-- Journal of Economic Research------
79(20), 185
joer.atu.ac.ir
DOI: 10.22054/joer.2020.49977.837

ATU PRESS

Price Regulation Based On Performance of Iranian Water and Wastewater Companies

Alireza Ebrahimi Nourali — Economics Doctoral Student, Faculty of Management and Economics, Azad University, Branch of Science and Researches, Tehran, Iran

Karim Emami* — Economics Professor, Faculty of Management and Economics, Azad University, Branch of Science and Researches, Tehran, Iran

Teymour Mohammadi — Economics Professor, Faculty of Economics, Allame Tabatabaei University, Tehran, Iran

Abstract

The purpose of this paper is to design a unique pricing system (price-cap) for Iran's water and wastewater industry to ensure fair pricing for its customers, encourage effective investment planning, and improve corporate productivity and efficiency. To this end, the translog frontier cost function form using the panel- data of thirty-five (35) water and wastewater companies over the period 2012-2017 is used to calculate the aforementioned components and X-factor and use it in the price-cap model for a five-year period, has been used. The price ceiling decreasing for the most efficient company was 2% and for the most inefficient company was 28%. In other words, in the first year of implementation of the price ceiling adjustment model, the most efficient water and wastewater company will be allowed to decrease its base or initial price by 2%, but the most inefficient company will be allowed to more decrease by 28%. It is this incentive that fulfills the purpose of implementing the price-cap model as an incentive regulation method.

Keywords: Iranian Water and Wastewater Companies, Stochastic Frontier Analysis, Regulation, Price Regulation Model based on Performance, X-Factor, Price-Cap.

JEL Classification: D4, H4, K23, L1, L43, L5, L95.

* Corresponding Author: K_emami@yahoo.com

The present article is taken from the doctoral dissertation of the Faculty of Management & Economics, Islamic Azad University, Science & Researches Branch of Tehran, Iran.

Original Reserch Accepted: 11/Feb/2020 Received: 06/Sep/2020 ISSN: 1735-210x eISSN: 6453-2476

مقاله پژوهشی

-- پژوهشنامه اقتصادی ---------

دوره ۲۰، شماره ۷۹، زمستان ۱۳۹۹، ۱۸۶-۲۲۴

joer.atu.ac.ir

DOI: 10.22054/joer.2020.49977.837

تنظیم قیمت آب مبتنی بر عملکرد شرکت‌های آب و فاضلاب ایران

علیرضا ابراهیمی نورعلی دانشجوی دکتری علوم اقتصادی، گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

کریم امامی* استادیار گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تیمور محمدی دانشیار گروه اقتصاد، دانشکده علوم اقتصادی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۱۶

ISSN:۱۷۳۵-۲۱۰X eISSN: ۶۴۵۳-۲۴۷۶

چکیده

تنظیم قیمت صنایع ارائه‌دهنده خدمات عمومی نظیر آب شرب به دلیل موارد شکست بازار فارغ از نوع مالکیت، امری ضروری به نظر می‌رسد. براساس ادبیات نظری و تجربی موجود، جدیدترین دستاورد پژوهشگران در حوزه تنظیم‌گری صنایع بیان شده، تنظیم‌گری مبتنی بر عملکرد به طور عام و تنظیم قیمت مبتنی بر عملکرد به طور خاص بوده ا ست. تنظیم قیمت آب شرب شهری استان‌های کشور مبتنی بر عملکرد شرکت‌های آب و فاضلاب مربوطه ضمن ایجاد انگیزه در شرکت‌های آب و فاضلاب شهری به منظور بهبود کارایی و بهره‌وری، زمینه کاهش قیمت آب برای مصرف‌کنندگان در نتیجه رقابت را نیز فراهم خواهد آورد. در این مقاله ابتدا در چارچوب تحلیل مرزی تصادفی، میزان عملکرد شرکت‌های آب و فا ضلاب از نظر کارایی و بهره‌وری اندازه‌گیری شده و در مرحله بعد با ا ستفاده از نتایج به‌د ست آمده از عملکرد شرکت‌های ا شاره شده در قالب یک مدل تنظیم قیمت مبتنی بر عملکرد و داده‌های تابلویی ۳۵ شرکت آب و فاضلاب استانی در ایران طی سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۶ برای آب شرب این شرکت‌ها، سقف قیمت فروش آب پیشنهاد شده است. نتایج این پژوهش، بیشترین و کمترین سقف قیمت (متوسط سالیانه) را به ترتیب برای شرکت آب و فاضلاب استان گیلان معادل ۲۸- درصد و شرکت آب و فاضلاب شهر هرمزگان معادل ۲- درصد پیشنهاد می‌دهد. این در حالی است که شرکت‌های آب و فاضلاب استان هرمزگان و گیلان به ترتیب دارای بیشترین (۱۱ در صد) و کمترین (۱۲- در صد) متو سط تغییر در بهره‌وری کل عوامل تولید هستند. همچنین نتایج حاکی از آن ا ست که متو سط تغییر در کارایی فنی هزینه صنعت آب و فا ضلاب تقریبا صفر و متو سط تغییر تکنولوژی صنعت آب و فاضلاب مثبت و برابر ۰/۱۱ ا ست که بیشترین تاثیر در رشد بهره‌وری کل عوامل تولید صنعت آب و فا ضلاب را دا شته ا ست. همچنین متو سط تغییر در کارایی مقیاس هزینه صنعت آب و فا ضلاب منفی ا ست که بیانگر نزولی بودن بازدهی نسبت به مقیاس صنعت آب و فاضلاب ایران است.

کلیدواژه‌ها: شرکت‌های آب و فاضلاب استانی، تحلیل مرزی تصادفی، مدل تنظیم قیمت مبتنی بر عملکرد، فاکتور X، سقف قیمت فروش آب.

طبقه‌بندی JEL: D4، H4، K23، L1، L43، L5، L95.

- مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری دانشکده مدیریت و اقتصاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران است.

* نویسنده مسئول: K_emami@yahoo.com

۱- مقدمه

یکی از مهم‌ترین دلایل مداخله دولت و نهاد تنظیم مقررات[1] در صنایع ارائه‌دهنده خدمات عمومی از جمله صنعت آب و فاضلاب، شکست بازار به دلیل وجود انحصار طبیعی ناشی از سرمایه‌بر بودن این بخش است. بر این اساس، نهاد تنظیم‌گر مقررات، اقدام به تنظیم قیمت یا مقررات‌گذاری قیمت در این‌گونه صنایع می‌کند. از این رو، ادبیات گسترده‌ای در این زمینه وجود دارد.

تا قبل از دهه ۱۹۷۰ میلادی، «قیمت‌گذاری مبتنی بر هزینه نهایی» روش غالب تنظیم قیمت در صنایع دارای انحصار طبیعی محسوب می‌شد، اما از دهه ۱۹۸۰ به دلیل زیان ناشی از اختلاف بین هزینه نهایی و هزینه متوسط، راه‌حل‌های بهینه اول و دوم نظیر «قیمت‌گذاری رمزی» و «نرخ بازگشت سرمایه» جایگزین آن شدند[2]. از دهه ۱۹۹۰ روش‌های تنظیم قیمت مبتنی بر انگیزه به طور فزاینده‌ای اهمیت پیدا کرد. در این راستا، روش‌های تنظیم مقررات مختلفی نظیر «سقف قیمت[3]»، «سقف درآمد» و «رویکرد معیار مطلوب[4]» با هدف جلوگیری از سوءاستفاده از قدرت انحصار و در عین حال تسهیل عملکرد بنگاه‌های مقررات‌گذاری شده، طراحی و به اجرا گذارده شده است.

روش تنظیم « سقف قیمت»، اولین بار در سال ۱۹۸۳ توسط لیتلچایلد[5] به عنوان طرح مقررات‌گذاری شرکت مخابرات بریتانیا پیشنهاد شد و پس از آن توسط نهادهای تنظیم مقررات مختلف در سراسر جهان جهت مقررات‌گذاری صنایع زیرساختی مثل برق، گاز، آب، ارتباطات و... به کار گرفته شده است. این روش به دلیل نقش شاخص قیمتی خرده‌فروشی (RPI) و بهبود مورد انتظار در بهره‌وری (X) در تعدیل قیمت هر دوره نسبت به دوره قبل به (RPI-X) معروف شد. ضریب یا فاکتور X در روش «سقف قیمت» بیانگر کاهش هزینه موردنیازی است که باید از طریق بهبود بهره‌وری اتفاق بیفتد و به واسطه آن سود بیش از حد و ناکارایی هزینه، حذف می‌شود.

1- Regulator
2- Harris J., Tate D. & Renzetti S.
3- Price Cap
4- Yardstick Competition
5- Littlechild, S. C.

نهاد تنظیم‌گر مقررات از طریق تنظیم «سقف قیمت» با ایجاد انگیزه مناسب در شرکت‌های آب و فاضلاب که با انحصار طبیعی مواجه هستند، ضمن همگرایی قیمت در این نوع صنایع به قیمت شبیه‌سازی شده فضای رقابت کامل، سودآوری مناسب شرکت‌های ارائه‌کننده خدمات آب و فاضلاب، زمینه حمایت از مصرف‌کنندگان در مقابل پیامدهای انحصار طبیعی و حداکثر شدن رفاه اجتماعی را فراهم خواهد کرد.

در راستای اهداف و تلاش نهاد تنظیم مقررات در جهت همگرایی قیمت صنعت آب و فاضلاب به قیمت شبیه سازی شده رقابتی، اندازه‌گیری رشد بهره‌وری کل شرکت‌های آب و فاضلاب از اهمیت زیادی برخوردار خواهد بود. رشد بهره‌وری کل شرکت‌های آب و فاضلاب و اجزاء آن به‌طور مستقیم در تنظیم قیمت این شرکت‌ها کاربرد دارد به‌طوری که شرکت‌های با رشد بهره‌وری پایین‌تر، مجاز به فروش محصول در سقف قیمت کمتری نسبت به شرکت‌هایی که رشد بهره‌وری بالاتر دارند، هستند؛ چراکه شرکت‌های با رشد بهره‌وری پایین‌تر از طریق پتانسیل بیشتر در افزایش بهره‌وری، می‌توانند سودآوری ایجاد کنند و سقف قیمت کمتر بیان شده را جبران کند.

ساختار مقاله به این صورت است که در بخش دوم مبانی نظری تنظیم قیمت مبتنی بر عملکرد توضیح داده شده است. در بخش سوم، روش و مراحل انجام پژوهش معرفی شده است. در بخش چهارم، داده‌های مورد استفاده در پژوهش تبیین و توضیح و در قسمت پنجم نیز نتایج مدل آورده شده است. در نهایت در بخش ششم به نتیجه‌گیری پژوهش و ارائه توصیه‌های سیاستی پرداخته شده است. تمامی آزمون‌ها و نتایج مربوطه نیز در قالب شش پیوست، پس از بخش ششم تشریح و ارائه شده است.

۲- مبانی نظری تنظیم قیمت مبتنی بر عملکرد

تا قبل از دهه ۱۹۷۰ میلادی، عقیده بر این بود که «قیمت‌گذاری مبتنی بر هزینه نهایی» بهترین شیوه تنظیم قیمت در شرایط انحصاری است، اما به دلیل زیان (کسری) ناشی از اتخاذ چنین رویکردی در بخش‌های ارائه‌دهنده کالاها و خدمات عمومی به دلیل وجود بازدهی نسبت به مقیاس در دهه ۱۹۸۰ راه‌حل‌های بهینه اول و دوم جهت جبران این کسری معرفی شدند که به ترتیب راه‌حل انتقال یکجا[1] و قیمت‌گذاری رمزی را پیشنهاد می‌کردند[2].

1- Lump Sum
2- Harris, J.; Tate, D. & Renzetti, S.

از دهه ۱۹۹۰ موج سومی از جهت‌گیری نسبت به نحوه تعیین قیمت انحصارگر پدید آمد و تشویق کارایی و بهبود عملکرد انحصارات طبیعی در صنایع شبکه‌ای به طور فزاینده‌ای اهمیت یافت. این امر منجر به سابقه طولانی تلاش برای تنظیم انحصارات طبیعی و ادبیات گسترده‌ای در مورد مشکلات و تلاش‌های مربوط به تنظیم مقررات (مقررات‌گذاری) شده است. هدف اصلی تنظیم قیمت مبتنی بر عملکرد، ایجاد انگیزه کافی برای سرمایه‌گذاری بهینه، بهبود بهره‌وری در بهره‌برداری از تاسیسات و شبکه‌های آب و سهیم کردن مصرف‌کننده از این بهره‌وری و کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری است.

تنظیم قیمت مبتنی بر عملکرد با حذف ارتباط بین قیمت‌گذاری و هزینه شرکت‌های آب و فاضلاب، انگیزه کافی برای سودآوری شرکت‌ها از طریق کاهش هزینه‌ها ایجاد می‌کند. از مهم‌ترین روش‌های تنظیم قیمت مبتنی بر عملکرد، می‌توان به روش سقف قیمت، سقف درآمد و نرخ بازگشت سرمایه مطلوب اشاره کرد.

۲-۱- تنظیم سقف قیمت

تنظیم سقف قیمت که به تنظیم (RPI-X) نیز شهرت دارد، یکی از روش‌های محبوب تنظیم قیمت در حوزه صنایع انحصاری است. این روش در بسیاری از ایالت‌های آمریکا برای تعیین قیمت خدمات مخابرات و در انگلستان برای تنظیم قیمت خدمات توزیع آب و برق مورد استفاده قرار گرفته است (گرین[1]، ۲۰۰۵الف). این روش برای اولین بار توسط لیتلچایلد در سال ۱۹۸۳ برای تنظیم قیمت خدمات مخابرات در انگستان معرفی شده است و تا به امروز مدل‌های مختلفی از آن در صنایع انحصاری مورد استفاده قرار گرفته است (گرین، ۲۰۰۵ب). ایده اصلی این روش، محدود کردن قیمت‌ها در صنایع انحصاری است. سقف قیمت می‌تواند برای تمامی مشتریان یا برای هر گروه از مشتریان اعمال شود (هریس، تیت و رنزتی[2]، ۲۰۰۲). جدول (۱) تجربه دو کشور ایتالیا و اسپانیا را درخصوص فرمول سقف عوارض جاده‌ای در چارچوب تنظیم قیمت مبتنی بر انگیزه نشان می‌دهد (هریس، تیت و رنزتی، ۲۰۰۲).

1- Greene, W. H.
2- Harris, J.; Tate, D. & Renzetti, S.

جدول ۱. فرمول سقف قیمت مورداستفاده در دو کشور اروپایی

نام کشور	سال	صنعت تحت تنظیم	فرمول استفاده شده
ایتالیا	۱۹۹۶	عوارض جاده‌ای	$\Delta P \leq \Delta RPI - X + \beta\Delta q$
اسپانیا	۲۰۰۰	عوارض جاده‌ای	$P_t = P_{t-1} \times (1 + RPI - X)$

منبع: یافته‌های پژوهش

براساس ادبیات تجربی موجود، سه عنصر اصلی در تنظیم سقف قیمت موثرند: ۱- شاخص تورم، ۲- شاخص بهره‌وری و ۳- کیفیت تامین کالا یا خدمت. تنظیم سقف قیمت معمولا برای یک دوره ۳ تا ۵ ساله تعریف می‌شود و قیمت‌ها براساس یک چارچوب از قبل تعریف شده در هر سال نسبت به سال قبل تغییر می‌کنند (کریستوفر و سابال[1]، ۲۰۱۴). دوره تنظیم سقف قیمت کمتر از ۳ سال فرصت کافی برای شرکت‌های آب و فاضلاب برای برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری به منظور بهبود بهره‌وری ایجاد نکرده و شرکت‌ها با ریسک عدم ثبات در مقررات‌گذاری نیز مواجه شده که این ریسک خود موجب افزایش هزینه‌ها می‌شود که با هدف اصلی تنظیم سقف قیمت که کاهش هزینه‌ها است در تضاد خواهد بود. با توجه به اینکه کیفیت تامین کالا و خدمات، قابل اندازه‌گیری نیست از فرمول و قاعده نهاد تنظیم عوارض جاده‌ای اسپانیا، جهت تعیین سقف قیمت فروش آب برای شرکت‌های آب و فاضلاب به صورت رابطه (۱) استفاده خواهد شد.

$$P_t = P_{t-1} \times (1 + RPI_t - X_t) \pm Z_t \qquad (۱)$$

که در آن، P_{t-1} قیمت اولیه یا سقف قیمت در سال قبل، P_t سقف قیمت در سال t از دوره تنظیم قیمت، RPI_t شاخص قیمت خرده‌فروشی در سال t و X_t ضریب یا فاکتور عایدی انتظاری حاصل از بهره‌وری سالانه (یا ضریب توانمندی کاهش در هزینه‌ها حاصل از بهره‌وری[2]) و ضریب Z شاخص عوامل خارج از کنترل مدیریت بنگاه یا به عبارتی حوادث پیش‌بینی نشده است. به عنوان مثال، حوادثی نظیر سیل و زلزله که ممکن است خسارت سنگینی برای شرکت‌ها به بار آورد از طریق افزایش سقف قیمت جبران می‌شود. در این مقاله از متغیر Z برای سادگی صرفنظر شده است.

1- Christopher F., P. & Subal C., K.
2- Productivity-offset

روش تنظیم سقف قیمت به شرکت آب و فاضلاب اجازه نمی‌دهد که متوسط قیمت در هر سال بیش از (RPI-X) افزایش پیدا کند. شاخص قیمت خرده‌فروشی (RPI) براساس میزان تغییر قیمت‌ها در کل اقتصاد، تغییر قیمت‌ها در صنعت و یا ترکیبی از آن‌ها تعیین می‌شود.

تعیین ضریب یا فاکتور X، پرچالش‌ترین بحث در تنظیم سقف قیمت محسوب می‌شود؛ زیرا میزان منفعت مشتریان متاثر از این ضریب یا فاکتور است. این ضریب یا فاکتور که توانایی بالقوه شرکت‌ها را در کاهش هزینه‌ها نشان می‌دهد، توسط نهاد تنظیم‌گر سقف قیمت، برآورد و تعیین می‌شود. ضریب یا فاکتور X می‌تواند برای هر شرکت به طور جداگانه، یا برای گروهی از شرکت‌ها و یا با استفاده از مقایسه عملکرد شرکت‌ها تعیین شود.

نکته دیگری که درخصوص این روش می‌توان اشاره کرد، این است که از دید شرکت‌های خصوصی نیز این روش قیمت‌گذاری مطلوب‌تر است؛ زیرا برخلاف روش نرخ بازگشت که باید نرخ عادلانه و با نظر شرکت‌های آب و فاضلاب تعیین شود، نرخ بازگشت دیگر برای نهاد مقررات‌گذار حائز اهمیت نیست و این بازار است که نرخ بازگشت عادلانه را تعیین می‌کند و شرکت‌های خصوصی که تمایل به اعلام نرخ بازگشت مطلوب خود ندارند با خیالی آسوده در کسب سود تلاش می‌کنند[1].

۲-۲- پتانسیل بهبود بهره‌وری[2]

در بخش قبل مشخص شد که یکی از مهم‌ترین مولفه‌های اصلی در تنظیم سقف قیمت، ضریب یا فاکتور عایدی انتظاری حاصل از بهره‌وری سالانه یا پتانسیل بهبود بهره‌وری موسوم به فاکتور X است که باید برای دوره تنظیم قیمت (پنج سال آینده) به صورت سالیانه و برای هر شرکت، توسط نهاد تنظیم‌گر قیمت، برآورد شود. در واقع مفهوم فاکتور X ، بیانگر کاهش قیمتی است که با هدف تسهیم عایدی حاصل از کارایی بهره‌برداری بنگاه با مصرف‌کنندگان، توسط نهاد تنظیم‌گر قیمت تعیین می‌شود. بنابراین، هنگامی که نهاد تنظیم‌گر قیمت، فاکتور X را تعیین می‌کند، متغیر حیاتی، پتانسیل رشد بهره‌وری بنگاه تحت تنظیم است.

1- Maziotis, A.; Saal, D.S. & Thanassoulis, E.
2- X-Factor

براساس ادبیات موجود[1]، به طور کلی درخصوص تعیین فاکتور X، دو رویکرد وجود دارد؛ رویکرد اول که به مدل آمریکایی معروف است با رفرنس قرار دادن کل اقتصاد، فاکتور X یک صنعت خاص را به صورت رابطه (۲) تعیین می‌کند.

$$X^{industry} = (\dot{T} - \dot{T}^{E}) + (\dot{W} - \dot{W}^{E}) \qquad (۲)$$

که در آن عبارت اول سمت راست، تفاوت بین رشد بهره‌وری کل عوامل تولید صنعت موردنظر و رشد بهره‌وری کل عوامل تولید اقتصاد است. عبارت دوم سمت راست، بیانگر تفاوت بین رشد قیمت نهاده‌ها در صنعت موردنظر و رشد قیمت نهاده‌ها در اقتصاد است.

در رویکرد دوم، اندازه‌گیری فاکتور X یک بنگاه بر پایه نظریه اندازه استوار است به‌طوری که فاکتور X در رویکرد دوم از طریق فاصله تا مرز واقعی کارایی و فاصله بین قیمت نهاده‌ها و ستاده‌ها، اندازه‌گیری می‌شود. این رویکرد در ساده‌ترین حالت به صورت رابطه (۳) قابل بیان است.

$$X_i = T\dot{F}P^{Industry} + \left(\frac{T\dot{F}P_{Best}^{Firm} - T\dot{F}P_{i}^{Firm}}{n}\right) \qquad (۳)$$

در رابطه (۳)، عبارت اول سمت راست بیانگر «رشد بهره‌وری کل عوامل تولید»[2] صنعت آب و فاضلاب در سال قبل و عبارت دوم، تفاوت رشد بهره‌وری کل عوامل تولید بهترین شرکت با شرکت موردنظر، تقسیم بر دوره مورد بررسی است (بروچادو[3]، ۲۰۱۶).

در این مقاله از رابطه (۳) جهت محاسبه رشد بهره‌وری کل عوامل تولید شرکت‌های آب و فاضلاب استفاده شده است.

بائر[4] (۱۹۹۰)، نشان داد که رشد بهره‌وری عوامل تولید مشاهده شده به صورت رابطه (۴) قابل بیان است.

$$T\dot{F}P = \dot{y} - \dot{x} = \dot{CE}\text{-}\dot{C}(y,w,t) + \left[1 - \varepsilon_y\right]\dot{y} \qquad (۴)$$

1- Marques
2- Total Factor Productivity Growth (TḞP)
3- Brochad, M. R.
4- Bauer, P. W.

که در آن، CE کارایی هزینه بوده و به صورت رابطه (۵) تعریف می‌شود.

$$CE = \frac{C(y.w.t)}{C} = \frac{1}{\exp(-u_{it})} \quad (۵)$$

و ε_y،کشش هزینه نسبت به تولید است:

$$\varepsilon_y = \frac{\partial \ln C(y.w.t)}{\partial \ln y} \quad (۶)$$

در روابط (۵) و (۶)، $C(y.w.t)$ حداقل (مرز) هزینه، C هزینه مشاهده شده، y مقدار تولید، w بردار قیمت نهاده‌ها یا عوامل تولید و t بیانگر متغیر زمان اســت. علامت نقطه بالای هر متغیر نیز، بیانگر نرخ رشد آن متغیر طی زمان بوده و به صورت رابطه (۷) تعریف می‌شود.

$$\dot{y} = \frac{d\ln y}{dt} = \frac{1}{y}\left(\frac{dy}{dt}\right) \quad (۷)$$

مولفه‌های رشد بهره‌وری کل عوامل تولید در رابطه (۷) عبارتند از: «تغییر کارایی فنی هزینه[۱]»، «تغییر تکنولوژی[۲]» و «تغییر کارایی مقیاس[۳]». اثر تغییر تکنولوژی به صورت تغییر در مرز هزینه نمایان می‌شود. پیشرفت تکنولوژی منجر به تغییر به سمت پایین مرز هزینه و پســرفت تکنولوژی منجر به تغییر به ســمت بالای مرز هزینه خواهد شــد. چنانچه کشــش هزینه نســبت به تولید برابر یک باشــد یا تغییری در تولید اتفاق نیفتد، کارایی مقیاس هیچ اثری بر رشــد بهره‌وری کل عوامل تولید نخواهد داشــت. رشــد تولید در صــورت وجود اقتصاد مقیاس ($\varepsilon_y < 1$) بر رشد بهره‌وری کل عوامل تولید اثر خواهد گذاشت، اما اگر اقتصاد مقیاس وجود نداشته باشد ($\varepsilon_y > 1$)، کاهش تولید بر رشد بهره‌وری کل عوامل تولید اثر خواهد گذاشت.

۱- Cost Effieciency Change (CEC)

۲- Technology Change (TE)

۳- Scale Effieciency Change (SEC)

۲-۳- تابع هزینه

به‌منظور مدل‌سازی مناسب در این مطالعه از میان شکل‌های تابعی موجود با توجه به مزایای توابع انعطاف‌پذیر، شکل تابعی کاملا انعطاف‌پذیر ترانسلوگ به استناد کاربرد وسیع آن در مطالعات مشابه و همچنین به لحاظ ویژگی‌های نظری و آماری به‌عنوان مناسب‌ترین شکل تابع هزینه در نظر گرفته شده است. دلایل متعددی وجود دارد که استفاده از این تابع هزینه را در بین سایر توابع هزینه، توجیه‌پذیر می کند؛ اول این‌که با بهره‌گیری از لم شفارد[۱] به‌راحتی می‌توان تابع تقاضا برای نهاده‌های تولید را از تابع هزینه ترانسلوگ استخراج کرد. در تابع تقاضای به‌دست‌آمده ازآنجاکه میزان تقاضا برای نهاده موردنظر تابعی از قیمت خود نهاده، قیمت سایر نهاده‌ها و نیز سطح ستاده است؛ بنابراین، تابع تقاضا استخراج شده، تابع تقاضای مشروط است. سوم این‌که با انتخاب تابع هزینه ترانسلوگ فرض‌ها محدود می شوند و درنتیجه قیدهای کمتری بر الگو تحمیل می شود. به‌عنوان مثال، ضرورتی ندارد که فرض شود تابع تولید نسبت به عوامل تولید، همگن از درجه یک بوده و یا کشش جانشینی بین نهاده‌ها ثابت است، بلکه فرض می‌شود که تابع هزینه نسبت به قیمت نهاده‌های تولید همگن خطی بوده که فرض منطقی است. سوم این‌که با بهره‌گیری از این شکل تابع هزینه، شاخص‌های کاربردی ازجمله صرفه‌جویی‌های ناشی از مقیاس قابل‌محاسبه است که موردتوجه کارگزاران و سیاست‌گذاران صنایع است (سیفی و دهقان‌پور، ۱۳۹۳). چهارم این‌که در برآورد اقتصاد سنجی توابع تولید، مشکلاتی نظیر همخطی مطرح می شود که در روش تابع هزینه ترانسلوگ، چون قیمت نهاده‌ها به‌جای نهاده‌های تولید در سمت راست مدل قرار می‌گیرند، همخطی بین قیمت عوامل تولید که متغیرهای توضیحی مدل محسوب می‌شوند، ضعیف بوده و از این رو، تخمین با مشکل مواجه نخواهد شد (بینسوانگر، ۱۹۷۴).

هدف عمده از تخمین پارامترهای تابع هزینه ترانسلوگ در این بخش، تخمین صرفه‌های به مقیاس و در ادامه محاسبه کشش‌های قیمتی و جانشینی میان نهاده‌ای است. بدین ترتیب نیاز به فرمی از تابع هزینه انعطاف‌پذیر است که پارامترهای موردنیاز، جهت محاسبه شاخص‌های مدنظر را دارا باشد که در میان توابع انعطاف‌پذیر موجود ازجمله،

۱- Shephard’s Lemma

ترانســـلوگ[۱]، کاب داگلاس تعمیم‌یافته[۲]، لئونتیف تعمیم‌یافته[۳]، درجه دوم تعمیم یافته[۴] و CES، ساختار و فرم تابع هزینه ترانسلوگ به‌گونه‌ای است که پارامترهای موردنظر جهت استخراج شاخص‌های یادشده را در خود گنجانده است.

جهت برآورد و محاســـبه ضـــرایب بهره‌وری از تابع هزینه ترانســـلوگ به دلیل انعطاف‌پذیری بیشـتر اسـتفاده شـده اسـت. شـکل کلی تابع هزینه ترانسـلوگ که تابعی از مقدار تولید، قیمت نهاده‌ها و زمان است به‌صورت رابطه (۸) قابل تعریف است.

$$\begin{aligned} \ln C_{it} = {} & \ln\alpha_i + \beta_Q \ln Y_{it} + \beta_{PL} \ln PL_{it} + \beta_{PK} \ln PK_{it} \\ & + \frac{1}{2}\beta_{PL.Q} \ln PL_{it} \ln Y_{it} + \frac{1}{2}\beta_{PK.Q} \ln PK_{it} \ln Y_{it} \\ & + \frac{1}{2}\left[\beta_{Q.Q}(\ln Y_{it})^2 + \beta_{PL}(\ln PL_{it})^2 \right. \\ & \left. + \beta_{PK}(\ln PK_{it})^2\right] + \gamma_T T + \varepsilon_{it} \end{aligned} \qquad (۸)$$

جهت اعمال قید همگنی از درجه یک تابع هزینه ترانســـلوگ در قیمت نهاده‌ها، متغیر هزینه، تولید و قیمت نهاده‌ها را بر قیمت یکی از نهاده‌ها تقسیم شده است. جهت گرفتن اثر مشخصات شرکت‌ها روی کارایی، برخی مشخصات ثابت شرکت‌ها نیز به مدل اضافه شده است. بنابراین، شکل تعمیم‌یافته تابع هزینه ترانسلوگ به صورت رابطه (۹) بازنویسی خواهد شد.

$$\begin{aligned} \ln \frac{C_{it}}{PK_{it}} = {} & \ln\alpha_i + \beta_Y \ln Y_{it} + \beta_{PL.PK} \ln \frac{PL_{it}}{PK_{it}} \\ & + \beta_{PL.PK.Y} \ln \frac{PL_{it}}{PK_{it}} \ln Y_{it} \\ & + \frac{1}{2}\left[\beta_{Y.Y}(\ln Y_{it})^2 + \beta_{PL.PK}(\ln \frac{PL_{it}}{PK_{it}})^2\right] \\ & + \gamma_T T + \beta_{consum} \ln Consum_{it} \\ & + \beta_{Size} \ln Size_{Area_{it}} + \beta_{Net} \ln Network_{Length_{it}} \\ & + \gamma_{Loss} D_{Loss} + u_{it} + v_{it} \end{aligned} \qquad (۹)$$

۱- Translog

۲- Generalized Cobb-Douglas

۳- Generalized Leontief

۴- Generalized Square-root Quadratic

در رابطه (۹) متغیر t یا سال به این خاطر به مدل اضافه شده است که آزمون شود آیا ناکارایی شرکت‌های آب و فاضلاب، در طی زمان (سالیانه) تغییر می‌کند یا خیر؟

با توجه به اینکه برآورد همزمان معادله تابع هزینه ترانسلوگ و معادلات سهم هزینه، منجر به افزایش کارایی ضرایب تابع هزینه ترانسلوگ[1] از طریق افزایش درجه آزادی خواهد شد؛ بنابراین، با به‌کارگیری لم شفارد[2] (مشتق تابع هزینه نسبت به قیمت نهاده‌ها) ، معادلات سهم هزینه به‌صورت رابطه (۱۰) محاسبه می‌شود.

$$S_i = \alpha_i + \sum_i \beta_{PiPj} \ln P_j + 0.5\, \beta_{Piy} \ln y \qquad (۱۰)$$

که در آن $S_i = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_i} = \frac{P_i x_i}{C}$ سهم نهاده i در مقدار هزینه ا ست. تابع هزینه ترانسلوگ باید واجد شرایط به‌خصوصی باشد تا با تابع تولید خوش‌رفتار متناظر باشد و به‌عنوان تابع هزینه خوش‌رفتار شناخته شود. در صورت عدم خوش‌رفتاری تابع هزینه، نمی‌توان از نتایج آن جهت شناخت و درک درست ساختار تولید یک بنگاه استفاده کرد. شرایط خوش‌رفتاری تابع بیان شده، عبارتند از جمع پذیری، همگن خطی نسبت به قیمت نهاده های تولیدی و تقارن. بنابراین، سیستم این معادلات باید با اعمال قیود مندرج در روابط (۱۱)، (۱۲) و (۱۳) برآورد شوند.

شرط همگن خطی نسبت به قیمت نهاده‌های تولیدی (۱۱)

$$\sum_{i=1}^{2} \beta_{Pij} = 0$$

$$\sum_{i=1}^{2} \alpha_i = 1$$

شرط تقارن (۱۲)

$$\beta_{Pij} = \beta_{Pji}$$

1- Translog Cost Function
2- Lemma- Shephard's

$$\sum_{i=1}^{2} S_i = 1 \qquad (۱۳)$$

شرط جمع‌پذیری

ضرایب تابع هزینه ترانسلوگ از طریق برآورد همزمان معادله تابع هزینه ترانسلوگ و معادلات سهم هزینه با به‌کارگیری روش رگرسیون به ظاهر نامرتبط[۱] (SUR) برآورد می‌شوند.

جهت اعمال قید جمع‌پذیری، یکی از معادلات سهم نهاده در هزینه حذف شده و پارامترهای آن پس از برآورد از روی سایر پارامترها، محاسبه خواهد شد. همچنین با عنایت به اینکه ماهیت داده‌ها، تابلویی هستند از مدل‌های اقتصاد سنجی داده‌های تابلویی نظیر «اثرات ثابت[۲]» و «اثرات تصادفی[۳]» استفاده خواهد شد.

۲-۳-۱- تابع هزینه مرزی تصادفی

با توجه به رابطه (۲)، جهت محاسبه «کارایی هزینه یا حرکت به سمت مرز تولید موجود[۴]»، «انتقال مرز تولید موجود به مرز تولید جدید[۵] ناشی از تغییر تکنولوژی» و «بازدهی نسبت به مقیاس»، نیاز به محاسبه حداقل هزینه (نقطه مرزی) شرکت‌ها است. براساس رابطه (۳) برای محاسبه هزینه مرزی شرکت‌ها، نیاز به برآورد جزئی از جمله خطا در رگرسیون تابع هزینه ترانسلوگ است که اثر مشخصات ثابت طی زمان شرکت‌های آب و فاضلاب از آن گرفته شده باشند.

از آنجا که شرکت‌های آب و فاضلاب در مناطق مختلف با خصوصیات متفاوت محیطی و شبکه‌ای قابل مشاهده هستند، لازم است بین ناکارایی و ناهمگونی مشاهده نشده که هر دو جمله خطا را متاثر خواهد کرد، تمایز قائل شد. این موضوع اغلب در کارهای تجربی مورد غفلت واقع شده است؛ زیرا مدل‌های مرزی تصادفی قادر به تفکیک این دو اثر نبودند. در نتیجه، ناهمگونی مشاهده نشده اغلب با عدم‌کارایی اشتباه

۱- Seemingly Unrelated Regression (SUR)
2- Fixed Effect
3- Random Effect
۴- Catch-up
۵- Frontier-Shift

گرفته می‌شـد. از آنجا که این موضـوع ممکن اسـت عواقب مالی جدی برای بنگاه‌های تنظیم شـده داشـته باشـد، بسـیار مهم اسـت که بتوان بین آن‌ها تفاوت قائل شـد. تحولات جدید در زمینه تجزیه‌وتحلیل تصـادفی مرزی؛ یعنی مدل های «اثرات ثابت حقیقی (TFE)» و «اثرات تصـادفی واقعی (TRE)» پیشـنهاد شـده توسـط گرین[1]، می‌تواند در بررسی این موضوع مفید باشند.

جدول (۲) نحوه نمایش ناکارایی و ناهمگونی پنهان شـرکت‌های آب و فاضـلاب را در انواع مدل های اقتصـادسـنجی مبتنی بر داده های تابلویی، نشـان می‌دهد. در این جدول، C^* بیانگر هزینه مرزی، X مخفف بردار متغیرهای توضیحی، β بردار ضرایب و α عرض از مبدا رگرسیون است. تفاوت میان تصریحات مختلف به فروض اعمال شده بر جمله خطا ε_{it}، ناکارایی هزینه و اثرات خاص بنگاه‌ها[2] مربوط می‌شود[3].

جدول ۲. نحوه نمایش ناکارایی و ناهمگونی پنهان بنگاه‌ها در انواع مدل‌ها

مدل	نویسنده	معادله هزینه	مشخصه شرکت	ε_{it}	u_{it}
Pooled-ML	آیگنر، لاول و اشمیت[4]، ۱۹۷۷	$\ln C^*_{it} = \alpha + c(X_{it};\beta) + v_{it} + u_{it}$	-	$v_{it} + u_{it}$	$E(u_{it}\ \varepsilon_{it})$
RE-GLS	اشمیت و سیکلز[5]، ۱۹۸٤	$\ln C^*_{it} = \alpha_0 + c(X_{it};\beta) + v_{it} + \alpha_i$	α_i	$v_{it} + \alpha_i$	$\hat{\alpha}_i - \min\{\hat{\alpha}_i\}$
RE-ML	پیت و لی[6]، ۱۹۸۱	$\ln C^*_{it} = \alpha_0 + c(X_{it};\beta) + v_{it} + \mu_i$	μ_i	$v_{it} + \mu_i$	$E(u_i\ \varepsilon_i)$
TFE-ML	گرین، ۲۰۰۵	$\ln C^*_{it} = \alpha_i + c(X_{it};\beta) + v_{it} + \mu_{it}$	Fixed (group dummy α_i)	$v_{it} + u_{it}$	$E(u_{it}\ \varepsilon_{it})$

منبع: یافته‌های پژوهش

1- Filippini, M.; Hrovatin, N. & Zoric, J.
2- Firm – specific effects
۳- برای اطلاع بیشتر از جزئیات مدل‌ها به کومبهاکار و لاول (۲۰۰۰)، دنی و همکاران و کاون (۱۹۸۶) رجوع شود.
4- Aigner, D.; Lovell, K. & Schmidt, P.
5- Schmidt, P. & Sikles, R.
6- Pitt, M. & Lee, L.

۳- روش و مراحل انجام پژوهش

مراحل انجام پژوهش به صورت زیر است:

مرحله اول: داده‌های موردنیاز جمع‌آوری و پالایش شد.

مرحله دوم: ضرایب تابع هزینه ترانسلوگ همراه با معادلات سهم هزینه با استفاده از روش رگرسیون به ظاهر نامرتبط (SUR) و انواع مدل‌های اقتصادسنجی شامل «اثرات ثابت حقیقی (TFE)»، «اثرات تصادفی واقعی (TRE)»، «حداکثر درستنمایی (ML)» و «اثرات مشترک[1] یا Pooled»، برآورد و بهترین برآورد از ضرایب که از مدل «اثرات ثابت حقیقی (TFE)» قابل استخراج بود، انتخاب شد.

مرحله سوم: کارایی فنی هزینه با ا ستفاده از بخش اول جمله خطا، طبق رابطه (۵) برآورد شده و با استفاده از رابطه (۴)، هزینه مرزی محاسبه شد.

مرحله چهارم: با استفاده از رابطه (۴)، رشد بهره‌وری کل عوامل تولید شامل اجزاء «تغییرکارایی هزینه»، «تغییر تکنولوژی» و «بازدهی نسبت به مقیاس» محاسبه شد.

مرحله پنجم: پتانسیل بهبود بهره‌وری یا فاکتور X با استفاده از رابطه (۳) محاسبه و پس از کسر از نرخ تورم سالیانه مناطقی که شرکت‌های آب و فاضلاب در آن فعالیت می‌کنند، سقف قیمت سالیانه برای ۳۵ شرکت آب و فاضلاب محاسبه شد.

٤- تشریح داده‌ها

با توجه به اینکه یکی از اهداف اصلی شرکت‌های آب و فاضلاب استانی در ایران، تامین آب با کیفیت مناسب (با تصفیه احتمالی آب) از منابع مختلف (زیرزمینی و سطحی) و توزیع آن در منطقه تحت مدیریت خود است؛ بنابراین، دامنه فعالیت این شرکت‌ها شامل استخراج آب از منابع، تصفیه احتمالی آب و انتقال آن تا شیرهای مصرف‌کننده (مشترک) خواهد بود[2]. از دیدگاه فیلیپینی، مگی و هرواتین[3] (۲۰۰۶)، هزینه‌های عملیاتی (بهره‌برداری) یک شرکت آب شامل هزینه‌های ساخت و نگهداری سیستم آب (چاه‌ها و چشمه‌ها، پمپ‌ها، تجهیزات تصفیه، تاسیسات ذخیره‌سازی، خطوط انتقال و توزیع و سایر تا سی سات) و اندازه‌گیری و صدور صورتحساب ا ست. بنابراین، شکل تبعی تابع هزینه

1- Common Effect (CE)
2- Garcia,Thomas
3- Filippini, M.; Maggi, R. & Hrovatin, N.

شرکت‌های آب و فاضلاب به صورت رابطه (۱۴) بیان شد و متغیرهای آن به شرح جدول (۳) است.

$$C = C(Y.\ P_L.\ P_K.\ Consum.\ Size.\ Net\ l.\ D_{LOSL}.\ T) \qquad (۱۴)$$

جدول ۳. متغیرهای مورد استفاده در برآورد تابع هزینه کل شرکت‌های آب و فاضلاب ایران

متغیر	تعریف	واحد
C	هزینه کل شرکت	ریال
Y	کل حجم آب تحویلی به مشترکین (خانگی و غیرخانگی)	متر مکعب
P_L	قیمت نیروی کار (دستمزد)	ریال به ازای هر نفر
P_K	قیمت سرمایه	ریال به ازای هر کیلومتر شبکه
Consum	تعداد مشترکین تحت پوشش خدمات	آحاد (یک واحد خانگی و غیرخانگی)
Size	اندازه ناحیه تحت پوشش خدمات	متر مربع
D_{LOSL}	متغیر مجازی هدر رفت (پرت) آب شبکه توزیع	–
Net l	طول شبکه توزیع	کیلومتر
T	متغیر زمان	سال

هزینه شرکت‌ها با میزان آب تحویلی به مشترکین ارتباط دارد. همچنین انتظار می‌رود با افزایش سطح زیرپوشش خدمات، هزینه‌ها افزایش یابد. D_{LOSL} یک متغیر مجازی از هدررفت یا تلفات آب با مقدار عددی ۱ است؛ چنانچه بنگاه در صد کمی از هدررفت یا تلفات آب را داشته باشد و در غیر این صورت مقدار عددی صفر (۰) را اتخاذ می‌کند. در نهایت، T یک متغیر زمانی است که انتقال تکنولوژی یا تغییر فناوری را دربر می‌گیرد[۱]. بنابراین، داده‌های مورد بررسی شامل داده‌های هزینه بهره‌برداری (بخش آب شرب شهری) ۳۵ شرکت آب و فاضلاب در ایران و متغیرهای توضیح‌دهنده هزینه که در بالا ذکر شد طی سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۱ است. بنابراین، تعداد مشاهدات ۲۱۰ مورد است.

از تعداد ۳۵ شرکت آب و فاضلاب شهری در ایران، ۳۱ شرکت در سطح استانی و چهار شرکت در سطح شهری و به صورت مستقل از استان‌های مربوطه (اهواز، شیراز، کاشان و مشهد) فعالیت می‌کنند. تمام مناطق شهری توسط شرکت‌های ارائه‌دهنده

۱- Capture

خدمات در نمونه پوشش داده شده است. این شرکت‌های آب و فاضلاب، دارای اندازه و شرایط محیطی متفاوتی هستند.

اکثر شرکت‌ها، خدمات دیگری مانند جمع‌آوری و دفع فاضلاب و همچنین تصفیه فاضلاب را نیز ارائه می‌دهد. از آنجایی که در اکثر شهرهای کشور طرح‌های فاضلاب در حال مطالعه و اجرا هستند و هنوز به صورت عملیاتی بهره‌برداری نشده‌اند؛ بنابراین، داده‌های مربوط به فاضلاب در دسترس نیست و به همین دلیل برآورد تابع هزینه چند محصول نیز امکان‌پذیر نیست.

در این مطالعه، جمع‌آوری داده‌ها تنها به عرضه آب شرب (آشامیدنی) شهری محدود می‌شود. همچنین داده‌های مربوط به کیفیت آب (Z) نیز در دسترس نیست؛ از این رو، امکان استفاده از کیفیت در مدل سقف قیمت وجود ندارد.

مجموعه داده‌های موردنیاز در حوزه خدمات توزیع آب شرب شهری در ایران از صورت‌های مالی شرکت‌های آب و فاضلاب استخراج شده‌اند. آمار توصیفی متغیرهای موجود (استخراج شده از پیوست هفت) در مدل در جدول (۴) ارائه شده است.

در جدول (۴)، هزینه کل توزیع آب (C) شامل هزینه‌های عملیاتی و سرمایه‌ای است. متوسط دستمزد سالانه به عنوان قیمت نیروی کار (P_L) در نظر گرفته شده است که حاصل هزینه‌های نیروی کار تقسیم بر تعداد متوسط کارکنان برای یک سال معین است. قیمت سرمایه (P_K) نیز با فرض صفر بودن نرخ حقیقی بازگشت سرمایه به صورت نسبت هزینه استهلاک سرمایه‌های شرکت‌های آب و فاضلاب به طول شبکه توزیع آب محاسبه شده است. میزان فروش آب به مشترکین نهایی به عنوان نماینده محصول خروجی (Y) فرض شده است. همچنین تعداد مشترکین نهایی (Consum)، مجموع مشترکین خانگی و غیرخانگی است.

براساس جدول (۷) (در پیوست ارائه شده است)، چون تغییرات[1] داخل گروه بیشتر از تغییرات بین گروه است و با توجه به اینکه مدل پانل با اثرات ثابت، متغیرهایی را که طی زمان تغییر پیدا می‌کنند، توضیح می‌دهد؛ بنابراین، جدول (۴) مدل پانل با اثرات ثابت را جهت تخمین پارامترهای مدل پیشنهاد می‌کند.

۱- تشخیص آن از روی sd جلوی between و within است.

جدول ٤. آماره‌های توصیفی براساس ۲۱۰ مشاهده

شرح متغیر	واحد	نام	میانگین	انحراف معیار	می نیمم	ماکزیمم
هزینه کل	میلیارد ریال	C	۱۰۱۳	۱۴۶۷	۱۶۱	۱۱۲۸۴
قیمت نیروی کار	ریال	P_L	۴۶۶,۲۳۳,۳۳۳	۲۱۹,۵۴۹,۷۷۴	۱۲۰,۰۰۰,۰۰۰	۹۵۰,۰۰۰,۰۰۰
قیمت سرمایه	ریال	P_K	۹۵,۰۹۹,۳۳۳	۴۶,۴۹۲,۵۹۵	۲۸,۱۹۸,۰۲۴	۲۹۱,۸۲۳,۲۴۶
حجم فروش آب	M^3	Y	۱۲۴,۳۴۳,۲۰۳	۱۶۸,۹۷۳,۸۱۴	۲۴,۷۸۷,۰۳۷	۱,۰۹۱,۲۶۵,۰۸۶
تعداد مشترکین آب	خانوار	Consum	۶۲۰,۷۰۰	۵۰۷,۱۷۷	۱۳۳,۶۹۷	۲,۸۵۹,۷۸۵
اندازه ناحیه خدماتی	Km^2	Size	۳۹,۹۶۸	۳۹,۸۷۶	۵,۱۴۶	۲۱۳,۱۰۳
هدر رفت آب	درصد	Loss	۲۵	۶	۸	۵۴
طول شبکه توزیع آب	km	Net l	۴,۱۶۱	۳,۱۰۶	۱,۰۵۱	۱۵,۸۸۳

منبع: یافته‌های پژوهش

۵- نتایج پژوهش

۵-۱- نتایج برآورد مدل‌های اقتصادسنجی

در بخش ۲-۳ بیان شد که جهت محاسبه رشد بهره‌وری کل عوامل تولید (TFP) شرکت‌های آب و فاضلاب، نیاز به برآورد ضرایب تابع هزینه است. قبل از برآورد ضرایب تابع هزینه، لازم است مانایی متغیرهای مورد استفاده بررسی شود؛ زیرا نامانایی متغیرها می‌تواند منجر به رگرسیون کاذب شود. نتیجه آزمون‌های مانایی در پیوست یک آمده است.

از بین شکل‌های تابعی مختلف، تابع هزینه ترانسلوگ به دلیل مزیت و انعطاف‌پذیری بیشتر نسبت به سایر توابع هزینه، انتخاب شده است. با توجه به ماهیت تابلویی داده‌ها (۳۵ شرکت طی ۶ سال) لازم است که از مدل‌های مبتنی بر داده‌های تابلویی استفاده شود. در پیوست دو با استفاده از آزمون‌های مربوطه، تشخیص داده شد که اثر مشخصات ثابت طی زمان شرکت‌های آب و فاضلاب معنی‌دار بوده و مدل اقتصادسنجی مبتنی بر داده‌های تابلویی به مدل ادغام شده (Pooled) ترجیح دارد.

در پیوست سه نشان داده شده است که مدل «اثرات ثابت» نتایج بهتری در مقابل مدل «اثرات تصادفی» ارائه می‌کند.

در پیوست چهار با برآورد ضرایب تابع هزینه ترانسلوگ با استفاده از مدل‌های مختلف اقتصادسنجی مبتنی بر داده‌های تابلویی (نظیر مدل با اثرات تصادفی، مدل با اثرات ثابت و مدل با اثرات مشترک یا ادغام شده[1]) به صورت شهودی نشان داده شده است که مدل «اثرات ثابت حقیقی[2]» (TFE) نتایج بهتری ارائه خواهد کرد.

در پیوست پنج توضیح داده شده است که به دلیل کارایی بیشتر (افزایش درجه آزادی)، سیستم معادلات تابع هزینه ترانسلوگ و معادلات سهم هزینه نهاده‌ها به طور همزمان برآورد می‌شود. برای تخمین سیستم معادلات مطرح شده از روش رگرسیون به ظاهر نامرتبط (SUR) استفاده شده است. بنابراین، ضرایب تابع هزینه ترانسلوگ با استفاده از مدل «اثرات ثابت حقیقی» (TFE) به صورت SUR (یکی از روش‌های برآورد همزمان ضرایب سیستم معادلات) برآورد شده است.

همانطور که در جدول (۵) ملاحظه می‌شود در نهایت مدل «اثرات ثابت حقیقی» (TFE) به صورت SUR، بهترین برآورد را از ضرایب به‌دست می‌دهد؛ چراکه اولا ضرایب در سطح ۹۰ درصد معنی‌دار بوده و ثانیا متغیرهای مشخصات خاص شرکت‌های آب و فاضلاب (طول و تلفات شبکه نوزیع آب) که معنی‌دار بودند نیز در رگرسیون گزارش شده‌اند. این ضرایب برآورد شده، ملاک محاسبه ضرایب تغییر کارایی هزینه، تغییر تکنولوژی، تغییر کارایی مقیاس و بهره‌وری کل قرار خواهد گرفت. مدل TFE مساله «ناهمگونی پنهان و ثابت طی زمان» و «ناکارایی متغیر طی زمان» را مورد بررسی قرار می‌دهد. بنابراین، با توجه به اینکه یافته‌های پژوهش براساس ماهیت داده‌ها که در بخش پنجم توضیح داده شد، حاکی از آن است که ناکارایی و مشخصات خاص شرکت‌های آب و فاضلاب به ترتیب طی زمان، متغیر و ثابت هستند؛ بنابراین، مدل TFE به لحاظ شهودی مورد تایید مجدد قرار می‌گیرد.

1- Pooled Model
2- True Fixed Effect

جدول ۵. نتایج برآورد تابع هزینه مرزی شرکت‌های آب و فاضلاب ایران

نام متغیر	علامت	ضریب	P-Value
عرض از مبدا	ln a		
حجم فروش آب	Ly	۳/۱۸۸ (۰/۰۰۰)	۰/۰۰۰
نسبت قیمت نیروی کار به سرمایه	Lpl_pk	−۰/۲۲٤ (۰/۰۰۰)	۰/۰۰۰
مجذور نسبت قیمت نیروی کار به سرمایه	Lpl_pk_2	۰/۰۲۵ (۰/۰۰۰)	۰/۰۰۰
مجذور حجم فروش آب	Ly_2	−۰/۰۵٦ (۰/۰۰۰)	۰/۰۰۰
حاصلضرب حجم فروش آب در نسبت قیمت نیروی کار به سرمایه	Lpl_pk_y	۰/۰۲٤ (۰/۰۰۰)	۰/۰۰۰
طول شبکه توزیع آب	L_net_l	۰/۳۹۳ (۰/۰۰۰)	۰/۰۰۰
میزان تلفات شبکه آب	DV_Loss	−۰/۱٦۵ (۰/۰۰۰)	۰/۰۰۰
سال	Time (t)	۰/۰۰۵ (۰/۰۰٦)	۰/۰۳۲

اعداد داخل پرانتز بیانگر انحراف معیار ضرایب بوده و سطح معنی داری ضرایب، ۹۰ درصد است.
منبع: یافته‌های پژوهش

نکته مهم و قابل ذکر اینکه جهت خالص کردن اثرات مشخصات خاص شرکت‌های آب و فاضلاب و تفکیک آن‌ها از ناکارایی شرکت‌ها، مشخصات خاص شرکت‌های آب و فاضلاب به مدل اضافه شدند (مانند طول شبکه توزیع، هدررفت یا تلفات شبکه، تعداد مشترکین و اندازه سطح زیر پوشش خدمات) که فقط ضرایب متغیرهای طول شبکه و تلفات شبکه توزیع آب، معنی‌دار شدند. با توجه به اینکه مدل TFE اجازه تغییر مشخصات شرکت‌ها طی زمان را می‌دهد، می‌تواند مشخصات ثابت طی زمان شرکت‌ها را از ناکارایی متغیر طی زمان شرکت‌ها تفکیک کند که این قابلیت را مدل های «اثرات تصادفی» (RE) و «ادغام شده» (Pooled) ندارند. بنابراین، انتظار می‌رود که ناکارایی برآورد شده توسط مدل‌های RE و Pooled به طور متوسط بزرگ‌تر از ناکارایی برآورد

شده توسط مدل TFE باشند. نتایج ناکارایی برآورد شده شرکت‌ها با استفاده از مدل‌های مختلف در پیوست چهار آمده است.

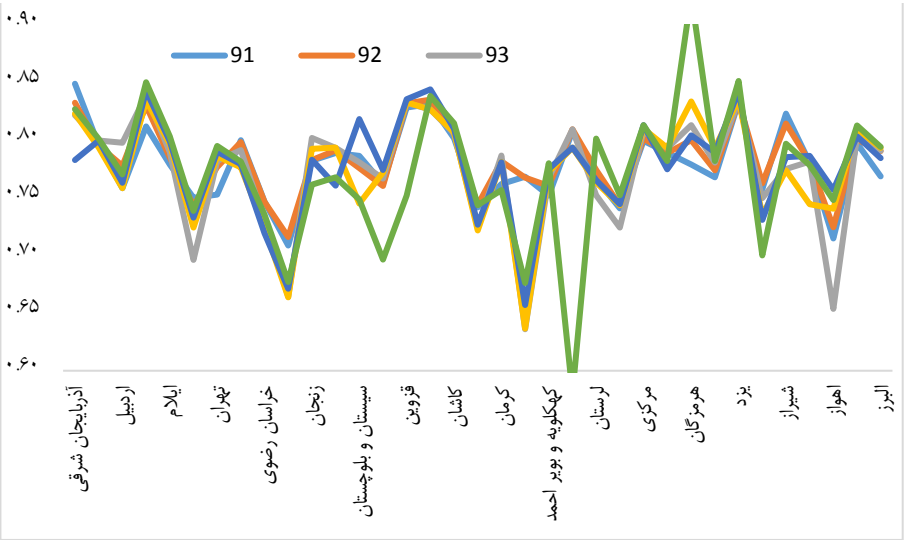
برای اعتبار بیشتر ضرایب برآورد شده مدل نهایی (TFE)، لازم است که آزمون برقراری فروض کلاسیک در مورد جمله خطا و رگرسیون انجام شود. نتایج آزمون‌های برقراری فروض کلاسیک در پیوست شش آمده است.

ضریب برآورد شده فروش آب (b_Y) نشان می‌دهد که به طور متوسط، افزایش یک در صدی میزان فروش آب، هزینه کل خدمات آب را ۳،۸۱ برابر افزایش خواهد داد. این نتیجه نشان می‌دهد که شرکت‌های آب و فضلاب در بخش صعودی تابع هزینه، دارای بازدهی نزولی نسبت به مقیاس هستند.

ضریب طول شبکه توزیع آب، نشان می‌دهد که به طور متوسط به ازای هر یک درصد افزایش در طول شبکه آب، هزینه تمام شده فروش آب شرکت‌های آب و فاضلاب، ۰/۳۹ درصد افزایش پیدا می‌کند. ضریب هدررفت یا تلفات آب نیز بیانگر این است که برای شرکت‌های دارای تلفات بیشتر از ۲۰ درصد به ازای هر یک درصد کاهش در تلفات، هزینه تمام شده فروش آب شرکت‌های آب و فاضلاب، ۰/۱۶۵درصد افزایش پیدا می‌کند و برای شرکت‌های دارای تلفات کمتر از ۲۰ در صد به ازای هر یک در صد کاهش تلفات، هزینه تمام شده عرضه آب شرکت‌های آب و فاضلاب، هیچ تغییری پیدا نمی‌کند. ضریب متغیر t یا سال در سطح ۹۰ درصد معنی‌دار است که بدان معنی است که ناکارایی شرکت‌های آب و فاضلاب، طی زمان (سالیانه) تغییر می‌کند.

با توجه به برآورد ضرایب تابع هزینه ترانسلوگ و جمله خطا و جدا کردن بخش ناکارایی جمله خطا از بخش تصادفی آن، حداقل (مرز) هزینه شرکت های آب و فاضلاب محاسبه شده است. در نمودار (۱) نسبت حداقل (مرز) هزینه به هزینه مشاهده شده شرکت‌های آب و فاضلاب، آورده شده است. براساس نمودار (۱)، به طور متوسط طی سال‌های ۹۶-۱۳۹۱، بیشترین و کمترین نسبت حداقل (مرز) هزینه به هزینه مشاهده شده شرکت‌های آب و فاضلاب به ترتیب مربوط به شرکت‌های یزد و خوزستان است. هر قدر این نسبت بیشتر باشد، نشان‌دهنده این است که ظرفیت و پتانسیل کمتر بهبود کارایی فنی هزینه (حرکت به سمت مرز) در آن شرکت وجود دارد.

نمودار ۱. روند نسبت حداقل (مرز) هزینه به هزینه مشاهده شده شرکت‌های آب و فاضلاب طی دوره ۹۶-۱۳۹۲



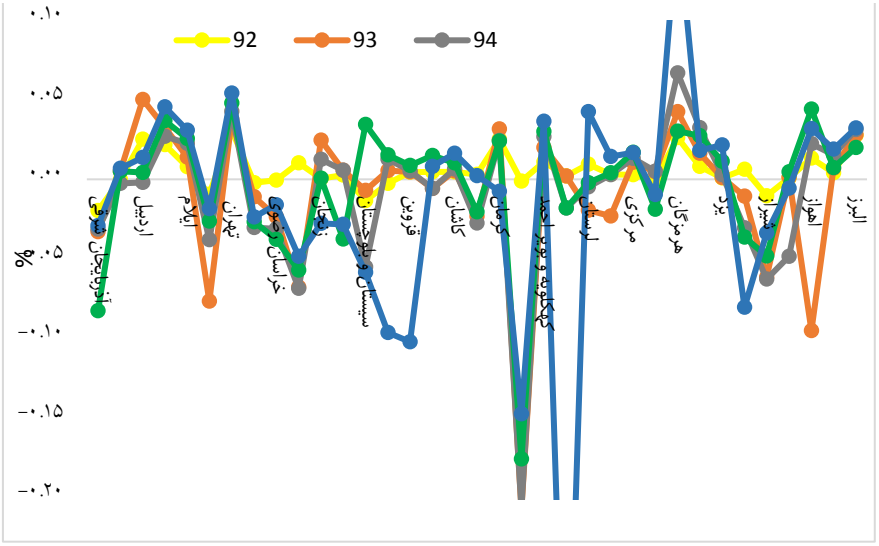
منبع: یافته‌های پژوهش

۵-۲- نتایج محاسبه تغییر بهره‌وری کل عوامل تولید

با توجه به برآورد ضرایب تابع هزینه ترانسلوگ در بخش ۵-۱ و با استفاده از روابط (۲) و (۳) در بخش ۲-۳، تغییر در کارایی هزینه[۱]، تغییر تکنولوژی[۲]، تغییر کارایی مقیاس[۳] و تغییر ضریب بهره‌وری کل عوامل تولید شرکت‌های آب و فاضلاب طی دوره ۹۶-۱۳۹۲ محاسبه شده است که به ترتیب در نمودارهای (۲)، (۳)، (۴) و (۵) آمده است.

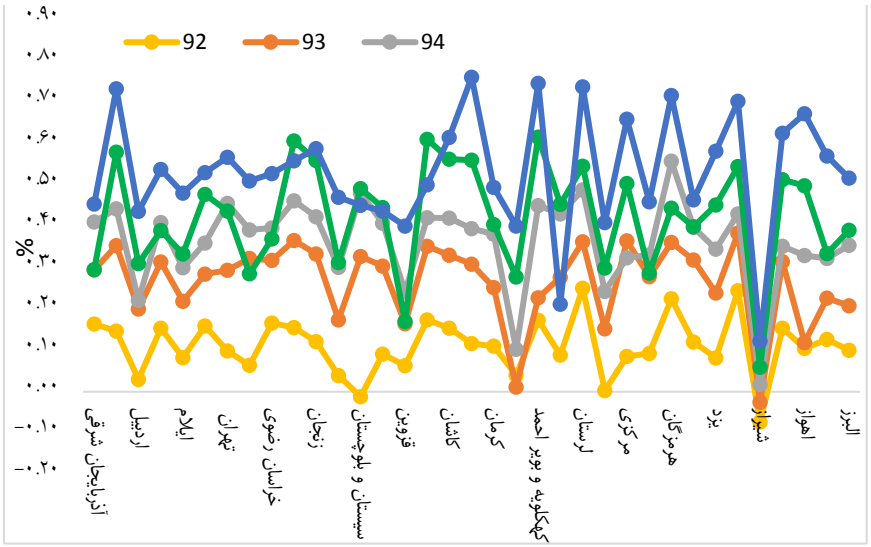
۱- Cost Efficiency Change (CEC)
۲- Technical Change (TC)
۳- Scale Efficiency Change (SEC)

نمودار ۲. مقایسه روند تغییر کارایی هزینه شرکت‌های آب و فاضلاب طی دوره ۹۶-۱۳۹۲



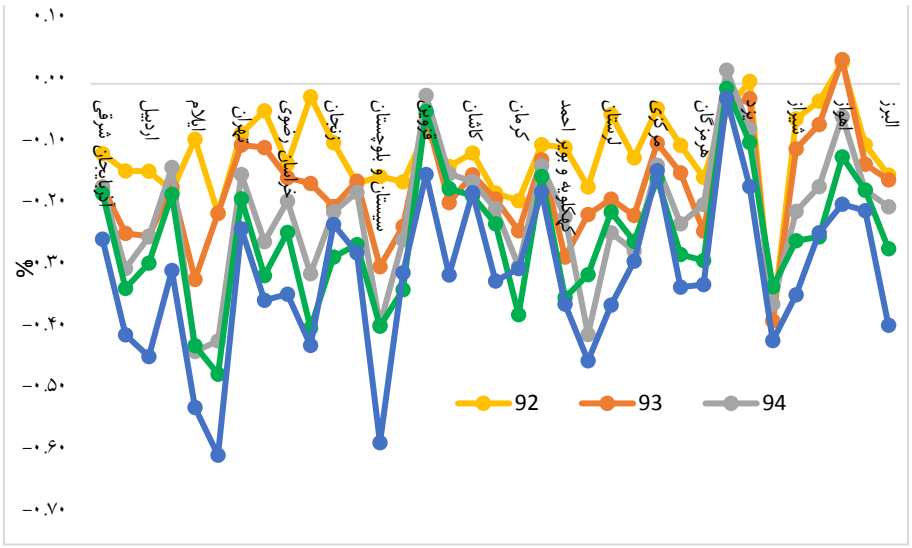
منبع: یافته‌های پژوهش

نمودار ۳. مقایسه روند تغییر تکنولوژی شرکت‌های آب و فاضلاب طی دوره ۹۶-۱۳۹۲



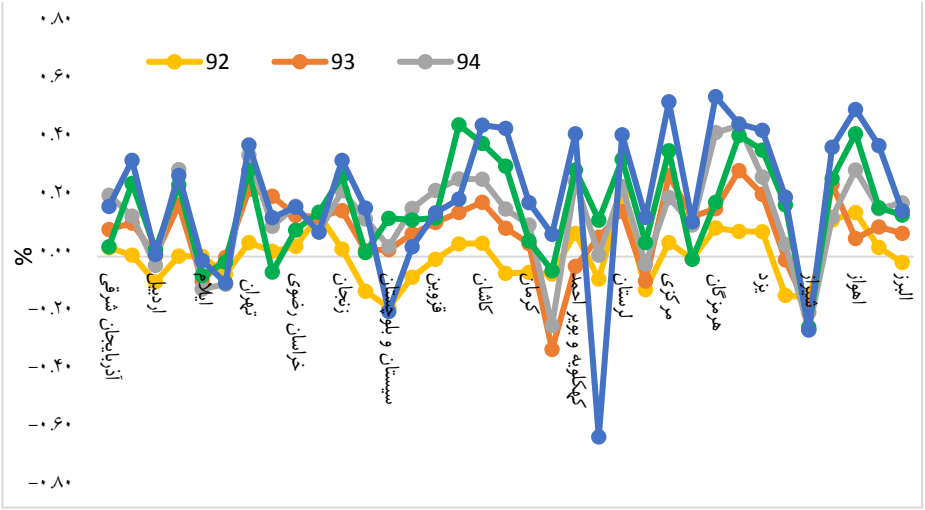
منبع: یافته‌های پژوهش

نمودار ٤. مقایسه روند تغییر کارایی مقیاس شرکت‌های آب و فاضلاب طی دوره ۹۶-۱۳۹۲



منبع: یافته‌های پژوهش

نمودار ۵. مقایسه روند تغییر (رشد) بهره‌وری کل عوامل تولید شرکت‌های آب و فاضلاب طی دوره ۹۶-۱۳۹۲



منبع: یافته‌های پژوهش

متوسط تغییر در کارایی هزینه[۱]، تغییر تکنولوژی[۲]، تغییر کارایی مقیاس[۳] و تغییر بهره‌وری کل عوامل تولیدشرکت‌های آب و فاضلاب (صنعت) طی دوره ۹۶-۱۳۹۲ در جدول (۶) آمده است.

جدول ٦. اجزاء رشد TFP شرکت‌های آب و فاضلاب ایران طی سال‌های ٩٦-١٣٩٢ (متوسط نرخ سالیانه)

اجزاء رشد TFP	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹٤	۱۳۹٥	۱۳۹٦	کل دوره
رشد کارایی هزینه	۰/۰۱	-۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۰۱	۰/۰۰
رشد تکنولوژی	۰/۱۱	۰/۱٦	۰/۱۰	۰/۰٦	۰/۱۱	۰/۱۱
رشد کارایی مقیاس	-۰/۱۱	-۰/۰٦	۰/۰٤	-۰/۰٤	-۰/۰٦	-۰/۰٦
رشد TFP	۰/۰۰	۰/۰۸	۰/۰٦	۰/۰۲	۰/۰٤	۰/۰٤

منبع: یافته‌های پژوهش

همانطور که ملاحظه می‌شود، متوسط تغییر در کارایی فنی هزینه صنعت آب و فاضلاب تقریبا صفر است، اما متوسط تغییر تکنولوژی صنعت آب و فاضلاب مثبت و برابر ۰/۱۱ است که بیشترین تاثیر را در رشد TFP صنعت آب و فاضلاب دارد. نکته جالب توجه اینکه متوسط تغییر در کارایی مقیاس هزینه صنعت آب و فاضلاب منفی است که بیانگر این است که صنعت آب و فاضلاب دارای بازدهی نزولی نسبت به مقیاس است.

۵-۳- نتایج تنظیم سقف قیمت برای شرکت‌های آب و فاضلاب

نمودار (۷) روند شاخص قیمت خرده‌فروشی[۴] در منطقه جغرافیایی تحت مدیریت شرکت‌های آب و فاضلاب طی دوره ۹۶-۱۳۹۲ را نشان می‌دهد.

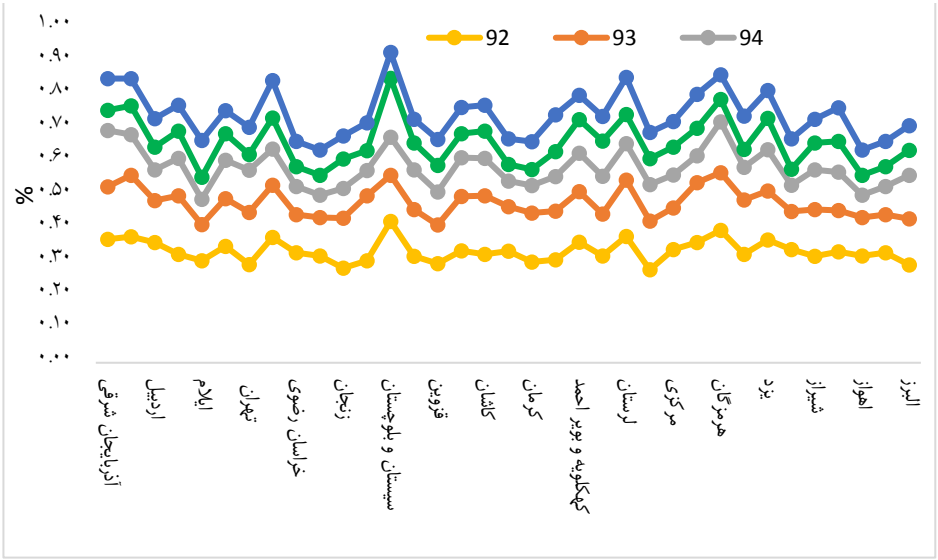
با استفاده از رابطه (۱) در بخش ۱-۳ و نمودار (۶)، سقف قیمت برای شرکت‌های آب و فا ضلاب طی دوره ۹۶-۱۳۹۲ محا سبه و پی شنهاد شده که نتایج آن در نمودار (۷) نشان داده شده است.

۱- Cost Efficiency Change (CEC)
۲- Technical Change (TC)
۳- Scale Efficiency Change (SEC)
۴- Retail Price Index (RPI)

در نمودار (۸)، میانگین رشد بهره‌وری کل عوامل تولید طی چهار سال و اجزای آن و همچنین سقف قیمت پیشنهادی برای شرکت‌های آب و فاضلاب به تصویر کشیده شده است.

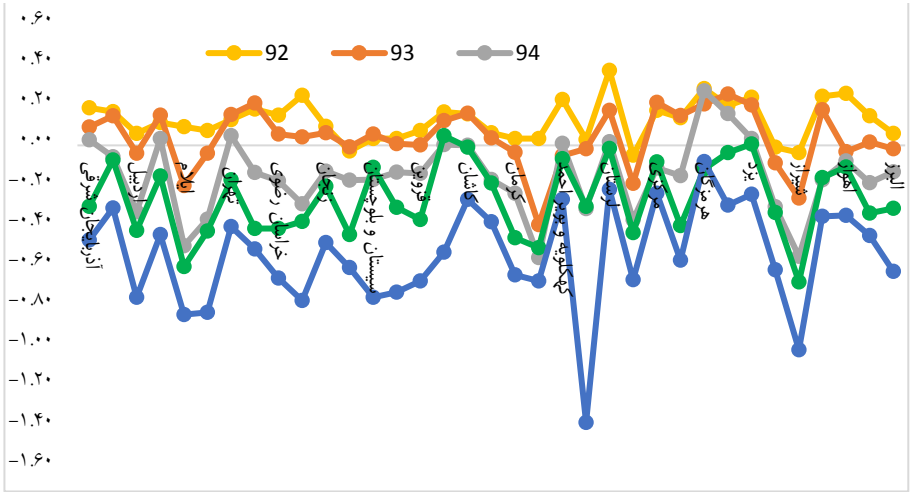
همانطور که مشاهده می‌شود، براساس نمودار (۸)، بیشترین و کمترین متوسط سالیانه (۱۳۹۲-۱۳۹۶) کاهش سقف قیمت پیشنهادی برای شرکت‌های آب و فاضلاب به ترتیب به شرکت آب و فاضلاب استان گیلان معادل ۲۸- درصد و شرکت آب و فاضلاب شهر هرمزگان معادل ۲- درصد خواهد بود. این در حالی است که شرکت‌های آب و فاضلاب استان هرمزگان و گیلان به ترتیب با ۱۱ در صد و ۱۲- در صد دارای بیشترین و کمترین متوسط تغییر در بهره‌وری کل عوامل تولید هستند.

نمودار ٦. روند شاخص قیمت خرده‌فروشی در منطقه جغرافیایی شرکت‌های آب و فاضلاب طی دوره ۹٦-۱۳۹۲



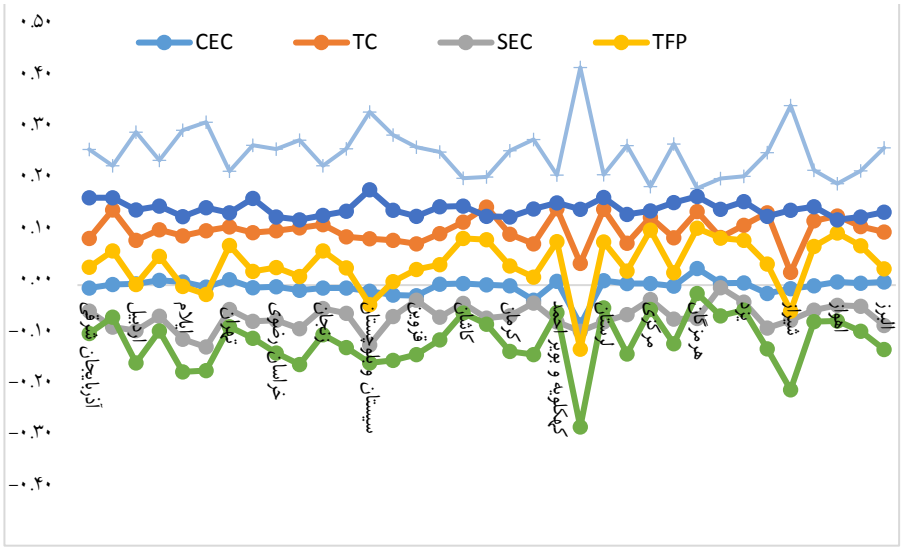
منبع: یافته‌های پژوهش

نمودار ۷. روند سقف قیمت پیشنهادی سالیانه شرکت‌های آب و فاضلاب برای فروش آب طی دوره ۹۶-۱۳۹۲



منبع: یافته‌های پژوهش

نمودار ۸. متوسط ٤ ساله رشد بهره‌وری کل عوامل تولید و اجزاء آن و سقف قیمت پیشنهادی برای شرکت‌های آب و فاضلاب



منبع: یافته‌های پژوهش

٦- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

ایجاد انگیزه در بنگاه‌های دولتی خصوصی‌سازی شده از طریق کسب سود به منظور افزایش بهره‌وری آن‌ها یکی از مسائل مهم پیش‌روی نهاد تنظیم‌گر است. براساس ادبیات نظری موجود، تنظیم مقررات و تنظیم قیمت مبتنی بر عملکرد[1]، یکی از شیوه‌های مقررات‌گذاری و قیمت‌گذاری است که سه‌گانه انگیزه بهبود بهره‌وری، قیمت‌های پایین‌تر و خدمات با کیفیت‌تر را توامان برآورده می‌کند.

با توجه به اینکه تنظیم سقف قیمت به عنوان یکی از شیوه‌های قیمت‌گذاری مبتنی بر عملکرد در تامین اهداف سه‌گانه فوق مطرح است. بنابراین، با توجه به داده‌های ۳۵ شرکت طی سال‌های ۹۶-۱۳۹۱ برای شرکت‌های آب و فاضلاب استانی ایران سقف قیمت محاسبه و پیشنهاد شد.

به منظور طراحی مدل سقف قیمت برای صنعت آب شرب کشور، ابتدا ضرایب تابع هزینه ترانسلوگ برآورد شده و سپس فاکتور X یا تغییر بهره‌وری کل عوامل تولید و اجزای آن (شامل تغییر کارایی فنی، تغییر تکنولوژی و تغییر کارایی مقیاس شرکت‌ها) محاسبه و برآورد شده است.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که متوسط تغییر در کارایی فنی هزینه صنعت آب و فاضلاب تقریبا صفر است. در حالی که متوسط تغییر تکنولوژی صنعت آب و فاضلاب مثبت و برابر ۰/۱۱ است که بیشترین تاثیر در رشد بهره‌وری کل عوامل تولید صنعت آب و فاضلاب را داشته است. نکته جالب توجه اینکه متوسط تغییر در کارایی مقیاس هزینه صنعت آب و فاضلاب منفی است که بیانگر این است که صنعت آب و فاضلاب دارای بازدهی نزولی نسبت به مقیاس است.

همچنین نتایج این پژوهش بیانگر این است که بیشترین و کمترین متوسط سالیانه (۱۳۹۲-۱۳۹۶) سقف قیمت پیشنهادی برای شرکت‌های آب و فاضلاب بترتیب به شرکت آب و فاضلاب استان گیلان معادل ۲۸- درصد و شرکت آب و فاضلاب شهر هرمزگان معادل ۲- درصد خواهد بود. این در حالی است که شرکت‌های آب و فاضلاب استان هرمزگان و گیلان به‌ترتیب دارای بیشترین (۱۱ درصد) و کمترین (۱۲- درصد) متوسط تغییر در بهره‌وری کل هستند.

1- Performance Base Price Regulation

در برآورد تغییر بهره‌وری کل شرکت‌های آب و فاضلاب و اجزای آن، جهت تفکیک ناهمگونی مشاهده نشده (ناشناخته) شرکت‌ها از اجزاء بهره‌وری کل آن‌ها از مدل TFE شامل مشخصات خاص شرکت‌ها و متغیر زمان (بررسی معنی‌داری تغییر اجزاء بهره‌وری طی زمان) استفاده شده است.

٦-١- توصیه‌های سیاستی

از دیدگاه سیاست اقتصادی، یافته‌ها به این معنی است که:

- در راستای معرفی قیمت‌های منعکس‌کننده هزینه، صنعت آب شرب ایران به یک تنظیم مقررات مبتنی بر انگیزه از طریق نهاد مقررات‌گذاری مستقل نیاز دارد.
- وجود بازدهی نزولی نسبت به مقیاس در شرکت‌های آب و فاضلاب ایران مشهود است که همین مساله بیشترین تاثیر را در TFP آن‌ها داشته است. تنظیم قیمت مبتنی بر انگیزه ممکن است به حل این مشکل کمک کند.
- جهت محاسبه ناکارایی بنگاه‌ها بر اساس داده‌های تابلویی، مدل TFE توصیه می‌شود.
- با توجه به نقش کلیدی متغیر کیفیت در تنظیم سقف قیمت، الزام به محاسبه این متغیر از سوی شرکت‌های آب و فاضلاب جهت تکمیل مطالعه فعلی و انجام مطالعات بعدی توصیه می‌شود.
- با توجه به اینکه محاسبه TFP برای بنگاه‌هایی که چند کالا یا خدمت ارائه می‌کنند نیز امکان پذیر است در مطالعات آتی می‌توان تعیین سقف قیمت را برای بنگاه‌های ارائه‌کننده چند کالا یا خدمت انجام داد.

با توجه به نتایج چشمگیری که اعمال سیستم مقررات‌گذاری سقف قیمت با هدف ایجاد انگیزه در صنایع خدمات عمومی خواهد داشت و با توجه به تجربیاتی که سایر کشورها در زمینه اثربخشی این نوع مقررات‌گذاری در بهبود عملکردی صنایع خدمات عمومی خود در سال‌های اخیر به دست آورده‌اند، انتظار می رود که برای صنعت آب و فاضلاب ایران نیز در بخش شبکه‌ای آن که ماهیتا از نوع انحصار طبیعی است، اقدامات لازم برای اجرای چنین مقررات‌گذاری‌هایی صورت گیرد. در این راستا لازم است نهاد تنظیم‌کننده بخشی آب که ظرفیت قانونی شکل‌گیری آن در ماده (۵۷) قانون اجرای سیاست‌های کلی اصل (۴۴) قانون اساسی وجود دارد، تشکیل شود تا بتواند مستقل از

دولت به انجام تصمیم‌گیری لازم درخصوص سرمایه‌گذاری‌ها و تنظیم قیمت‌ها در جهت بهبود عملکرد شرکت‌های آب و فاضلاب کشور بپردازد.

در این مقاله، شواهدی به نفع این فرضیه که عدم وجود انگیزه‌های مناسب برای بهبود عملکرد، منجر به رشد کم TFP (۰/۰۴) در شرکت‌های آب و فاضلاب ایران طی سال‌های ۹۶-۱۳۹۲ شده است، حاصل شد. تغییر کارایی هزینه نشان می‌دهد که هیچ بهبودی در کارایی هزینه طی زمان مشاهده نمی‌شود. به طور کلی، بهبود بهره‌وری شرکت‌های آب و فاضلاب ایران در دوره تجزیه و تحلیل، به نسبت ناامیدکننده است. ظاهرا شرایط فعلی و مقررات‌گذاری موجود در صنعت آب شرب ایران، باعث ایجاد انگیزه کافی برای تاسیسات آب جهت بهبود بهره‌وری نشده است. بنابراین، اولین قدم به سمت عملکرد خوب در مقررات گذاری، ایجاد یک نهاد تنظیم مقررات مستقل و حرفه‌ای جهت تنظیم قیمت آب است. با تنظیم سقف قیمت مبتنی بر انگیزه که می‌تواند به بهبود عملکرد تاسیسات آب منجر شود، بهره‌وری بالاتر می‌تواند حاصل شود.

تعارض منافع

تعارض منافع ندارم.

ORCID

Alireza Ebrahimi Nourali https://orcid.org/0000-0003-2373-0121

منابع

امامی میبدی، علی. (۱۳۷۹). *اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری*. تهران: موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.

پورعبادالهان کویچ، محسن. (۱۳۹۷) ارائه الگویی برای مقررات‌گذاری اقتصادی شرکت‌های توزیع برق ایران، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، ۶ (۱۵)، ۲۲۵-۱۹۱.

حیدری، کیومرث. (۱۳۸۵) مروری بر روش‌های مقررات‌گذاری در حوزه صنایع انحصاری و توصیه هائی برای سیاست گذاری. *مجله وبگردی نیرو و انرژی* (https://vista.ir/w/a/16/pkvs1).

زیبا، فاطمه. (۱۳۸۷). نظم بخشی و وضع مقررات اقتصادی و ارزیابی کارایی و بهره‌وری در شرکت‌های توزیع برق ایران. *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، ۳۴ (۱۰)، ۲۰۰-۱۷۹.

کمالی انارکی، سارا. (۱۳۸۴). مقررات گذاری و نظم بخشی اقتصادی و اندازه‌گیری کارایی در شرکت‌های توزیع آب شهری ایران. پایان‌نامه کار شنا سی ار شد.دانشکده علوم اجتماعی و اقتصادی. دانشگاه الزهرا.

علیرضائی، محمدرضا و همکاران. (۱۳۸۶) ارائه راهکارهای منطقی بهبود عملکرد شعب بانک‌ها به کمک مدل‌های تعمیم‌یافته تحلیل پو ششی داده‌ها، *فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی دانشگاه علامه طباطبائی*، ۲۷، ۲۸۳-۲۶۳.

مهرآرا، محســـن و رامین عبدی. (۱۳۹۳) ارزیابی کارایی فنی صـــنعت بانکداری ایران و تعیین عوامل موثر بر آن (رهیافت مدل های مرزی تصـــادفی)، *فصـــلنامه علوم اقتصـــادی*، ۸ (۲۸). ۸۳-۱۰۵

References

Bauer, P.W. (1990), Decomposing TFP Growth in the Presence of Cost Inefficiency, No constant Returns to Scale, and Technological Progress, *Journal of Productivity Analysis*, 1, pp. 287-299.

Belotti F., Daidone S., Ilardi G., Atella V., 2013. "Stochastic frontier analysis using Stata" *Stata Journal*, 13(4), pp. 719-758.

Bernstein, J. I.; and Sappington, D. M. (2000). How to determine the X in RPI-X regulation: a user's guide. *Telecommunications Policy*, 24, 63-68.

Bos, Dieter. (2001). Pricing and Price Regulation: An Economic Theory for Public Enterprises and Public Utilities, Advansed Textbooks in Economics, North-Holland.

Crew, M. A. and P. R. Kleindorfer (1995), Price Caps and Revenue Caps: Incentives and Disinsentives for Efficiency, Proceedings: Eighth Annual Advanced Seminar on Public Utility Regulation (Western Conference), San Diego, CA, July.

De Witte, K., Marques, R., 2010. Designing incentives in local public utilities, an international comparison of the drinking water sector. *Central European Journal of Operation Research* 18 (2), 189-220.

Filippini, M., Hrovatin, N., Zoric, J. (2008), Cost efficiency and Economies of Scale of Slovenian Water Distribution Utilities: An Application of Stochastic Frontier Methods, *Journal of Productivity Analysis*, 29(2), pp. 169-182.

Filippini, M., Hrovatin, N., Zoric, J. (2010), Productivity growth and price regulation of Slovenian water distribution utilitie", *Journal of Economics and Business*, 28(1), pp. 89-112.

Garcia, S., Thomas, A. (2001) "The Structure of Municipal Water Supply Costs: Application to a Panel of French Local Communities", *Journal of Productivity Analysis*, 16, pp. 5-29.

Greene, W.H. (2005a), Reconsidering heterogeneity in panel data estimators of the stochastic frontier model, *Journal of Econometrics*, 126, pp. 269-303.

Greene, W.H. (2005b), Fixed and Random Effects in Stochastic Frontier

Models, *Journal of Productivity Analysis*, 23(1), pp. 7-32.
Harris J., Tate D., Renzetti S. (2002). Economic principles and concepts as applied to municipal water utilities. Final report. GeoEconomics Associates Incorporated. http://www.ontla.on.ca/library/repository/mon/5000/10311443.pdf
Joskow, P.L. (2007), "Regulation of Natural Monopolies", in Handbook of Law and Economics.
Khetrapal, P., T. Thakur and A. Gupta, 2017. X-factor evaluation under RPI-X regulation for Indian electricity distribution utilities. J. Eng. Sci. Technol., 12: 1900-1914.
Kumbhakar, S. C., Lovell, C.A.K. (2000) Stochastic Frontier Analysis, Cambridge: Cambridge University Press.
Marques, R., 2010. *Regulation of Water and Wastewater Services: an International Comparison*. IWA Publishing, London.
Maziotis, A., Saal, DS., Thanassoulis, E., (2016), Price-cap regulation in the English and Welsh water industry: A proposal for measuring productivity performance, *Journal of Utilities Policy*, 41, pp. 22-30.
Parmeter, Christopher F. & Kumbhakar, Subal C., 2014. Efficiency Analysis: A Primer on Recent Advances, Foundations and Trends(R) in Econometrics.
Vogelsang, I. (2002), Incentive Regulation and Competition in Public Utility Markets: A 20-year Perspective, *Journal of Regulatory Economics*, pp. 5-27.

پیوست یک: آزمون ریشه واحد متغیرها

آزمون ریشـه واحد مبتنی بر داده‌های پانل نسـبت به آزمون ریشـه واحد سـری‌های زمانی دارای قدرت آزمون و صحت بیشتری است. همچنین در مورد داده‌های تابلویی برخلاف داده‌های سری زمانی که مرسوم‌ترین روش برای بررسی مانایی آزمون‌های دیکی فولر و دیکی فولر تعمیم یافته بود از آزمون های مختلفی از جمله لوین، لین و چو (LLC[1]) (۲۰۰۲)، برایتونگ (۲۰۰۰) و ایم، پسران و شین (IPS[2]) (۲۰۰۳) که معروف به آزمون‌های ریشه واحد در داده‌های تابلویی هستند برای بررسی مانایی متغیرها استفاده می‌شود. نتایج آزمون LLC[3] و IPS[4] برای مقادیر سطح متغیرهای الگو در جدول (۷) آمده است.

جدول ۷. نتایج حاصل از آزمون ریشه واحد پانلی برای متغیرهای تحقیق

متغیر	آزمون ریشه واحد پانلی	آماره t	p-value	درجه انباشتگی
هزینه بهره‌برداری	Hadri-LM	۱۲/۸**	0.000	I(0)
قیمت نیروی کار	Hadri-LM	۱۲/۷۵**	0.000	I(0)
قیمت سرمایه	Hadri-LM	٦/۸**	0.000	I(0)
میزان آب فروش رفته	Hadri-LM	۸/۹**	0.000	I(0)
طول شبکه	Hadri-LM	۱۰/٤۲**	0.000	I(0)
تعداد مشترکین	Hadri-LM	۱۱/٤**	0.000	I(0)
استهلاک	Hadri-LM	٥/٤**	0.000	I(0)
اندازه منطقه تحت پوشش	Harris-Tzavalis	-۸/۰۱**	0.000	I(0)

علامت * و ** به ترتیب رد فرضیه صفر در سطح معنی‌داری ۱ درصد و ۵ درصد را نشان می‌دهند.

منبع: یافته‌های پژوهش

۱- Levin-Lin-Chu

۲- Im-Pesaran-Shin

۳- Suppress Panel-specific Means & Subtract Coss-sectional Means

۴- Include Time Trend & Subtract Cross-sectional Means

پیوست دو: آزمون Pooled OLS در مقابل Random Effect

یکی از آزمون‌هایی که در داده‌های تابلویی لازم است، بررسی معنی‌داری اثر مشاهدات مقطع (مشخصات شرکت‌های آب و فاضلاب) روی ضرایب است که برای این منظور از آزمون لیمر (F) استفاده می‌شود (اشرف‌زاده و مهرگان، ۱۳۸۷). براساس آزمون لیمر، فرضیه H_0 مبنی بر Pool بودن مدل (یکسان بودن عرض از مبدا برای تمام مقاطع) و به‌کارگیری روش OLS و فرضیه H_1 مبنی بر Panel بودن مدل است:

$$\begin{cases} H_0: \alpha_i = \alpha\,, \beta_I = \beta \text{ (Pooled Model)} \\ H_1: \text{Not } H_0 \text{ (Random effect model)} \end{cases} \qquad (۱۵)$$

$$F = \frac{\frac{(R_F^2 - R_C^2)}{N-1}}{\frac{(1-R_F^2)}{N(T-1)-K}} \qquad (۱۶)$$

که R_F^2 بیانگر ضریب تعیین در مدل با اثرات تصادفی، R_C^2 ضریب تعیین در مدل Pooled و با وجود یک عرض از مبدأ مشترک، N تعداد مقطع (در این مطالعه تعداد شرکت‌های برق منطقه‌ای)، T تعداد سال‌ها و K تعداد متغیرهای توضیحی می باشد. F محاسباتی از طریق فرمول یادشده بایستی با F=(N-1,N(T-K)) مقایسه شود. اگر F محاسباتی از F جدول بزرگ‌تر باشد، آنگاه فرضیه صفر رد می‌شود و رگرسیون با عرض از مبدا مشترک دارای اعتبار نیست و باید عرض از مبداهای مختلفی (روش داده های تابلویی) را در برآورد لحاظ کرد؛ یعنی باید مدل‌ها به‌صورت اثرات ثابت[۱] یا اثرات تصادفی[۲] تخمین زده شوند (اشرف‌زاده و مهرگان).

نتایج آزمون نشان می‌دهد که مدل باید به صورت Panel برآورد شود.

۱- Fixed Effect

۲- Random Effect

پیوست سه: آزمون Fixed Effect در مقابل Random Effect

اگر بعد از انجام دادن آزمون F لیمر، فرضیه H_0 در مقابل فرضیه H_1 رد شده باشد و مشخص شود که باید از مدل با عرض از مبدا جداگانه برای هر مقطع استفاده کنیم، اکنون این پرسش مطرح می‌شود که استفاده از بین روش های Fixed Effect یا Random Effect، کدام صحیح‌تر است؟

برای تصمیم‌گیری در مورد به‌کارگیری روش اثرات ثابت و یا اثرات تصادفی باید توجه داشت که روش اثرات ثابت معمولا هنگامی کارایی دارد که کل جامعه آماری در نظر گرفته شود درصورتی که اگر از بین جامعه بزرگی، نمونه‌هایی به‌صورت تصادفی (نمونه‌گیری) انتخاب شود، روش اثرات ثابت کاراتر خواهد بود. همچنین آزمون هاسمن[1] برای تعیین روش تخمین در روش داده‌های تابلویی به‌کار می‌رود که آماره آن (H) دارای توزیع χ^2 با درجه آزادی k (تعداد متغیرهای توضیحی) است. این آزمون در حقیقت آزمون فرضیه ناهمبسته بودن اثرات انفرادی و متغیرهای توضیحی است که طبق آن تخمین‌های حداقل مربعات تعمیم‌یافته (تحت فرضیه H_0) سازگار و تحت فرضیه H_1 ناسازگار است. از طرف دیگر تخمین‌های اثرات ثابت تحت هر دو فرضیه H_0 و H_1 سازگار است. به‌عبارت‌دیگر، تحت روش اثرات تصادفی که در آن از تخمین زننده‌های حداقل مربعات تعمیم‌یافته استفاده می‌شود، فرضیه H_0 سازگاری ضرایب را نشان می‌دهد درحالی‌که فرضیه H_1 مبنی بر رد این سازگاری است. تخمین زننده‌های روش اثرات ثابت نیز سازگار بودن ضرایب را تحت هر دو فرضیه H_0 و H_1 نشان می‌دهند. بنابراین، درصورتی‌که فرضیه H_0 پذیرفته شود، روش اثرات تصادفی به روش اثرات ثابت ترجیح داده می‌شود و به‌عنوان روش مناسب‌تر و کاراتر انتخاب می شود، در غیر این صورت روش اثرات ثابت کارا است. فرضیه و آماره این آزمون به‌صورت رابطه (۱۷) و (۱۸) است.

$$\begin{cases} H_0: \text{وجود اثرات تصادفی (Random Effect)} \\ H_1: \text{عدم وجود اثرات تصادفی (Fixed Effect)} \end{cases} \qquad (۱۷)$$

۱- Hausman Test

$$\chi^2 = (\hat{b} - \hat{\beta})' \sum^{-1} (\hat{b} - \hat{\beta}) \frac{\frac{(R_F^2 - R_C^2)}{N - 1}}{\frac{(1 - R_F^2)}{N(T-1) - K}} \quad (۱۸)$$

که $\hat{b}$ ضرایب برآورد شده در مدل با لحاظ اثرات ثابت و $\hat{\beta}$ ضرایب برآورد شده در مدل با لحاظ اثرات تصادفی و Σ ماتریس کوواریانس ضرایب برآورد شده با لحاظ اثرات تصادفی است (اشرف‌زاده و مهرگان، ۱۳۸۹). اگر آماره محاسبه شده در سطح معین از توزیع χ^2 جدول بزرگ‌تر باشد در این صورت فرضیه صفر رد می شود. به‌عبارت‌دیگر، چنانچه χ^2 محاسباتی از فرمول (۱۸) با χ_k^2 که k تعداد پارامترهای توضیحی است، مقایسه شود و χ^2 محاسباتی بیش از χ^2 جدول باشد در این صورت باید از مدل با اثرات تصادفی استفاده کرد، اما درصورتی‌که χ^2 محاسباتی کوچک‌تر از χ^2 جدول باشد در این صورت فرقی بین استفاده از اثرات ثابت یا تصادفی در مدل‌ها وجود ندارد. جدول زیر نتایج برآوردی تابع هزینه برای شرکت‌های آب و فاضلاب طی دوره ۱۳۹۱-۱۳۹۶ را براساس دو روش اثرات ثابت (FE) و اثرات تصادفی (RE) نشان می‌دهد.

آزمون هاسمن پیشنهاد برآورد تابع هزینه با استفاده از مدل Fixed Effect را می‌دهد.

```
. hausman fe re

Note: the rank of the differenced variance matrix (4) does not equal the number of coefficients being tested
      (5); be sure this is what you expect, or there may be problems computing the test.  Examine the output
      of your estimators for anything unexpected and possibly consider scaling your variables so that the
      coefficients are on a similar scale.

                 ---- Coefficients ----
             |      (b)          (B)            (b-B)     sqrt(diag(V_b-V_B))
             |       fe           re         Difference          S.E.
-------------+------------------------------------------------------------
          ly |   8.102351     1.86727        6.235081        3.41521
     lpl_pk  |  -.0737518     .3989277       -.4726794       .2857245
        ly_2 |  -.2081099    -.0305055       -.1776043       .0914027
  lpl_pk_2   |   .0377885      .044437       -.0066485              .
  lpl_pk_y   |   .0174397     -.010492        .0279317       .0149318
------------------------------------------------------------------------------
                           b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg
            B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

    Test:  Ho:  difference in coefficients not systematic

                  chi2(4) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B)
                          =       21.06
                Prob>chi2 =      0.0003
                (V_b-V_B is not positive definite)
```

پیوست چهار: انتخاب بهترین برآوردگر

هر چند آزمون‌ها برآورد رگرسیون تابع هزینه ترانسلوگ را با استفاده از مدل Fixed Effect تایید می‌کنند، اما در این قسمت ضرایب برآورد شده تابع هزینه ترانسلوگ با ا ستفاده از انواع مدل‌های مبتنی بر داده‌های تابلویی جهت شهود و اطمینان بیشتر در جدول (۸) آورده شده است. نکته مهم این است که انتخاب مدل به باور محقق در مورد موقتی یا دایمی بودن ناکارایی و ثابت یا متغیر بودن در طی زمان مشخصات خاص شرکت‌های آب و فاضلاب بستگی دارد.

جدول ۸ ضرایب برآورد شده تابع هزینه ترانسلوگ با استفاده از انواع مدل‌های مبتنی بر داده‌های تابلویی

متغیر	مدل I		مدل II		مدل III		مدل IV	
	Pooled (ML)		RE (GLS)		RE (ML)		TFE(No-SUR)	
	ضریب	P-Value	ضریب	P-Value	ضریب	P-Value	ضریب	P-Value
ln a	٤/٢٩٦ (٣/١٤٤)	٠/١٧٢	٢/١٤٢ (٥/٦٠١)	٠/٧٠٢	٢/٥١٧ (٦/٢٥٨)	٠/٦٨٧	−٥/٢٤١ (٠/١٣٧)	٠/٨٦٥
Ly	−٠/٤٩٠ (٠/٣٣٢)	٠/١٤٠	−٠/٢١٥ (٠/٦٠٩)	٠/٧٢٤	−٠/٢٢٣ (٠/٦٧٤)	٠/٧٤١	١/١ (٥,٧)	٠/٠٦١
Lpl_pk	٠/٥٣٨ (٠/٣٢٠)	٠/٠٩٣	٠/٣٣٩ (٠/٢٣٠)	٠/١٣٥	٠/٣٢٨ (٠/٣٠٩)	٠/٢٨٩	٠/٢٤٩ (٠/٥٢٦)	٠/٦٣٧
Lpl_pk_2	٠/٠٣٢ (٠/٠٣٤)	٠/٠١٥	٠/٠١٤ (٠/٠١٥)	٠/٣٤٥	٠/٠١٦ (٠/٠١٥)	٠/٢٨٩	٠/٠٢٥ (٠/٠١٦)	٠/١٢١
Ly_2	٠/٠٢٢ (٠/٠٠٨)	٠/٠١٢	٠/٠١٥٢ (٠/١٥٦)	٠/٣٣٢	٠/٠١٥ (٠/٠١٨)	٠/٤٠١	٠/٠١١ (٠/١٥٩)	٠/٠٠١
Lpl_pk_y	−٠/٠١٥ (٠/٠١٧)	٠/٣٥٣	−٠/٠٠٢٨ (٠/٠١٢)	٠/٨١٢	−٠/٠٠٣ (٠/٠١٦)	٠/٨٤٤	−٠/٠٠٠٨ (٠/٠٢٧)	٠/٩٩
L_net_l	٠/٧٠١ (٠/٠٢٤)	٠/٠٠٠	٠/٦٤٤ (٠/٠٨٠)	٠/٠٠٠	٠/٦٥٧ (٠/٠٥٥)	٠/٠٠٠	٠/٣٤٩ (٠/١٢٧)	٠/٠٠٩
DV_Loss	−٠/٠٨٩ (٠/٠٢٢)	٠/٠٠٠	−٠/٠٩١ (٠/٠٣٦)	٠/٠١٣	−٠/٠٨٩ (٠/٠٣٣)	٠/٠٠٧	−٠/٠٩٣ (٠/٠٤)	٠/٠٢٨

منبع: یافته‌های پژوهش

پیوست پنج: آزمون روش SUR در مقابل غیر SUR

برآورد همزمان معادله تابع هزینه و سهم نهاده‌های از هزینه نسبت به برآورد معادله تکی تابع هزینه به دلیل افزایش درجه آزادی، کارایی بیشتری دارد. فلذا در جدول (۹) نتایج برآورد ضرایب تابع هزینه با استفاده از مدل True Fixed Effect با SUR و True Fixed Effect بدون SUR جهت اثبات کارایی آورده شده است.

جدول ۹. ضرایب برآورد شده تابع هزینه ترانسلوگ با استفاده از مدل TFE با و بدون SUR

متغیر	TFE(SUR)		TFE(No-SUR)	
	ضریب	P-Value	ضریب	P-Value
ln a	–	–	−۵/۲۴۱	۰/۸۶۵
	–	–	(۰/۱۳۷)	
Ly	۳/۱۸۸	۰/۰۰۰	۱/۱	۰/۰۶۱
	(۰/۰۰۰)		(۵,۷)	
Lpl_pk	−۰/۲۲۴	۰/۰۰۰	۰/۲۴۹	۰/۶۳۷
	(۰/۰۰۰)		(۰/۵۲۶)	
Lpl_pk_2	۰/۰۲۵	۰/۰۰۰	۰/۰۲۵	۰/۱۲۱
	(۰/۰۰۰)		(۰/۰۱۶)	
Ly_2	−۰/۰۵۶	۰/۰۰۰	۰/۰۱۱	۰/۰۰۱
	(۰/۰۰۰)		(۰/۱۵۹)	
Lpl_pk_y	۰/۰۲۴	۰/۰۰۰	−۰/۰۰۰۸	۰/۹۹
	(۰/۰۰۰)		(۰/۰۲۷)	
L_net_l	۰/۳۹۳	۰/۰۰۰	۰/۳۴۹	۰/۰۰۹
	(۰/۰۰۰)		(۰/۱۲۷)	
DV_Loss	−۰/۱۶۵	۰/۰۰۰	−۰/۰۹۳	۰/۰۲۸
	(۰/۰۰۰)		(۰/۰۴)	
Time (t)	۰/۰۰۵	۰/۰۳۲	۰/۰۰۸	۰/۴۷۰
	(۰/۰۰۶)		(۰/۰۱۱)	

منبع: یافته‌های پژوهش

همانطور که ملاحظه می‌شـــود در نهایت مدل True Fixed Effect با SUR بهترین برآورد را از ضرایب به‌دست می‌دهد که این ضرایب مدل ملاک محاسبه ضرایب تغییر کارایی هزینه، تغییر تکنولوژی، تغییر کارایی مقیاس و بهره‌وری کل قرار خواهد گرفت.

پیوست شش: آزمون قیود نظری روی سیستم معادلات هزینه ترانسلوگ

باید محدودیت‌های نظری روی سیستم معادلات هزینه ترانسلوگ و سهم هزینه صورت گیرد تا نتایج برآورد ها معتبر باشـــند. نتایج آزمون همگنی و تقارن در جدول (۱۰) آمده است. ملاحظه می شود که محدودیت نظری همگن بودن تقاضا و تقارن را نمی‌توان به صورت تجربی رد کرد.

جدول ۱۰. نتایج آزمون همگن بودن با استفاده از آزمون نسبت راستنمایی

روش برآورد	نوع آزمون	آماره آزمون	p-value $\alpha = 0.005$	نتیجه آزمون
SUR	همگنی	٤٧/٩١	۰/۰۰۰	قبول
SUR	تقارن	٤١/٧٤	۰/۰۰۰	قبول