dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.87689.2416

Analyzing Productivity Indices for Urban Water and Wastewater Companies

S.H. Sajadifar[1], M. Khashaei[2], Gh. R. Ebrahimabadi[3], M. Davoodabadi[4]

1. Economic Consultant , Tehran Water and Wastewater Company, Tehran, Iran
2. Deputy Planning and Economic Affairs, National Water and Wastewater Engineering Company, Tehran, Iran
3. Director General, General Assemblies and Financial Supervision, National Water and Wastewater Engineering Company, Tehran, Iran
4. Senior Financial Expert, National Water and Wastewater Engineering Company, Tehran, Iran (Corresponding Author) davoodabadi@nww.ir

(Received May 29, 2017 Accepted Nov. 6, 2017)

To cite this article :
Sajadifar, S.H., Khashaei, M., Ebrahimabadi, Gh. R., Davoodabadi,M., 2018, "Analyzing productivity indices for urban water and wastewater companies." Journal of Water and Wastewater, 29(6), 1-14
Doi: 10.22093/wwj.2017.87689.2416 (In Persian)

Archive of SID

Abstract

Major investments and high operational expenditure are the special characteristics of the water and wastewater industry in the context of organizational mission. Planning the production and improving the efficiency of production factors by quantitative models are among the conventional methods in the management of investments, costs and financial resources. This research aimed to identify the share and elasticity of the urban water production factors and partial and total productivity in the context of production planning. The data used are panel data according to size of production and production factors (labor, capital stock and energy). The data on 34 urban waters and wastewater companies in the period of 2006-2016 (374 samples) were used and the fixed effect econometric method was applied to estimate the Cobb – Douglas production function. The results indicated that in the water and wastewater industry the elasticity of the labor, the capital and the energy was 0.32, 0.42, and 0.21, respectively. The research findings showed that the productivity of capital and energy as well as the total factor productivity declined in the years 2015 and 2016 while the efficiency of labor remained constant. The findings can be used by the top management of the industry as a strong tool for strategic planning of production of a high level of reliability.

Keywords: Cobb – Douglas production function, Elasticity of factor of production, Partial and total factor productivity.

www.SID.ir

تحلیل شاخص‌های بهره‌وری شرکت‌های آب و فاضلاب شهری

سیدحسین سجادی‌فر[۱]، مسعود خشایی[۲]، غلامرضا ابراهیم‌آبادی[۳]، محمد داودآبادی[۴]

۱- مشاور اقتصادی شرکت آب و فاضلاب استان تهران، تهران، ایران
۲- معاون برنامه‌ریزی و امور اقتصادی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران، ایران
۳- مدیر کل دفتر مجامع عمومی و نظارت مالی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران، ایران
۴- کارشناس ارشد مالی شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، تهران، ایران
(نویسنده مسئول) davoodabadi@nww.ir

(دریافت ۹۶/۳/۸ پذیرش ۹۶/۸/۱۵)

برای ارجاع به این مقاله به صورت زیر اقدام بفرمایید:
سجادی‌فر، س.ح.، خشایی، م.، ابراهیم‌آبادی، غ.ر.، داودآبادی، م.، ۱۳۹۷، "تحلیل شاخص‌های بهره‌وری شرکت‌های آب و فاضلاب شهری"
مجله آب و فاضلاب، ۲۹(۶)، ۱۴-۱. **Doi: 10.22093/wwj.2017.87689.2416**

چکیده

سرمایه‌گذاری کلان و صرف هزینه‌های فراوان عملیاتی از مشخصه‌های صنعت آب و فاضلاب در راستای انجام رسالت سازمانی آن است. برنامه‌ریزی تولید و بهبود بهره‌وری عامل‌های تولید در بستر مدل‌های کمّی از شیوه‌های متداول در مدیریت سرمایه‌گذاری، هزینه و تأمین منابع مالی است. این پژوهش با هدف شناسایی سهم و کشش‌های عامل‌های تولید آب شهری و بهره‌وری کل عامل‌های تولید در راستای برنامه‌ریزی تولید انجام شد. داده‌های مورد استفاده از نوع ترکیبی منطبق بر عامل‌های تولید (نیروی کار، موجودی سرمایه و انرژی) و حجم تولید طی بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۳۸۵ و در محدوده ۳٤ شرکت آب و فاضلاب شهری (۳۷٤ مشاهده) بود و از روش اقتصادسنجی اثرات ثابت برای برآورد تابع تولید کاب- داگلاس استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که در صنعت آب و فاضلاب، کشش عامل نیروی کار ۰/۳۲ ، موجودی سرمایه ۰/٤۲ و انرژی ۰/۲۱ است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که بهره‌وری سرمایه، انرژی و کل عامل‌های تولید در سال‌های ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ کاهش یافته و بهره‌وری نیروی کار تقریباً ثابت مانده است. نتایج پژوهش می‌تواند به‌عنوان ابزاری قدرتمند با ضریب اطمینان زیاد در راستای برنامه‌ریزی راهبردی تولید مورد استفاده مدیریت ارشد صنعت قرار بگیرد.

واژه‌های کلیدی: تابع تولید کاب-داگلاس، کشش عامل‌های تولید، بهره‌وری جزئی، بهره‌وری کل عامل‌های تولید

۱- مقدمه

به‌منظور تصمیم‌گیری و مدیریت بهینه و هدفمند و کنترل و نظارت بهینه، طیف بسیار گسترده‌ای از مبانی و تئوری‌های علمی از جمله علم اقتصاد که از ضریب اطمینان زیادی برخوردار است، مورد استفاده قرار می‌گیرد. سازمان‌ها با توجه کردن به این تئوری‌ها و پرهیز از شیوه‌های سلیقه‌ای علاوه بر نیل به برنامه‌های هدفگذاری شده، قادر به حل بسیاری از مشکلات، کاهش ریسک تحقق برنامه‌ها، بهبود بهره‌وری، واکنش سریع به تغییرات و ایجاد ثروت می‌باشند. در این زمینه، یکی از چالش‌های سازمان‌ها، تبیین و پیش‌بینی برنامه‌های تولید به‌دلیل شرایط محیطی پیچیده است. ارائه راهکارهای علمی برای برنامه‌ریزی و کنترل مؤلفه‌های تولید، بخش زیادی از دغدغه‌های مدیریت را مرتفع می‌نماید. این موضوع در واحدهای خدمات عمومی شهری مانند آب و فاضلاب به‌دلیل شرایط محیط کسب و کار، بازار انحصاری و طبیعی، گستره فعالیت جغرافیایی، محدودیت منابع، ارائه خدمات بهینه به مشترکان، انتظارات ذینفعان شامل دولت، سازمان‌های نظارتی و مشترکان از حساسیت بیشتری برخوردار است.

مدیریت تولید یک فعالیت درون سازمانی است که از پیش‌بینی، برنامه‌ریزی و بازاریابی محصولات یا خدمات تشکیل

Archive of SID
www.SID.ir

dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.87689.2416

شده و منجر به افزایش درآمد و حاشیه سود، ارزش افزوده، سهم بازار و رضایت مشترکان می‌شود. اهمیت مدیریت تولید بیشتر از سایر مؤلفه‌های کسب و کار است، زیرا اطلاعات این بخش مبنایی برای مدیریت فروش، هزینه‌ها و سایر فرایندهای کسب و کار است (Sajadifar and Davoodabadi, 2016).

یکی از نکات قابل توجه در مدیریت تولید، پیش‌بینی تولید است و طیف گسترده‌ای از شیوه‌ها و مدل‌های کمّی در این زمینه وجود دارد. برآورد تابع تولید یک از مهم‌ترین مدل‌های کمّی در راستای برنامه‌ریزی و پیش‌بینی تولید است. هدف و الزام برآورد تابع تولید در سطح کلان، از دو منظر شناسایی کشش‌های عامل‌های تولید برای برنامه‌ریزی و تجزیه و تحلیل بهره‌وری قابل تأمل است.

در تابع تولید کاب-داگلاس، ضرایب متغیرهای حاصل از برآورد تابع تولید همان کشش‌های عامل‌های تولید هستند. در واقع این کشش‌ها نشان می‌دهند که با تغییر یک درصدی عامل‌های تولید، میزان تولید چند درصد تغییر می‌نماید. محاسبه کشش‌های عامل‌های تولید از اهمیت زیادی برخوردارانـد و در راستای برنامه‌ریزی تولید و برنامه‌ریزی‌های راهبردی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این موضوع در صنعت آب و فاضلاب به دلایل زیر حائز اهمیت است

الف) پیش‌بینی تقاضای بازار: سازمان‌ها در راستای رسالت سازمانی، نیازمند پیش‌بینی فعالیت‌های آتی می‌باشند. از میان انبوهی از فعالیت‌ها، پیش‌بینی تولید اهمیت بیشتری دارد، زیرا مبنای برنامه‌ریزی جامع سازمان‌ها، مستلزم پیش‌بینی تولید است. این موضوع در صنعت آب و فاضلاب به‌دلیل مؤلفه‌های ارتباط حیات و بهداشت جوامع بشری به آب، افزایش رشد جمعیت و مهاجرت، ارتقای بهداشت، تغییرات اقلیمی، آلودگی منابع آبی، کاهش سرانه منابع آبی، محدودیت منابع مالی و بازار انحصاری و طبیعی از حساسیت بیشتری برخوردار است. در این راستا پیش‌بینی تقاضای مصرف آب (حجم تولید آب) باید با در نظر گرفتن تمام جوانب محیطی حاکم بر صنعت در راستای تأمین حداقل آب مورد نیاز انجام شود؛ بنابراین پیش‌بینی تقاضای بازار باید با در نظر گرفتن تمام محدودیت‌های فوق و با شیوه‌های علمی که اطمینان و قطعیت زیادی دارند، انجام شود. در این راستا برآورد تابع تولید می‌تواند بسیار اثربخش باشد.

ب) برنامه‌ریزی و کنترل: مهم‌ترین وظیفه شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور تعیین برنامه‌های مدون برای هدایت و کنترل شرکت‌های زیر مجموعه است. این برنامه‌ها باید بر پایه اطلاعات علمی با قابلیت اجرایی مطلوبی ارائه شوند. بهبود کیفی تصمیم‌ها از طریق تصمیم‌گیری متکی به اطلاعات مدل‌های کمّی از جمله تابع تولید و پرهیز از تصمیم‌گیری سلیقه‌ای در این زمینه بسیار با اهمیت است (Davoodabadi and Ghanadi, 2013).

تلاش برای بهبود و استفاده مؤثر از منابع تولید، هدف آرمانی سازمان‌ها است و بهره‌وری به‌عنوان یک ابزار مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به محدود بودن منابع سازمان‌ها و هزینه زیاد فراهم کردن آن‌ها، تنها راه کسب حداکثر بازدهی، استفاده از حداقل منابع است که این نکته در بهره‌وری مستتر است. الزام‌های بهره‌وری در سطح کلان از منظر کنترل و برنامه‌ریزی مدیریت، ارزیابی عملکرد، شناسایی توانایی مدیریت در پاسخگویی، اقتصاد ملی (تولید ناخالص ملی)، مدیریت جامع کیفیت، رشد اقتصادی و توسعه پایدار قابل تأمل است. مدیریت بهره‌وری در صنعت آب و فاضلاب با توجه به موارد زیر قابل ملاحظه است

-صنعت آب و فاضلاب نیاز به سرمایه فراوانی دارد و استفاده بهینه از سرمایه‌گذاری‌ها مستلزم مدیریت بهره‌وری است.

- استقلال مالی و عدم وابستگی به بودجه جاری دولت از مهم‌ترین دلایل تشکیل شرکت‌های آب و فاضلاب است. به‌رغم پیش‌بینی برای تعیین تعرفه‌ها معادل قیمت تمام شده، در عمل قیمت‌گذاری مطابق برنامه‌های دولت انجام می‌شود و سطح تعرفه‌ها در مقایسه با هزینه‌ها بسیار پایین است. بنابراین با توجه به عدم دخالت شرکت‌های آب و فاضلاب در قیمت‌گذاری محصولات، یک از عوامل مؤثر در کنترل هزینه‌ها، افزایش و بهبود بهره‌وری است.

با تشکیل شرکت‌های آب و فاضلاب در قالب شرکت‌های غیردولتی توأم با استقلال مالی و تحول‌های اقتصادی کشور نسبت به کوچک‌سازی دولت (اصل ۴۴ قانون اساسی) با ارزیابی بهره‌وری، ضمن آشکار شدن نقاط ضعف، امکان مدیریت شرکت‌های آب و فاضلاب به‌صورت بنگاه‌هایی اقتصادی میسر خواهد شد (Davoodabadi and Ghanadi, 2013).

در زمینه برآورد تابع تقاضای آب در سطح داخلی و خارجی پژوهش‌های گسترده‌ای انجام شده است. با این وجود پژوهش‌های اندکی در زمینه عرضه آب شهری انجام شده است. تاکنون پژوهش

Archive of SID

www.SID.ir

dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.87689.2416

جامعی در زمینه تخمین تابع تولید آب در سطح صنعت برای سایر کشورها انجام نشده است. یکی از دلایل مهم عدم برآورد تابع تولید، فقدان یا محدویت دسترسی به اطلاعات فنی و کمّی است. به‌همین دلیل، در معدود پژوهش‌هایی که در زمینه عرضه آب انجام شده، بیشتر از رویکرد برآورد تابع هزینه استفاده شده است. دلیل این موضوع این است که اطلاعات مورد نیاز برای برآورد تابع هزینه شامل قیمت‌ها، هزینه و اطلاعات مالی به آسانی در دسترس است.

رنزتی با برآورد تابع هزینه عرضه آب شهری، روش‌های قیمت‌گذاری ایالت انتاریو کانادا را ارزیابی کرده است. پس از برآورد تابع هزینه عرضه آب و محاسبه هزینه نهایی مشخص شد که قیمت‌های پرداختی برای مشترکان خانگی و تجاری به ترتیب یک سوم و یک ششم هزینه نهایی عرضه آب هستند (Renzetti,1992). گارسیا و رینود در سال ۲۰۰۴ با رویکرد مدل اقتصادسنجی و تخمین تابع هزینه نشان داده‌اند که در منطقه بوردو در کشور فرانسه بین قیمت‌های دریافتی از مشترکان و هزینه نهایی تفاوت آشکاری وجود دارد (Garcia and Reynaud, 2004). سجادی‌فر و همکاران در ۱۳۹۵ با برآورد تابع هزینه کلان شهر اراک به‌عنوان بنگاهی دو محصولی شامل آب خانگی و غیرخانگی نشان داده‌اند که امور آب و فاضلاب شهر اراک در تولید آب خانگی و غیرخانگی دارای اقتصاد بازده به مقیاس بوده و برای حداکثر شدن رفاه اجتماعی لازم است که قیمت‌های بهینه دوم در فصل‌های تابستان و بهار از هزینه نهایی بیشتر و در فصل‌های پاییز و زمستان از هزینه نهایی کمتر باشد (Sajadifar et al., 2016).

در سال‌های اخیر، بهره‌وری صنعت آب و فاضلاب مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. داسیلوا سوزا و همکاران در سال ۲۰۰۷، کارآمدی شرکت‌های دولتی و خصوصی آب و فاضلاب برزیل را با برآورد تابع هزینه ترانسلوگ محاسبه کرده‌اند. نتایج نشان داده است که تفاوت کارآمدی شرکت‌های دولتی و خصوصی آب و فاضلاب برزیل از نظر آماری معنی‌دار نیست (Da Silva e Souza et al., 2007).

مازیوتیس و همکاران در سال ۲۰۱۴، اثرات تنظیم مقررات بر عملکرد مالی صنعت آب و فاضلاب انگلیس و ولز در دوره زمانی ۲۰۰۸-۱۹۹۱ را بررسی کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که بهره‌وری کل عوامل تولید در دوره مورد بررسی به‌صورت پایدار افزایش یافته اما سودآوری با نوسان زیادی همراه بوده است (Maziotis et al., 2014).

مولینوس و سالا-گاریدو در سال ۲۰۱۵، اثرات خصوصی‌سازی بر تغییرات بهره‌وری صنعت آب و فاضلاب شیلی را در دوره ۲۰۱۳-۱۹۹۷ بررسی کرده‌اند. نتایج تأیید می‌کند که بهره‌وری صنعت آب و فاضلاب شیلی پس از خصوصی‌سازی کاهش یافته است (Molinos and Sala-Garrido, 2015).

در این پژوهش برای اولین بار در کشور، تابع تولید شرکت‌های آب و فاضلاب شهری برآورد و سپس بهره‌وری عامل‌های تولید و بهره‌وری کل عوامل تولید محاسبه شد.

یافته‌های پژوهش می‌تواند به‌عنوان ابزاری قدرتمند با ضریب اطمینان زیاد برای برنامه‌ریزی راهبردی تولید مورد استفاده مدیریت ارشد صنعت قرار بگیرد. در این پژوهش از تابع تولید کاب- داگلاس و برای سهولت محاسبات و تحلیل یافته‌ها از نرم‌افزار Eveiws.8 استفاده شد.

۲- روش

۲-۱- مفاهیم بهره‌وری

تعیین بهره‌وری و کارآمدی با توجه به اهمیت آن در سنجش عملکرد و تدوین برنامه‌های راهبردی برای بهبود و افزایش فرایندهای سازمانی در زمینه‌های گوناگون، همواره مورد توجه است. نظر به این که منابع بنگاه‌ها محدود و فراهم کردن آن‌ها مستلزم صرف هزینه و سرمایه‌گذاری زیادی است، از این رو تنها راه ممکن کسب حداکثر بازده و به عبارتی حداکثرسازی سود یا حداقل‌سازی هزینه‌ها، استفاده بهینه از منابع است که این موضوع در کارآمدی و بهره‌وری نهفته است. برای دستیابی به تولید و ارائه خدمات بهینه، تنها داشتن منابع کافی نیست، بلکه نحوه ترکیب و استفاده از آن‌ها نیز اهمیت زیادی دارد.

صنعت آب و فاضلاب به‌عنوان یک صنعت خاص، دارای مشخصه‌های خاص قیمت‌گذاری اجتماعی، فرایند پیچیده عملیاتی، انتظارات ذی‌نفعان شامل دولت، سهامداران، مشترکان، جامعه و غیره، شرایط اقلیمی و محدودیت‌های مالی است. برای افزایش کارآمدی در انجام وظایف و حصول اطمینان از پیشرفت فعالیت‌ها، به مراقبت‌های مستمر نیاز است. بنابراین شناسایی بهره‌وری و برنامه‌ریزی برای بهبود و ارتقای آن‌ها یکی از ابزارهای مهم است.

Archive of SID
www.SID.ir

dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.87689.2416

بهره‌وری از مفاهیم مهم در اقتصاد است که رابطه بین استفاده از عوامل تولید شامل نیروی کار، سرمایه، انرژی، آب و دانش و محصول تولید شده را نشان می‌دهد. واژه بهره‌وری، نسبت ستانده به یکی از عوامل تولید (نهاده‌ها) می‌باشد. به‌طور کلی، بهره‌وری را می‌توان ترکیبی از کارآمدی و اثربخشی دانست.

کارآمدی به مفهوم صحیح انجام دادن کار است و با استفاده مفید از منابع ارتباط دارد، یعنی از حداقل نهاده‌ها، حداکثر محصول تولید شود. در واقع کارآمدی به حداکثر رساندن استفاده از نیروی کار، سرمایه، زمان و مکان با هدف کاهش هزینه و افزایش تولید تعریف می‌شود و به‌صورت زیر تعریف می‌شود

$$\text{کارآمدی} = \frac{\text{ستانده مورد انتظار}}{\text{ستانده واقعی}} \quad (۱)$$

اثربخشی به مفهوم انجام دادن کار صحیح است، یعنی ممکن است با مصرف کمتر نهاده‌ها، محصول بیشتری تولید شود، ولی این محصول کیفیت مطلوب مورد نظر مصرف کننده را نداشته باشد. در این حالت کارآمدی واقع شده، اما چون محصول فاقد کیفیت لازم است، از این روی اثربخش نبوده و نمی‌تواند رضایت مصرف‌کننده را جلب نماید. اثربخشی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود

$$\text{اثربخشی} = \frac{\text{برنامه‌های هدف‌گذاری شده}}{\text{عملکرد واقعی}} \quad (۲)$$

بنابراین تحقق کارآمدی و اثربخشی هر یک به تنهایی سبب افزایش بهره‌وری نخواهد شد. به تعبیری، در بهره‌وری نخستین فعالیت، کار درست و مفید و دوم بهترین شیوه انجام کار است. در این صورت با تحقق این دو شرط می‌توان اطمینان حاصل کرد که بهره‌وری، محقق شده است. بهره‌وری نسبت تولید کالا و خدمات (ستانده) به یک یا چند نهاده و ترکیبی از اثربخشی و کارآمدی است که به‌صورت زیر تعریف می‌شود

$$\text{بهره‌وری} = \frac{\text{ستانده}}{\text{نهاده}} \quad (۳)$$

با افزایش بهره‌وری در فرایند تولید می‌توان با استفاده از نهاده‌های معینی به تولید بیشتری دست یافت. از نهاده‌های مهم تولید، عامل نیروی کار و سرمایه هستند، به‌همین دلیل دو مفهوم بهره‌وری نیروی کار و سرمایه در حقیقت استفاده بهینه از عامل‌های نیروی کار و سرمایه را نشان می‌دهد. همچنین بهره‌وری کل عامل‌های تولید استفاده بهینه از ترکیب عامل‌های مذکور را نشان می‌دهد. رشد بهره‌وری کل عامل‌های تولید، علاوه بر رشد کمّی نهاده‌های تولید، یکی از منابع مهم تأمین کننده رشد اقتصادی در سطح کلان است و در واقع به نوعی مدیریت استفاده از منابع تولید را نشان می‌دهد. برای محاسبه بهره‌وری به‌طور کلی سه شیوه اقتصاد سنجی، حسابداری رشد و روش شاخص عددی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲-۲- شیوه‌های برآورد شاخص بهره‌وری کل عامل‌های تولید

۲-۲-۱- شیوه کندریک[1]

شیوه‌ای که توسط کندریک پیشنهاد شده مبتنی بر میانگین وزنی کار و سرمایه است. کندریک از یک تابع تولید برای تخمین تغییرات بهره‌وری استفاده کرد و شاخص بهره‌وری کل عامل‌های تولید آن به‌صورت زیر است

$$TFP = \frac{V_t}{\alpha K_t + \beta L_t} \quad (۴)$$

که در آن

TFP بهره‌وری کل عامل‌های تولید و V_t ارزش افزوده واقعی (به قیمت ثابت) است. K_t ارزش موجودی سرمایه به قیمت ثابت، L تعداد نیروی کار یا نفر ساعت، α سهم عامل سرمایه در ارزش افزوده، β سهم عامل کار در ارزش افزوده است.

در الگوی کندریک از فروض همگنی تابع تولید استفاده شده است. اگر فرض همگنی خطی یا بازده ثابت نسبت به مقیاس به‌کار گرفته شود $\beta=1-\alpha$ خواهد بود و تنها نیاز به برآورد پارامتر α است.

۲-۲-۲- شیوه دیویزیا[2]

در این شیوه، شاخص بهره‌وری کل عامل‌های تولید به‌صورت معادله

[1] Kendrick Index of Total Factor Productivity
[2] Divisia Index of Total Factor Productivity

Archive of SID
www.SID.ir

dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.87689.2416

۵ است. دیویژیا توابعی به فرم کاب - داگلاس را برای محاسبه اندازه‌گیری بهره‌وری عامل‌های تولید توصیه می‌نماید

$$TFP = \frac{V_t}{K_t^{\alpha} + L_t^{\beta}} \qquad (۵)$$

اگر فرض همگنی خطی یا بازدهی ثابت نسبت به مقیاس به کار گرفته شود، $\beta=1-\alpha$ خواهد شد. در شرایط رقابت کامل که به هر عامل به اندازه بهره‌وری نهایی آن پرداخت می‌شود، α و β بیانگر کشش‌های تولیدی نسبت به سرمایه و کار می‌باشند. بنابراین، در شرایطی که اطلاعات آماری در مورد سهم‌های عامل‌های تولید وجود ندارد، از کشش‌های تولیدی کار و سرمایه در برآورد بهره‌وری کل عامل‌های تولید استفاده می‌شود.

۲-۲-۳- شیوه مانده سولو[1]

روش مانده سولو مطابق بر تئوری تولید اقتصاد خرد است و به‌طور مستقیم رشد بهره‌وری چند عامل را محاسبه می‌کند. در این شیوه، تفاضل رشد ستانده و نهاده‌های تولید به‌عنوان رشد بهره‌وری کل محاسبه می‌شود. در این محاسبات نرخ رشد نهاده‌های تولید با استفاده از سهم هر یک از آن‌ها در هزینه‌های کل موزون می‌شوند. در شیوه حسابداری، بازده نسبت به مقیاس ثابت فرض شده و شرایط رقابت کامل و حداکثر سود برای تولیدکننده و قیمت‌پذیر بودن تولیدکنندگان مفروض است. در واقع این روش تفاضل میانگین موزون رشد عامل‌ها از رشد تولید است و به‌صورت معادله ۶ ارائه می‌شود

$$\hat{TFP} = \hat{V} - \alpha\hat{K} - \beta\hat{L} \qquad (۶)$$

به تعبیری، آن بخش از رشد تولید که توسط رشد کمّی نیروی کار و سرمایه قابل توضیح دادن نیست، به رشد بهره‌وری کل عامل‌ها منتسب می‌شود.

۳- نتایج و بحث

متغیرهای مستقل پژوهش، شامل عامل تولید یا نیروی کار (L)، موجودی سرمایه (K) و انرژی (E)) و متغیر وابسته حجم تولید آب (Q) است. منطبق بر داده‌های پژوهش، از مشاهدات ترکیبی و برای برآورد تابع تولید از تابع کاب - داگلاس استفاده شد. به‌طور کلی در پژوهش‌هایی که مستلزم مشاهدات آماری است، سه گروه از مشاهدات سری زمانی، مقطعی و ترکیبی وجود دارد. مشاهدات ترکیبی، داده‌هایی هستند که بر اساس آن مشاهدات با تعداد زیادی از متغیرهای مقطعی (n) در طول یک دوره زمانی مشخص (t) می‌باشند. در این صورت داده‌های آماری را داده‌های ترکیبی از داده‌های مقطعی و سری زمانی می‌نامند. استفاده از داده‌های ترکیبی مزیت‌هایی مانند تشخیص‌پذیری، حذف یا کاهش اریب تخمین و کاهش هم خطی داده‌ها را دارند (Fegheh Mahidi and Ebrahimi, 2014).

داده‌های مورد نیاز از گزارش‌های ارزیابی عملکرد مالی شرکت‌های آب و فاضلاب شهری طی بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۳۸۵ و سامانه الکترونیکی شرکت مادر تخصصی آب و فاضلاب کشور جمع‌آوری شده است (National Water and Wastewater Engineering Company Publication, 2015, 2016).

نظر به شیوه و ماهیت داده‌های پژوهش که بر پایه مشاهدات ترکیبی و تخمین تابع تولید است، تحلیل داده‌ها شامل بررسی پایایی داده‌ها (آزمون‌های مانایی[2])، بررسی همجمعی (همگرایی[3])، آزمون تشخیص (آزمون چاو[4])، انتخاب مدل آثار تصادفی یا ثابت (آزمون هاوسمن[5]) و برآورد تابع تولید است. با استفاده از پارامترهای برآورد شده تابع تولید و روش کندریک، بهره‌وری کل عامل‌های تولید برای دوره سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۵ محاسبه شد.

۳-۱- آزمون‌های مانایی

در استفاده از شیوه‌های متداول اقتصادسنجی در برآورد ضریب الگو با داده‌های سری زمانی، فرض بر این است که متغیرهای الگو ایستا هستند. یک متغیر سری زمانی وقتی ایستا است که میانگین، واریانس و کوواریانس آن در طول زمان ثابت باقی بماند. در صورتی که متغیرهای سری زمانی ناایستا باشند، احتمال دارد برآوردهای رگرسیونی سبب رگرسیون کاذب و استنباط‌های غلط شود. برای بررسی مانایی متغیرها از آزمون‌های ریشه واحد از نوع آزمون‌های لیوین، لین و چو در سال ۲۰۰۲ استفاده شد. نتایج

[1] Solow Residual Index of Total Factor Productivity Divisia Index

[2] Stationary
[3] Cointegration
[4] Chow Test
[5] Hausman Test

Archive of SID
www.SID.ir

dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.87689.2416

بررسی مانایی متغیرها منطبق بر این آزمون در جدول ۱ ارائه شده است.

بر اساس جدول ۱ احتمال آماره آزمون متغیر موجودی سرمایه در سطح، کمتر از ۰/۰۵ است. در نتیجه فرض H_0 پذیرفته نمی‌شود و متغیر فوق ایستا است. با توجه به این که احتمال آماره آزمون سطح متغیرهای حجم تولید آب، نیروی کار و انرژی بیشتر از ۰/۰۵ است، بنابر این فرض H_0 آن‌ها رد نمی‌شود و در نتیجه، متغیرهای فوق ناایستا هستند. از این روی برای تعیین درجه مانایی متغیرهای حجم تولید آب، نیروی کار و سرمایه که ناایستا هستند، ابتدا از شیوه تفاضل‌گیری مرتبه اول استفاده می‌شود. بر پایه جدول ۱ نظر به این که احتمال آماره متغیرهای حجم تولید، نیروی کار و انرژی در تفاضل‌گیری مرتبه اول کمتر از سطح معنی‌داری ۰/۰۵ است، لذا فرض H_0 مبنی بر وجود ریشه واحد پذیرفته نمی‌شود و داده‌ها با یک مرتبه تفاضل‌گیری ایستا شده‌اند.

۳-۲- بررسی هم‌جمعی (هم‌گرایی)

در صورتی که متغیرهای مدل ایستا نباشند، برآورد مدل ممکن است سبب رگرسیون کاذب شود. از این رو در وضعیتی که برخی متغیرها ایستا و برخی ناایستا باشند، برای جلوگیری از رگرسیون کاذب قبل از برآورد مدل، آزمون‌های هم‌جمعی انجام می‌شود تا پس از اطمینان از وجود رابطه بلندمدت، الگوی مورد نظر تخمین زده شود (Fegheh Mahidi and Ebrahimi, 2014). آزمون ریشه واحد، ناایستا بودن متغیرهای حجم تولید، نیروی کار و انرژی را نشان می‌دهد، به‌همین علت از آزمون کائو (۱۹۹۹) برای بررسی همجمعی استفاده شد و نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است.

مطابق جدول ۲ احتمال آماره آزمون کمتر از ۰/۰۵ است، بنابراین وجود هم‌جمعی برآورد تابع تولید آب پذیرفته می‌شود (عدم پذیرش فرض H_0). به تعبیری بین تمام متغیرهای مدل رابطه‌ای بلند مدت وجود دارد. بنابراین مشکل رگرسیون کاذب وجود نخواهد داشت.

۳-۳- آزمون تشخیص چاو

برای گزینش بین داده‌های تلفیقی و داده‌های ترکیبی از آزمون چاو و آماره آزمون فیشر (F) استفاده می‌شود. در این آزمون، فرض یکسان بودن عرض از مبدا در مقابل فرض ناهمسانی عرض از مبدا بررسی می‌شود. در صورتی که فرضیه پذیرفته شود به معنی یکسان بودن شیب‌ها برای مقاطع مختلف بوده و قابلیت تلفیق شدن داده‌ها و استفاده از مدل رگرسیون تلفیقی مورد تأیید قرار می‌گیرد (Fegheh Mahidi and Ebrahimi, 2014)، اما در صورت عدم پذیرش فرضیه، داده‌های ترکیبی پذیرفته می‌شود. نتایج آزمون چاو مطابق جدول ۳ است.

با توجه به اطلاعات جدول ۳، از آن جایی که احتمال آزمون کمتر از سطح معنی‌داری ۰/۰۵ است، لذا فرض H_0 پذیرفته نمی‌شود و استفاده از روش اثرات ثابت مانعی ندارد.

۳-۴- آزمون هاوسمن

بعد از انجام آزمون چاو و تأیید فرض مبنی بر به‌کارگیری داده‌های ترکیبی، از آزمون هاوسمن برای آزمون تعامد اثرات تصادفی و متغیرهای مستقل استفاده شد. فرض صفر به این معنی است که اثرات فردی، ثابت هستند و فرض مقابل اثرات فردی، تصادفی هستند (Fegheh Mahidi and Ebrahimi, 2014). نتایج مطابق جدول ۴ است. جدول ۴ نشان می‌دهد به‌دلیل این که احتمال آماره آزمون کمتر از ۰/۰۵ است، لذا فرض H_0 پذیرفته نمی‌شود و از شیوه اثرات ثابت باید استفاده شود.

جدول ۱- نتایج بررسی مانایی متغیرها بر اساس آزمون لیوین، لین و چو

Table 1. Result of Stationary Test based on Levin, Lin & Chu (LLC) Test

Item	Level		First Difference		Order of Integration
	Statistic	Probability	Statistic	Probability	
Production volume(Q)	0.1131	0.5451	-5.624	0.00	I(1)
Capital Stock(K)	-3.405	0.0003	-	-	I(0)
Labor(L)	-0.205	0.4189	-4.439	0.00	I(1)
Energy(E)	-0.993	0.1604	-8.203	0.00	I(1)

Archive of SID
www.SID.ir

dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.87689.2416

جدول ۲- بررسی وجود هم‌جمعی متغیرها براساس آزمون کائو

Table 2. Cointegration Test based on Kao Test

Probability	Statistic
0.00	-9.969

جدول ۳- نتایج آزمون چاو برای انتخاب داده های تلفیقی یا ترکیبی

Table 3. Result of Chow Test for selecting Pool or Panel Method

Test	Statistic	Degree of Freedem	Probability
Cross-Section F	102.62	(33.33)	0.00
Cross-Section Chi-Square	898.49	33	0.00

جدول ۴- نتایج آزمون هاوسمن برای انتخاب اثرات ثابت در مقابل تصادفی

Table 4. Result of Hausman Test for selecting Fixed Effect or Random Effect

Probability	Degree of Freedem	Cross-Section Chi-Square
0.00	3	206.22

۳-۵- برآورد تابع تولید

بنگاه‌های اقتصادی واحدهایی هستند که وظیفه تولید و توزیع کالا و ارایه خدمات را بر عهده دارند. این واحدها با استفاده از شیوه‌های موجود، نهاده‌ها را به ستانده تبدیل می‌کنند، به‌طوری که شیوه‌های فوق با استفاده از تابع‌های تولید مشخص می‌شوند. نظریه‌های اقتصادی تولید بر پایه اصول علمی برای کمک به مدیریت در اتخاذ تصمیم راجع به نحوه ترکیب مؤثر نهاده‌های مورد نیاز برای تولید ستانده‌های معین (کالا یا خدمت) با کمترین هزینه و توجه به شیوه‌های موجود بنا نهاده شده است. نیل به این هدف از طریق حداکثرسازی سود یا حداقل‌سازی هزینه میسر است، زیرا بنگاه‌های اقتصادی همواره سعی دارند که با منابع محدود به حداکثر سود دست یابند.

مدل‌های تابع تولید، شامل تابع کاب- داگلاس، تابع تولید با کشش جانشینی ثابت، ترانسلوگ، لئونتیف، اسپیلمن و ترانسندنتال می‌باشند. استفاده از هر نوع تابع تولید، محدودیت‌هایی بر نتایج خواهد داشت، بنابر این باید سعی شود تا تابع مورد استفاده، کمترین محدودیت را اعمال نماید و به بیان اقتصادسنجی از انعطاف زیادی برخوردار باشد (Sajadifar and Davoodabadi, 2016).

تابع تولید کاب- داگلاس از پرکاربردترین تابع‌های تولید است (معادله ۷). از خصوصیات این تابع تولید ضرورت، همگنی، پیوستگی، مشتق‌پذیری، غیرمنفی بودن و غیرتهی بودن می‌باشد. پارامترهای تابع کاب—داگلاس، کشش‌های تولید نهاده‌ها را نشان می‌دهد که این تابع خصوصیت ضرورت مصرف نهاده را به وضوح نشان می‌دهد. مهم‌ترین محدودیت‌های تابع کاب- داگلاس شامل موارد زیر است:

- ثابت بودن کشش‌های تولیدی نهاده‌ها؛ به این معنی که بر اساس این تابع، کشش تولید نهاده‌ها در سطوح مختلف مصرف نهاده‌ها یکسان است و ارتباطی به مصرف نهاده‌های به کار برده شده ندارد، در حالی که در دنیای واقعی این کشش‌ها در سطوح مختلف مصرف نهاده‌ها متفاوت است.
- تابع کاب- داگلاس تنها یک تابع تولید را برای نهاده نشان می‌دهد و قادر به تعیین هر سه ناحیه تابع تولید نیست؛

در این تابع، بازده نسبت به مقیاس، بدون توجه به سطح تولید مشخص می‌شود و کشش جانشینی آن نیز برابر یک است (Arabzadeh Kafash and Borimnejad, 2014).

$$Q=AL^{\alpha}k^{\beta}E^{\lambda} \qquad (۷)$$

مطابق معادله ۷، تابع کاب- داگلاس شکل غیرخطی و نمایی دارد و لگاریتم آن، به یک تابع خطی است (معادله ۸). در این رابطه، Q مقدار تولید، L نیروی کار، K موجودی سرمایه و E انرژی است (Sajadifar and Davoodabadi, 2016).

$$\ln Q=\ln A+A\ln L+\beta\ln K+\lambda\ln E \qquad (۸)$$

بعد از انجام دو آزمون چاو و هاسمن و انتخاب داده‌های ترکیبی در مقابل داده‌های تلفیقی و انتخاب اثرات فردی ثابت در مقابل اثرات تصادفی، نتایج برآورد تابع تولید آب بر پایه تابع کاب- داگلاس مطابق جدول ۵ ارائه شد.

مطابق جدول ۵ تابع تولید صنعت آب و فاضلاب به صورت معادله ۹ تعریف می‌شود

$$Q=۱/۹۲۷+۰/۳۲۹L+۰/۴۲۴K \qquad (۹)$$

۴- تحلیل نتایج

۴-۱- نتایج برآورد تابع تولید

داده‌های جدول ۵ ضرایب جزء ثابت (۱/۹۲۷) و عامل‌های تولید (کشش‌های عامل‌های تولید) را نشان می‌دهد. بیشترین ضریب به

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۵- نتایج برآورد تابع تولید آب در صنعت آب و فاضلاب شهری

Table 5. Estimation of production function for urban water and wastewater industry

Variable	Coefficient(Elasticity)	Std. Error	Statistic	Probability
Constant(C)	1.927	0.295	6.525	0.00
Labor(L)	0.329	0.037	8.702	0.00
Capital Stock(K)	0.424	0.021	20.106	0.00
Energy(E)	0.214	0.025	8.450	0.00

جدول ۶- برخی از شاخص‌های کفایت برآورد تابع تولید آب در صنعت آب و فاضلاب شهری

Table 6. Some sufficient indices for estimating production function of urban water and wastewater industry

Index	Value
R-squared	0.827
Adjusted R-squared	0.826
F-statistic	591.79
Prob(F-statistic)	0.00
Durbin-Watson Statistic	1.872

موجودی سرمایه (۰/۴۲) اختصاص دارد و گواه این موضوع است که صنعت آب و فاضلاب یک صنعت سرمایه‌بر است و نیاز فراوان به منابع مالی دارد. بنابراین مدیریت ارشد صنعت باید بیشترین تمرکز خود را برای نگهداری وضعیت موجود سرمایه‌ها و توسعه آتی آن‌ها داشته باشد (مدیریت بر مبنای استثنا).

سهم نیروی کار نیز ضریب قابل ملاحظه‌ای دارد (۰/۳۳) و این به‌دلیل نیاز فراوان به نیروی انسانی در راهبری عملیات و بهره‌برداری است، به‌طوری که به تقریب ۵۲ درصد نیروی انسانی صنعت فقط در بخش بهره‌برداری آب فعالیت دارند. ضریب متغیر انرژی در مقایسه با سایر عامل‌ها کمتر است (۰/۲۱). همچنین احتمال آماره آزمون تمام متغیرها کمتر از ۰/۰۵ است و فرض H_0 پذیرفته نمی‌شود. بنابراین نتیجه می‌شود تمام متغیرها معنی‌دار هستند. برخی از شاخص‌های کفایت برآورد تابع تولید آب در صنعت آب و فاضلاب در جدول ۶ ارائه شده است.

مطابق جدول ۶ موارد زیر در مورد شاخص‌های کفایت برآورد تابع تولید آب در صنعت آب و فاضلاب حائز اهمیت است

- ضریب تعیین ۸۲/۷ درصد است که در سطح مطلوبی قرار دارد و نشان می‌دهد ۸۲/۷ درصد حجم تولید صنعت آب و فاضلاب به عامل‌های موجودی سرمایه، نیروی کار و انرژی اختصاص دارد و مابقی (۱۷/۳ درصد) مربوط به سایر عامل‌ها (ε) است.
- مقدار دوربین واتسون (۱/۸۷۲) از استاندارد ۱/۵ بزرگ‌تر است، لذا استقلال باقیمانده‌های مدل نتیجه می‌شود.
- احتمال آماره آزمون فیشر (تجزیه و تحلیل آنالیز واریانس) کمتر از ۰/۰۵ است، بنابراین فرض H_0 پذیرفته نمی‌شود و نتیجه‌گیری می‌شود که تابع تولید برآورد شده دارای کفایت لازم است.

۴-۲- پیش‌بینی میزان عامل‌های تولید آب

با در اختیار داشتن کشش‌های عامل‌های تولید (جدول ۵) و رابطه ۹ (درصد تغییرات عامل نیروی کار)، معادله ۱۰ (درصد تغییرات عامل موجودی سرمایه) و معادله ۱۱ (درصد تغییرات عامل انرژی) می‌توان برای سال ۱۳۹۶ میزان عامل‌های تولیدی موجودی سرمایه، نیروی کار و انرژی صنعت آب و فاضلاب کشور را پیش‌بینی کرد.

$$\frac{\Delta L}{L}=\frac{\frac{\Delta Q}{Q}}{\varepsilon_L} \qquad (۱۰)$$

که در آن

مطابق معادله فوق، $\frac{\Delta Q}{Q}$: درصد تغییرات حجم تولید، Q حجم تولید آب (میلیون مترمکعب)، $\frac{\Delta L}{L}$ درصد تغییرات نیروی کار، ε_L: کشش عامل تولید نیروی کار و L: مقدار عامل نیروی کار (نفر) است.

Archive of SID
www.SID.ir

dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.87689.2416

$$\frac{\Delta K}{K}=\frac{\frac{\Delta Q}{Q}}{\varepsilon_K} \quad (۱۱)$$

که در آن

$\frac{\Delta Q}{Q}$ درصد تغییرات حجم تولید، Q حجم تولید آب (میلیون مترمکعب)، $\frac{\Delta K}{K}$: تغییرات موجودی سرمایه، ε_K کشش عامل تولید موجودی سرمایه و K: مقدار عامل موجودی سرمایه (میلیارد ریال) است

$$\frac{\Delta E}{E}=\frac{\frac{\Delta Q}{Q}}{\varepsilon_E} \quad (۱۲)$$

که در آن

$\frac{\Delta Q}{Q}$ درصد تغییرات حجم تولید، Q حجم تولید آب (میلیون مترمکعب)، $\frac{\Delta E}{E}$ تغییرات انرژی، ε_E کشش عامل تولید انرژی و E مقدار عامل انرژی (میلیون ریال) است.

لازم به ذکر است که برای پیش‌بینی حجم تولید و عامل‌های تولیدی، ابتدا باید حجم تولید برای سال‌های ۱۳۹۶ پیش‌بینی شود. برای این منظور بر اساس اطلاعات حجم تولید سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۹۵ با شیوه رگرسیون خطی، اعمال برخی تعدیلات، مقایسه پیش‌بینی‌ها و اطلاعات موجود میزان حجم تولید آب سال ۱۳۹۶ معادل ۵،۹۵۶ میلیون مترمکعب تخمین زده شد که درصد تغییرات آن نسبت به سال ۱۳۹۵ حدود ۱/۹ درصد است

$$Q= ۴۹۰۷/۶ + ۶۴/۳۵t \quad (۱۳)$$

که در آن

Q حجم تولید و t زمان است. با استفاده از معادلات ۹ تا ۱۱ و پیش‌بینی حجم تولید آب سال ۱۳۹۶ و محاسبه تغییرات آن نسبت به سال ۱۳۹۵، درصد تغییرات عامل‌های تولید (موجودی سرمایه، نیروی کار و انرژی) برای سال ۱۳۹۶مطابق جدول ۷ پیش‌بینی شده است.

براساس جدول ۷ و کشش‌های به‌دست آمده در جدول ۵، پیش‌بینی عامل‌های تولید آب در صنعت آب و فاضلاب برای سال ۱۳۹۶ در جدول ۸ ارائه شد.

در سال ۱۳۹۶، برای تولید ۵۹۵۶ میلیون مترمکعب آب، به ۱۰۵۸۵ هزار میلیارد ریال سرمایه‌گذاری جدید، جذب ۲۶۱۷ نفر نیروی کار و صرف مخارج بیشتر به میزان ۱۲۵ میلیارد ریال برای خرید انرژی نیاز است. اطلاعات جدول ۸ نشان می‌دهد مدیریت ارشد باید برنامه‌ریزی‌های لازم را برای تأمین منابع مالی به‌منظور تجهیز و تأمین عامل‌های تولیدی انجام دهد.

۴-۳- شناسایی بهره‌وری عامل‌های تولید

شرکت‌های آب و فاضلاب شهری حدود ۴۷ درصد هزینه تمام شده از مشترکان دریافت می‌کنند، بنابراین با زیان انباشته مواجه‌اند و به لحاظ مالی دارای محدودیت‌های جدی می‌باشند. بهبود و ارتقای بهره‌وری یکی از مهم‌ترین شیوه‌های کاهش زیان به حساب می‌آید.

برای دستیابی به هدف‌های بهره‌وری لازم است تا شاخص‌های آن به صورت علمی و دقیق محاسبه شود. این پژوهش برای نخستین بار در سطح کشور با هدف تحلیل شاخص‌های بهره‌وری انجام شد.

شناسایی بهره‌وری از دو رویکرد مدل‌های پارامتریک و ناپارامتریک (مدل تحلیل پوششی داده‌ها) قابل ملاحظه است. نظر به این که ضرایب برآورد توابع تولید در دسترس است می‌توان بهره‌وری کل عامل‌های تولیدی را به شیوه پارامتریک محاسبه کرد. برای محاسبه بهره‌وری سرمایه، نیروی کار، انرژی و بهره‌وری کل عامل‌های تولید از رابطه‌های ۱۳ تا ۱۶ استفاده شده است.

جدول ۷- تغییرات عامل‌های تولید آب با تغییر حجم تولید برای سال ۱۳۹۶

Table 7. Percentage change in factor of production due to percentage change in production volume for year 2017

Year	Production volume (Million m³)	Percentage change in production volume	Percentage change in capital stock	Percentage change in labor	Percentage change in energy
2017	5956	1.90	4.481	5.775	8.879

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۸- پیش‌بینی میزان عامل‌های تولید آب در صنعت آب و فاضلاب برای سال ۱۳۹۶

Table 8. Forecast of the factor of production in urban water and wastewater Industry for Year 2017

Year	Capital stock (Billion Rial)	Number of labor	Energy (Billion Rial)
2017	10585	2617	125

شاخص‌های ارزش ستانده، موجودی سرمایه و انرژی بر اساس مطالعه وانگ و همکاران در سال ۲۰۱۷ محاسبه شده است (Wang et al. 2017). همچنین مبنای محاسبه بهره‌وری کل عامل‌های تولید، پژوهش ماتبوا و شیبابا در سال ۲۰۱۵ و مولینوس و همکاران در سال ۲۰۱۶ بوده است (Matebua and Shibabawb 2015; Molinos Senante et al. 2016)

$$\text{بهره‌وری سرمایه} = \frac{\text{ارزش ستانده به قیمت سال پایه ۱۳۹۰}}{\text{ارزش موجودی سرمایه به قیمت سال پایه ۱۳۹۰}} \quad (۱۳)$$

$$\text{بهره‌وری نیروی کار} = \frac{\text{ارزش ستانده به قیمت سال پایه ۱۳۹۰}}{\text{تعداد نیروی کار}} \quad (۱۴)$$

$$\text{بهره‌وری انرژی} = \frac{\text{ارزش ستانده به قیمت سال پایه ۱۳۹۰}}{\text{هزینه انرژی به قیمت سال پایه ۱۳۹۰}} \quad (۱۵)$$

$$\text{بهره‌وری کل} = \frac{\text{ارزش ستانده به قیمت سال پایه ۱۳۹۰}}{\alpha L+\beta K+\lambda E} \quad (۱۶)$$

برای محاسبه شاخص‌های بهره‌وری لازم است اطلاعات ارزش ستانده، موجودی سرمایه، تعداد نیروی انسانی و هزینه انرژی جمع‌آوری و استخراج شود. در ادامه نحوه جمع‌آوری و محاسبه اطلاعات تشریح شده و خلاصه آن در جدول ۱۰ ارائه شده است.

- **ارزش ستانده به قیمت ثابت سال ۱۳۹۱:** ارزش ستانده به قیمت ثابت سال ۱۳۹۱ از حاصل‌ضرب حجم فروش خالص آب در متوسط قیمت فروش یک متر مکعب آب در سال ۱۳۹۱ به‌دست آمد.
- **ارزش موجودی سرمایه به قیمت ثابت سال ۱۳۹۱:** مطابق استاندارد بین‌المللی حسابداری شماره ۱۱ (دارایی‌های ثابت مشهود) اجزای بهای تمام شده دارایی ثابت مشهود شامل برآورد اولیه مخارج پیاده‌سازی و برچیدن دارایی و بازسازی محل نصب آن از بابت تعهدی است که در زمان تحصیل دارایی تقبل می‌شود. در زمان تحصیل دارایی، این مخارج و تعهد مرتبط با آن بر اساس ارزش فعلی اندازه‌گیری می‌شود. با توجه به فرض "تداوم فعالیت"، اصل "بهای تمام شده تاریخی" و اصل "تطابق درآمد با هزینه" موجودی سرمایه به قیمت‌های تاریخی و به قیمت ارزش دفتری در حساب‌ها ثبت و گزارش می‌شود. به این منظور در این پژوهش ابتدا با استفاده از "شاخص‌های تعدیل آحاد بهای سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی" موجودی سرمایه شرکت‌های آب و فاضلاب شهری به روز شده و سپس برای محاسبه موجودی سرمایه به قیمت ثابت سال، موجودی سرمایه به روز شده بر شاخص کالاهای سرمایه‌ای تقسیم شد. لازم به ذکر است که سال پایه شاخص کالاهای سرمایه‌ای سال ۱۳۹۱ در نظر گرفته شد.
- **هزینه انرژی به قیمت ثابت سال ۱۳۹۱:** هزینه انرژی به قیمت ثابت سال ۱۳۹۱ از حاصل‌ضرب حجم برق مصرفی در متوسط قیمت خرید یک کیلو وات ساعت برق در سال ۱۳۹۱ به‌دست آمده است.

با تقسیم اطلاعات هر ستون جدول ۹ بر اطلاعات سال ۱۳۹۱ شاخص‌های ارزش ستانده، موجودی سرمایه، نیروی کار و انرژی محاسبه شد. با استفاده از این شاخص‌ها و معادلات ۱۳ تا ۱۶ شاخص‌های بهره‌وری عامل‌های تولید و بهره‌وری کل عامل‌های تولید محاسبه و در جدول ۱۰ ارائه شده است.

در جدول ۱۰ مشاهده می‌شود که بهره‌وری سرمایه در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ افزایش و در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ کاهش داشته است. این موضوع می‌تواند به‌دلیل این باشد که در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ دارایی‌های در جریان تکمیل بخش آب در این سال‌ها به بهره‌برداری رسیده و با ایجاد ارزش ستانده همراه بوده است. در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ میزان ایجاد دارایی‌های در جریان تکمیل افزایش داشته و سبب شده است که بهره‌وری سرمایه کاهش یابد. بهره‌وری نیروی کار از سال ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۵ تغییرات چندانی نداشته و ثابت مانده است. تغییرات جزیی بهره‌وری نیروی کار بیشتر از جذب و ریزش نیروی انسانی ناشی شده است. بهره‌وری انرژی از سال ۱۳۹۲ روند کاهشی داشته و در سال ۱۳۹۵ به کمترین مقدار خود رسیده است. این موضوع نشان می‌دهد که برنامه‌های شرکت‌های آب و فاضلاب شهری برای کاهش مصرف انرژی در فرایند تولید با موفقیت همراه نبوده است و این شرکت‌ها

Archive of SID
www.SID.ir

dx.doi.org/10.22093/wwj.2017.87689.2416

جدول ۹- ارزش ستانده و عامل‌های تولید به قیمت سال ۱۳۹۱ صنعت آب و فاضلاب طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۱

Table 9. Data of output value and factor of production for urban water and wastewater industry, 2012-2016 (base year 2012)

Year	Output Value (Billion Rial)	Number of labor	Capital stock (billion Rial)	Energy (Billion Rial)
2012	9926	42331	222693	698
2013	10495	41911	224866	598
2014	11029	45262	226400	527
2015	11261	44795	242527	611
2016	11505	45321	247955	623

جدول ۱۰- بهره‌وری عامل‌های تولید و کل عامل‌های تولید در صنعت آب و فاضلاب شهری طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۱

Table 10. Productivity of factor of production and total factor productivity (TFP) for urban water and wastewater industry (2012-2016)

Year	Output value index	Capital stock index	Labor index	Cost of energy index	Capital productivity	Labor productivity	Energy productivity	TFP
2012	100	100	100	100	100	100	100	100
2013	106	86	99	93	123	107	113	115
2014	111	75	107	103	147	104	108	120
2015	113	88	106	105	129.6	107	109	116
2016	116	89	107	120	129.3	108	97	113

لازم است که برنامه‌های جامع و مدونی برای بهینه‌سازی مصرف انرژی طراحی و اجرا نمایند. بهره‌وری کل عامل‌های تولید در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ افزایش داشته و در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ با کاهش همراه بوده است. کاهش این شاخص در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ ناشی از کاهش بهره‌وری سرمایه و انرژی و ثابت بودن بهره‌وری نیروی کار بوده است. همچنین برای این کاهش می‌توان به‌دلایل تعیین قیمت فروش آب کمتر از قیمت تمام شده توسط دولت (اقتصاد دستوری)، افزایش فزاینده و پرشتاب تقاضای آب، کاهش فناوری تولید، کاهش سرمایه‌گذاری در بخش آب، و عدم امکان اعمال بنگاه‌داری اقتصادی اشاره نمود.

۵- نتیجه‌گیری

- نیل به سیاست‌های هدف‌گذاری شده مستلزم شناسایی وضعیت موجود، برنامه‌ریزی و پیش‌بینی فعالیت‌ها و وجود اطلاعات است. در این راستا دسترسی به اطلاعاتی که ناشی از تجزیه و تحلیل علمی باشد، بسیار مؤثر خواهد بود. تئوری‌ها و مدل‌های کمّی از جمله علم اقتصاد، از مطمئن‌ترین شیوه‌هایی هستند که با در نظر گرفتن تمامی جوانب از جمله محدودیت‌ها، اطلاعات لازم را در اختیار مدیریت قرار می‌دهند. از این‌رو مدل‌های علمی قادر به تولید اطلاعات با ضریب اطمینان بسیار، شناسایی نقاط ضعف، تحلیل وضعیت موجود و آینده تولید برای بهبود و افزایش فعالیت‌ها می‌باشند.
- مطابق ضریب‌های برآورد تابع تولید آب در صنعت آب و فاضلاب بیشترین سهم عامل تولید به موجودی سرمایه اختصاص دارد. ارزش دفتری موجودی سرمایه در بخش آب در پایان سال مالی ۱۳۹۴ معادل ۲۵۳/۷ هزار میلیارد ریال گزارش شده است. بنابراین استفاده بهینه از موجودی سرمایه (تأسیسات، تجهیزات و مستحدثات) نقش زیادی در برنامه‌ریزی‌های و افزایش بهره‌وری

Archive of SID
www.SID.ir

صنعت در فرایند تأمین و توزیع دارد. در این زمینه انجام فعالیت‌های زیر می‌تواند بسیار کارگشا باشد

- تبدیل پروژه‌های در جریان ساخت (غیرمؤثر) به دارایی‌های قابل بهره‌برداری.
- جایگزینی دارایی‌های راکد با دارایی‌های مؤثر.
- سرعت بخشیدن و اولویت تکمیل و ساخت پروژه‌های در جریان ساخت.
- برنامه‌ریزی جامع به‌منظور استقرار مدیریت دارایی‌ها برای استفاده بهینه از سرمایه‌گذاری‌ها، افزایش طول عمر مفید و کاهش هزینه‌های تعمیرات.
- امکان‌سنجی و مطالعات اقتصادی قبل از اجرای پروژه‌ها.

• لازمه بقای شرکت‌های آب و فاضلاب، حفظ سرمایه، مدیریت هزینه‌ها و تأمین منابع مالی برای توسعه فعالیت‌ها است، زیرا وقتی کنترل قیمت‌های فروش برای تأمین حداقل رفاه و بهداشت عمومی تحت کنترل مستقیم دولت است، تلاش برای کنترل هزینه‌ها و تأمین منابع سرمایه و توسعه پایدار از عمده‌ترین راهبردهای صنعت آب و فاضلاب است.

• با توجه به این که نیروی انسانی مهم‌ترین عامل در بهبود بهره‌وری می‌باشد و عامل‌های فردی، شغلی، سازمانی و محیطی در بهره‌وری آن مؤثر می‌باشند، بنابراین مدیران باید با شناخت اهمیت عامل فوق، تدابیر لازم را برای ارتقای آن به عمل آورند.

• دسترسی به اطلاعات قطعی برای پیش‌بینی فعالیت‌ها و کاهش ریسک در راستای تصمیم‌گیری، همواره یکی از آرزوهای مدیریت است. مدل‌های کمی از جمله تئوری‌های علم اقتصاد در این زمینه می‌توانند اطلاعات با ارزشی را با قطعیت در اختیار مدیریت قرار بدهند. گرچه کاربرد مدل‌های علمی از جمله برآورد تابع تولید نیاز به جمع‌آوری داده‌های فراوان و تخصص‌های علمی دارد، اما مزایای بسیار کاربرد آن‌ها، مشکلات تدوین را توجیه می‌نماید و توصیه می‌شود تمام سازمان‌ها کاربرد این مدل‌ها را به صورت نظام یافته در نظر بگیرند.

References

Arabzadeh Kafash, P. & Borimnejad, V. 2014. Assessment of the wheat production productivity using Cobb-Douglas production function. *Eighth Iranian National Congress of Agricultural Engineering (Biosystems) and Mechanization*, Mashhad, Iran. (In Persian)

Davoodabadi, M. & Ghanadi, M. 2013. *Comprehensive manual for economic and financial management*, Eshragh Poyeh Mehr Management. Publication, Tehran, Iran. (In Persian)

Da Silva e Souza, G., De Faria, R.C. & Moreira,T. B. 2007. Estimating the relative efficiency of brazilian publicly and privately owned water utilities: a stochastic cost frontier approach , *Journal American Water Resources Association*, 43(5), 1237-1244.

Fegheh Majidi, A. & Ebrahimi, S. 2014. *Applied panel data econometrics*, Nore Elm Publication, Tehran, Iran. (In Persian)

Garcia, S. & Reynaud, A. 2004. Estimating the benefits of efficient water pricing in France. *Resource and Energy Economics*, 26, 1-25.

Matebua, M. & Shibabawb, M. 2015. Partial and total productivity measurement models for garment manufacturing firms. *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 9(3), 167-176.

Maziotis, A., Saal, D., Thanassoulis, E. & Molinos-Senante, M. 2014. Profit, productivity and price performance changes in the water and sewerage industry: An empirical application for England and Wales. *Clean Technology and Environmental Policy*, 17 (4), 1005-1018.

Molinos-Senante, M. & Sala-Garrido, R. 2015. The impact of privatization approaches on the productivity growth of the water industry: A case study of Chile. *Environmental Science and Policy*, 50, 166-179.

Molinos-Senante, M., Maziotis, A. & Sala-Garrido, R. 2016. Assessment of the total factor productivity change in the English and Welsh water industry: A Färe-primont productivity index approach. *Water Resources Management*, 31 (8), 2389-2405.

Archive of SID
www.SID.ir

Renzetti, S. 1992. Evaluating the welfare effects of reforming municipal water prices. *Journal of Environmental Economics and Management*, 22**,** 147-192.

Sajadifar, S.H. & Davoodabadi, M. 2016. *Urban water economics*, Nevisendeh Publication, Arak, Iran. (In Persian)

Sajadifar, S.H., Pakroh, Sh., Ghane, A. & Fathi, B. 2016. Effecitive drinking water pricing, a case study of Arak City. *Journal of Water and Wastewater*, 28 (1)**,** 95-103. (In Persian)

Wang, H., Ang, B.W., Wang, Q.W. & Zhou, P. 2017. Measuring energy performance with sectoral heterogeneity: A non-parametric frontier approach. *Energy Economics*, 62**,** 70-78.

Website of National Water and Wastewater Engineering Company of Iran, <htpp//www.nww.ir>. (Apr. 2017).

Archive of SID

www.SID.ir