که بطور غیر مستقیم و با استفاده از قیود همگنی محاسبه شدند.

با توجه به اینکه ضرایب β_S و β_M کوچک تر از واحد هستند هزینه نسبت به قیمت این عوامل بی‌کشش است. همچنین ضریب β_L مثبت و بزرگ‌تر از یک حاکی از حساسیت بالای هزینه نسبت به قیمت نیروی کار است. مثبت بودن ضریب α_Q بیانگر این است که با فرض ثابت ماندن سایر شرایط، افزایش تولید منجر به افزایش کل هزینه‌های تولید می‌شود. تفسیر مستقیم تمامی پارامترهای برآورد شده معمولا در چارچوب تکنولوژی ترانسلوگ امکان‌پذیر نیست، بنابراین تفاسیر در قالب شاخص‌های استاندارد اقتصادی نظیر صرفه‌های ناشی از مقیاس، بازدهی نسبت به مقیاس، تغیرات تکنولوژی و رشد بهره‌وری عوامل تولید صورت می‌پذیرد.

آزمون مانایی عمدتاً به منظور جلوگیری از رگرسیون‌های کاذب انجام می‌گیرد. برای جلوگیری از رگرسیون کاذب بایستی متغیرها مانا باشند. در غیر اینصورت بایستی از تفاضل متغیرها که

معمولاً مانا هستند، استفاده نمود. مانایی یا نامانایی یک سری زمانی می‌تواند تأثیر جدی بر رفتار و خواص آن داشته باشد. اگر متغیرهای مورد استفاده در برآورد مدل، ناپایا باشند در عین حالی که ممکن است هیچ رابطه منطقی بین متغیرهای مستقل و وابسته وجود نداشته باشد ضریب تعیین به دست آمده آن می‌تواند بسیار بالا باشد و باعث شود تا محقق استنباط‌های نادرستی در مورد میزان ارتباط بین متغیرها انجام دهد بنابراین استفاده از داده‌های نامانا می‌تواند منجر به رگرسیون‌های کاذب شود. در این صورت جملات اخلال باید آزمون شوند. نتایج حاصل از آزمون ریشه واحد، پایا بودن جملات اخلال سیستم معادلات را تأیید می‌کند. در این صورت تمام معادلات با روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط تکراری تخمین زده شده است.

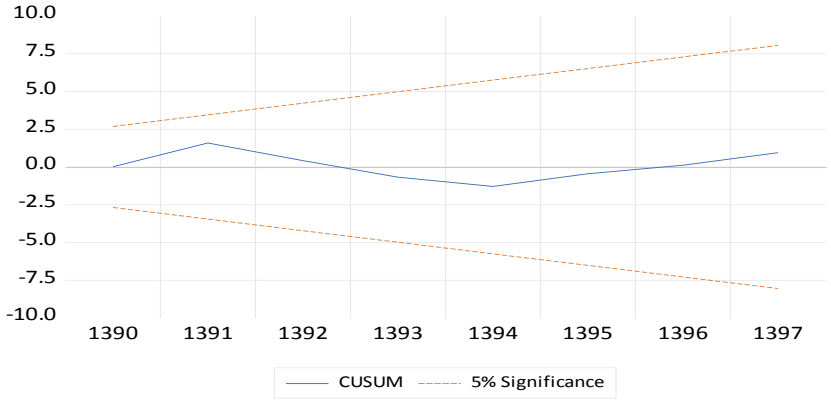
جدول ۲- نتایج آزمون مانایی

متغیر	آزمون در سطح		
	Constant	Constant & Trend	None
Lnp	۰/۰۰۱	۰/۰۱۸	۰/۰۰۰
LnQ	۰/۰۴۷	۰/۰۲۰۷	۰/۰۰۵
LnPl	۰/۰۲۷	۰/۰۱۶	۰/۰۰۲
LnPk	۰/۰۱۵	۰/۰۰۴	۰/۰۲۵
LnT	۰/۰۳۲	۰/۰۰۵	۰/۰۳۸
Ps	۰/۰۴۲	۰/۰۳۶	۰/۰۰۳۶
Pm	۰/۰۲۵	۰/۰۳۶	۰/۰۰۶۵

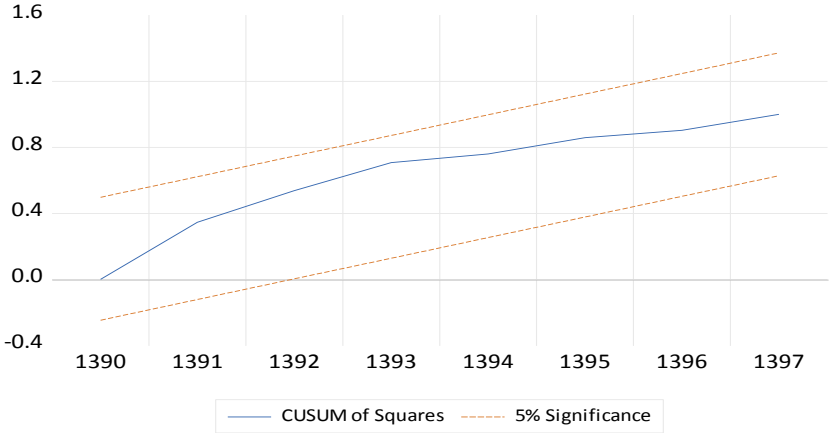
۳-۴. آزمون پایداری ضرایب

آماره‌های پسماند تجمعی و مجذور پسماند تجمعی برای آزمون ثبات ساختاری در داخل فاصله اطمینان قرار دارند و از کرانه‌های تعیین شده در سطح معنی‌داری ۵ درصد عبور نکرده‌اند، پس فرضیه صفر مبنی بر پایداری ضرایب را نمی‌توان رد کرد. بنابراین، ضرایب برآورد شده در دوره مورد نظر دارای ثبات ساختاری بوده است.

نمودار (۱): آزمون CUSUM



نمودار (۲): آزمون CUSUMSQ



منبع: محاسبات محقق

۴-۴. آزمون نرمال بودن جملات اخلال:

نرمال بودن جملات پسماند در مدل برازش شده از اهمیت به سزایی برخوردار می‌باشد. یکی از آزمون‌هایی که نرمال بودن جملات پسماند را مورد آزمون قرار می‌دهد آزمون جارک- برا است. اگر مقادیر محاسباتی آماره جارک- برا (J-B) از مقدار بحرانی جدول کایدوبزرگ‌تر نباشد، نرمال بودن توزیع جملات پسماند رد نمی‌شود. با توجه به نتایج به‌دست آمده در مورد مقدار آماره جارک- برا،

مقدار احتمالات مربوطه، مقدار کشیدگی و چولگی، فرض نرمال بودن جملات خطا را در مورد معادلات مذکور در سطح معناداری ۵ درصد نمی‌توان رد کرد.

جدول ۳- نتیجه آزمون نرمال بودن پسماندها

آماره آزمون	احتمال
۰/۱۱۷	۰/۹۴۳

منبع: یافته‌های پژوهش

۴-۵. آزمون همسان بودن واریانس جملات اخلال

یکی از مفروضات مدل رگرسیونی خطی کلاسیک وجود همسانی واریانس جملات اختلال می‌باشد. برای بررسی بود یا نبود مشکل ناهمسانی واریانس از آزمون آرچ LM استفاده شد. با توجه به نتایج آزمون، فرض ناهمسان بودن جملات خطا در مورد معادلات مذکور را در سطح معناداری ۵ درصد را می‌توان رد کرد.

جدول شماره ۴- نتیجه آزمون ناهمسانی واریانس

آماره آزمون	احتمال
۱/۶۷۴	۰/۲۴۳

منبع: یافته‌های پژوهش

۴-۶. بررسی صرفه‌های ناشی از مقیاس و بازده نسبت به مقیاس

صرفه به مقیاس به معنای آن است که با افزایش حجم تولید، هزینه متوسط تولید هر واحد کالا کاهش می‌یابد. دلایل متعددی برای این مسئله وجود دارد که شامل مواردی همچون: کسب تخفیف در خرید به دلیل حجم بالای خرید، افزایش تجربه و یادگیری کارکنان، کسب منابع مالی بیشتر، سرشکن شدن هزینه‌های بازاریابی در بازارهای وسیع‌تر و بهبود فناوری تولید است.آنچه باعث رشد بسیاری از صنایع می‌شود دستیابی به صرفه اقتصادی در مقیاس بزرگ‌تر است. انتخاب اندازه مناسب بنگاه‌های جدید یا توسعه بنگاه‌های موجود در یک صنعت می‌تواند با توجه به

امتیازات مقیاس صورت گیرد. از آنجایی که هزینه بنگاه‌ها در مقیاس‌های مختلف تولید متفاوت است، انتخاب مناسب مقیاس و ظرفیت در اقتصادی بودن تولید مهم است.

$$ECS = \varepsilon_{cq} = \frac{\partial LnTC}{\partial LnQ} = \alpha_Q + \alpha_{QQ}LnQ + \delta_{LQ}LnP_L + \delta_{KQ}LnP_K + \delta_{MQ}LnP_M + \delta_{SQ}LnP_S + \alpha_{TQ}T \quad (۱۷)$$

$$ECS = \varepsilon_{cd} = 1/816$$
$$RTS = 1/\varepsilon_{cd} = 0/551$$

از اطلاعات و نتایج به دست آمده در این پژوهش می‌توان به این نکته اشاره کرد که در شرکت آب و فاضلاب شهرستان شازند زیان‌های ناشی از مقیاس وجود دارد. این نتیجه‌گیری بر این اساس است که کشش هزینه نسبت به تولید در سطح میانگین برابری ۱/۸۱۶ و شاخص بازدهی نسبت به مقیاس برابر ۰/۵۵۱ می‌باشد. به زبان دیگر این نتایج نشان می‌دهد که منحنی هزینه در ناحیه حداکثری، بصورت متوسط عمل کرده و هنگامی‌که سطح تولید افزایش می‌یابد، هزینه متوسط نیز افزایش یافته و شرکت آب و فاضلاب شهرستان شازند، بازدهی نسبت به مقیاس کاهنده تولید را دارد. البته باید این نکته را نیز فراموش نکرد که این موضوع می‌تواند علل دیگری نیز داشته باشد از جمله: وسعت زیاد شبکه در یک مجموعه شهری، و التزام این شرکت به خدمات رسانی به مناطقی با خصوصیات متفاوت از نظر تراکم مشترکان و خصوصیات جغرافیایی که تخصیص بهینه منابع را با مشکل مواجه می‌سازد، همچنین فرسودگی تجهزات و خطوط آبرسانی باعث گردیده این شرکت در ناحیه بازدهی کاهنده نسبت به مقیاس فعالیت کند.

۴-۷. شاخص تغیرات تکنولوژی به تفکیک عوامل تعیین‌کننده

شاخص تغییر تکنولوژی تحت عنوان کاهش استفاده از عوامل تولید به شرط دسترسی به سطح مشخصی از تولید تعریف می‌شود. شاخص دیگری که در شرایط بازدهی نسبت به مقیاس به عنوان جانشین کاملی از رشد بهره‌وری محاسبه می‌شود، شاخص تغییرات تکنولوژیکی حاصل از توابع هزینه بلند مدت و کوتاه مدت به ترتیب معرفی شده است:

$$TCI = -\left[\frac{\partial lnCT}{\partial t}\right] \; TCI = -\left[\frac{\frac{\partial lnCV}{\partial t}}{\left(1 - \frac{\partial lnCV}{\partial lnk}\right)}\right] \quad (۱۸)$$

چنانکه مشتق جزیی $\left[\frac{\partial lnC}{\partial t}\right]$ حاصل از توابع هزینه ترانسلوگ به دست می‌آید. با توجه به این شاخص، رشد بهره‌وری برابر با کاهش هزینه در یک دوره زانی مشخص به فرض ثابت ماندن قیمت عوامل تولید و مقدار محصولات تولیدی و وجود پیشرفت تکنیکی تجسم نیافته، تعریف می‌شود. در این صورت TFP و TCI به وسیله درجه بازده نسبت به مقیاس به هم مرتبط و هنگامی بازدهی ثابت نسبت به مقیاس در صنعت برقرار باشد، این دو شاخص از مقدار یکسانی برخوردار خواهند بود؛ بطوری که رابطه این دو شاخص را می‌توان بصورت زیر نشان داد:

$$TFP = TCI * RTC \qquad (۱۹)$$

نکته قابل توجه اینکه شاخص‌های محاسبه شده حاصل از توابع هزینه کل و هزینه متغییر هنگامی با هم برابر خواهند شد که بنگاه به شرط حداقل کردن هزینه نسبت به تمام عوامل تولید فعالیت کند.

پس از محاسبات نرخ رشد تغییرات تکنیکی اثر تکنولوژی کل عوامل تولید ۰/۰۰۱۲- بوده است. بر همین اساس افزایش تولید در دوره زمانی مورد محاسبه با توجه به بازده نزولی نسبت به مقیاس، باعث افزایش هزینه‌ها می‌شود. مقدار تغیرات تکنولوژیکی غیرخنثی برابر با صفر است به این معني که تغییر تکنیک تولید، هزینه‌های تولید را تغییر نمی‌دهد عدد منفی بدست آمده از تغیرات تکنولوژیکی خنثی بدین معنی است که بدون اینکه تغییری در نسبت استفاده از عوامل تولید ایجاد شود، با استفاده از دانش و مهارت‌های فنی و آموزش نیروی کار در زمینه‌های لازم، سطح تولید، افزایش و به‌عبارتی هزینه‌های تولید کاهش یافته است.

جدول ۵- اثر تغیرات تفکیکی به تفکیک عوامل تعیین‌کننده در سطح میانگین

شاخص	مقدار
اثر تکنولوژیکی	۰/۰۰۱۲-
اثر بسط مقیاس	۰/۲۹۳۱
اثر تکنولوژی خنثی	۰/۲۹۳۱-
اثر تکنولوژی غیر خنثی	۰

منبع: محاسبات محقق

۴-۸. محاسبه شاخص رشد بهره وری‌عوامل تولید به تفکیک عوامل تعیین‌کننده

به طور کلی روش‌های محاسبه بهره وری به دو دسته پارامتری و ناپارامتری تقسیم می‌شوند. روش‌های پارامتری (مبتنی بر اقتصادسنجی) با در نظر گرفتن ویژگی‌هایی برای تابع تولید و یا هزینه سعی در تخمین بهره وری دارند. در حالی که روش‌های ناپارامتری بدون تحمیل قید خاصی با معرفی شاخص‌های مناسب، بهره وری را تخمین می‌زنند. از جمله روش‌های ناپارامتری می‌توان به شاخص‌های عددی (شاخص عددی پاشه، لاسپیرز، فیشر، تورکوئیست)، روش حسابداری رشد و شاخص دیویژیا و کندریک اشاره کرد. شاخص‌های عددی در اندازه‌گیری بهره وری و تغییرات آن نقش بسزایی دارند در این میان، شاخص بهره‌وری مالم کوئیست یکی از بارزترین شاخص‌هایی است که به روش ناپارامتری مرزی برای اندازه گیری میزان تغییرات در بهره‌وری کل عوامل تولید و تفکیک اجزای آن معرفی شده است. برخی از مزیت‌های این روش نسبت به سایر روش‌های اندازه‌گیری بهره وری کل عوامل تولید، عبارتند از: فروض محدودکننده کمتر نسبت به شاخص‌های اقتصادسنجی، بی‌نیازی به داده‌های قیمتی و در نهایت بی‌نیازی به انتخاب یک شکل تبعی معین و در نتیجه مبرا ماندن از محدودیت‌های فنی و آماری خاص سایر روش‌ها. مقادیر محاسبه شده برای رشد بهره وری‌و عوامل تعیین‌کننده آن در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۶- اثر تغییرات رشد بهره‌وری به تفکیک عوامل تعیین کننده در سطح میانکین

شاخص	مقدار
رشد بهره وری کل عوامل تولید	۰/۰۰۰۷
اثر بسط مقیاس	-۰/۱۹۸۵
اثر تکنولوژی خنثی	۰/۱۹۸۵
اثر تکنولوژی غیر خنثی	۰

منبع: محاسبات محقق

عدد بدست آمده در شاخص بهره‌وری کل بیانگر این موضوع است که شرکت آب و فاضلاب شهرستان شازند به طور متوسط دارای رشد بهره‌وری بوده است. از طرفی منفی بودم اثر بسط مقیاس با توجه به بازده نزولی نسبت به مقیاس نشانگر این موضوع می‌باشد که با افزایش تولید این شرکت کاهش بهره‌وری عوامل تولید را خواهیم داشت. مقدار بدست آمده از محاسبه تغییرات غیر تکنولوژیکی غیر خنثی برابر با صفر می‌باشد که این نشان دهنده این مهم است که تغییر تکنیک تولید نمی تواند بر روی رشد بهره وری عوامل تولید اثری بگذارد. ارتقاء مولفه‌های کیفی مانند

آموزش نیروی کار بر اساس مقدار محاسباتی اثر تکنولوژی خنثی می‌تواند تاثیر مثبت و بسزایی بر روی رشد بهره‌وری شرکت آب و فاضلاب شهرستان شازند در طول دوره مورد مطالعه داشته باشد.

۵. نتیجه‌گیری

اولین قدم در تخمین تابع هزینه، دسترسی به اطلاعات و داده‌های آماری آن بخش می‌باشد. بر همین اساس اطلاعات و آمار مربوط به شرکت آب و فاضلاب شهرستان شازند برای دوره زمانی ۱۳۹۸-۱۳۸۷ گردآوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. این تجزیه و تحلیل‌ها نتایج مهمی را به همراه داشت که شرکت مذکور می‌تواند در جهت ارتقاء رشد و بهره‌وری به آن استناد کند. یکی از مواردی که باید به آن توجه ویژه شود، ارتقاء مولفه‌های کیفی از جمله آموزش نیروی کار می‌باشد. چرا که شاخص بهره‌وری کل بدست آمده نشان از آن دارد که شرکت آب و فاضلاب شهرستان شازند به طور متوسط دارای رشد بهره وری می‌باشد. البته تغییر فناوری تولید بر اساس عدد بدست آمده از محاسبه شاخص تکنولوژی غیر خنثی نشان گر این است که تاثیری بر روی رشد بهره وری عوامل تولید نخواهد داشت. بسط مقیاس دارای تأثیر منفی بر رشد بهره وری‌عوامل تولید و تکنولوژی خنثی اثر مثبت بر رشد بهره وری‌عوامل تولید دارد.

پس از تجزیه و تحلیل دادها و اطلاعات مربوطه، نتایج بدست آمده حکایت از آن دارد که در شرکت آب و فاضلاب شهرستان شازند، بازدهی کاهنده نسبت به مقیاس و عدم صرفه‌های ناشی از مقیاس وجود دارد. این نتایج را می‌توان ناشی از وسعت بالای این شهرستان و التزام شرکت آب و فاضلاب مربوطه نسبت به خدمات‌رسانی به مناطقی با خصوصیات متفاوت از نظر تراکم مشترکان و خصوصیات جغرافیایی، مالکیت دولتي و نبود محیط رقابتی دانست که تخصیص بهینه هزینه را با مشکل مواجه می‌کند. طبق بررسی‌های انجام شده یکی از مهمترین دلایل وجود بازدهی کاهنده نسبت به مقیاس را می‌توان وجود تجهیزات فرسوده و قدیمی و همچنین خطوط آبرسانی فرسوده، دانست. در این صورت برای برون رفت از مشکلات موجود باید تقسیم شبکه آبرسانی به ابعاد کوچک‌تر برای سوق دادن آنها به سمت مقیاس بهینه تولید و به‌کارگیری تجهیزات جدید و بازسازی‌خطوط آبرسانی فرسوده در نظر گرفته شود که این امر می‌تواند تأثیر قابل توجهي در کاهش هزینه شرکت مزبور داشته باشد. شاخص پیشرفت تکنولوژی نشان دهنده تأثیر تغییرات تکنولوژیکی بر تابع هزینه است. بر اساس نتایج، این شاخص عددی منفی بوده که حاکی از

کاهش هزینه کل در نتیجه پیشرفت تکنولوژیکی و یا افزایش متغیر روند بود. نتایج به تفکیک نیز نشان می‌دهند که بسط مقیاس، اثری منفی و تکنولوژی خنثی، اثری مثبت بر کاهش هزینه‌های تولید داردکه بیان کننده تایید فرضیه‌های تحقیق است. تکنولوژی غیرخنثی بی‌تأثیر است. به این تعبیر که تغییر تکنیک، تولید هزینه‌های تولید را تغییر نمی‌دهد. بسط غیربهینه اندازه شبکه ارائه خدمات منجر به اثر منفی بسط مقیاس روی هزینه‌های تولید گردید. بنابراین پیشنهاد می‌شود که از گسترش غیر بهینه شبکه ارائه خدمات جلو گیری شود و همچنین تغییر تکنیک تولید در دستور کار قرار نگیرد بازسازی تکنولوزی فعلی می‌تواند بسیار مفید و کار ساز باشد. لازم به ذکر است که ارتقاء سطح مهارت‌های فنی و همچنین افزایش کیفیت آموزش نیروی انسانی در شرکت آب و فاضلاب شهرستان شازند اثر مثبت تکنولوژیکی خنثی بر روی هزینه‌های تولید به همراه خواهد داشت.

منابع

- اسماعیلی نیا بالا گتابی، فاطمه، سرلک، احمد و هادی غفاری (۱۳۹۷)، بررسی و تحلیل تقاضای آب شرب با استفاده از تابع مطلوبیت استون - گری (مطالعه موردی منطقه ورامین)، تحقیقات اقتصاد کشاورزی، جلد ۱۰ شماره ۳، ۱۵۰-۱۳۱.
- سیفی، احمد، دهقانپور، محمد رضا (۱۳۹۳)، بررسی تقاضای نهاده‌ها، صرفه‌جویی‌های ناشی از مقیاس و تغییرات فنی در صنعت تولید برق کشور طی دوره ۱۳۸۶-۱۳۵۰، دوفصلنامه سیاستگذاری اقتصادی، دوره ۶، ۸۰ -۴۵.
- قادرزاده، حامد، جزایری، آزاده (۱۳۹۷)، "تعیین ارزش اقتصادی و تابع تقاضای آب در تولید محصول یونجه در دشت دهگان"، دوره ۱۰ شماره ۳ پیاپی ۳۹، از ۵۳-۲۳.
- کلاهی، رضا (۱۳۷۱)، پایان نامه، برآورد تابع تقاضای شیراز طی سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۳۷۰، دانشگاه شیراز.
- مرزبان، حسین، کرمی، لیلا (۱۳۹۱)، بررسی ساختار هزینه فرایند عرضه آب (مطالعه موردی شرکت آب و فاضلاب شیراز)، فصلنامه آب و فاضلاب، شماره ۳، ۷۸-۶۸.
- Akkemik K, (2009), Cost Function Estimates, Scale Economies and Technological Progress in the Turkish Electricity Generation Sector, Energy Policy, Vol, 37, pp. 204-213.

- Kostas B and Chrysostom’s S, (2006), Estimating urban residential water demand determinants and forecasting water demand for Athens metropolitan area, 2000-2010, *South-Eastern Europe J. of Economics*,1, 47-59.
- 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, 100-159.
- Martins R and Fortunato A and Coelho F, (2006), Cost structure of the Portuguese water industry: cubic cost function application, http:// gemf. Fe. Uc. Pt, July 8, 2008.
- Martinez-Espineira, R. (2006). “Residential water demand in the northwest of Spain.” < http: //www.soc.uoc.gr /calendar/2000EAERE /papers/PDF/d1-espineira .pdf> (March 28, 2007).
- Negus C and Van den Berg C, (2007), how natural are natural monopolies in the water supply and sewerage sector? Case studies from development and transition economics, http:// econ.worldbank.org, 46-61.
- Curran, S.R., de Shrining, A., (2019). Completing the picture: the challenges of bringing ‘‘consumption” into the population–environ- mint equation. Popul. Environ.26, 107-131.
- Gleeson, T., Alley, W.M., Allen, D.M., Sophocleous, M.A., Zhou, Y., Taniguchi, M., Vandersteen, J., (2012). Towards sustainable ground- water use: setting long-term goals, backcasting, and managing adap- tively. Groundwater 50, 1926.
- Romano, G., Salvati, N., & Guerrini, A. (2014). Estimating the determinants of residential water demand in Italy. Water, 6(10), 2929-2945
- Syrbe R and Walz U, (2012), spatial indicators for the assessment of ecosystem services: providing, benefiting and connecting areas and landscape metrics, Ecol, Indic, 21, 80-88.

Computational Economics
ISSN 2821-0433

Investigating the Return of Scale Indicators, Technological Changes and Growth of Production Factors on the Cost in Shazand City Water and Wastewater Company

Majid Karkhaneh [1]
Ahmad Sarlak [2*]
Kambiz Hozhbar Kiani [3]

Abstract
The main purpose of this article is to investigate the return of scale indicators, technological changes and productivity growth rate on the cost in Shazand City Water and Wastewater Company. For this purpose, based on repetitive seemingly unrelated Regression, translog cost function form was used to estimate water supply cost function. Cost function parameters were estimated from seasonal time series data over time period 2008 to 2018. The company used four factors of production, labor, capital, raw materials and other services in the production process. The results showed that there is a diminishing return to scale and a lack of economies of scale, which means that there is no natural monopoly in the company. Technology progress and productivity growth indicator indicates that cost reduction as a result of technology progress and productivity growth over the study period.

Keywords
TransLog Cost Function; Productivity Growth; Seemingly Unrelated Regression; Return of Scale

***JEL Classification*:** C59; C12; D29

[1] Ph.D. student in economics, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran, Email: majidkarkhaneh@gmail.com
[2]Assistant Professor of Economics, Department of economics, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran, Corresponding Author, Email: a-sarlak@iau-arak.ac.ir
[3] Professor of Economics, Shahid Beheshti University, Department of economics and Political Science, Tehran, Iran, Email: khkiani@yahoo.com