Journal of Water & Wastewater
Science & Engineering (jwwse)
Vol. 3, No. 2., PP. 14-22, Summer 2018
DOI: 10.22112/jwwse.2018.127185.1079

نشریه علوم و مهندسی
آب و فاضلاب
سال سوم، شماره ۲، صفحات ۱۴-۲۲، تابستان ۱۳۹۷

Estimation the Marginal Cost of Production of Drinking Water in Tehran

Fateme Molaei[1]* and Morteza Tahamipour[2]
1- M.A. in Economic Systems Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
2- Assistant Professor, Faculty of Economics and Political Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
* Corresponding Author, Email: fa.molaei67@gmail.com

Received: 16/4/2018
Revised: 24/7/2018
Accepted: 18/8/2018

Abstract

The main objective of this paper is to determine the cost structure of the companies in charge of water production and distribution and to estimate the marginal cost of production of drinking water in Tehran. For this purpose, the Translog cost function is used to estimate the cost of production, transmission and distribution of water in Tehran Water and Wastewater Company. Analysis framework is based on a seemingly unrelated regression system. Time series data for the period of 1997-2012 has been used in this study. The results indicated that the labor, raw materials and other services inputs are substitute sand labor and capital inputs are complements. Results also showed that product cost elasticity is greater than unit and a diminishing returns to scale exists in Tehran Water and Wastewater Company. Finally, by using the calculated parameters and objective of minimizing the total cost of production, transmission and distribution of drinking water, the optimal production capacity in drinking water is calculated for Tehran. The results showed that, the optimal production capacity in Tehran drinking water is 376.15 MCM per year.

Keywords: Drinking water, Optimal production capacity, Return to scale, Stretching the production cost of the product, Time series data, Translog cost function.

برآورد هزینه نهایی تولید آب شرب شهر تهران

فاطمه مولائی[1]* و مرتضی تهامی‌پور[2]
۱- کارشناسی ارشد رشته برنامه‌ریزی سیستم‌های اقتصادی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
۲- استادیار و عضو هیئت علمی دانشکده اقتصاد و علوم سیاسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
*نویسنده مسئول، ایمیل: fa.molaei67@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۲۷
تاریخ اصلاح: ۱۳۹۷/۰۵/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۲۷

چکیده

هدف اصلی این مقاله تعیین ظرفیت تولید بهینه آب در مصارف شرب شهر تهران است. به‌این منظور از فرم تابع هزینه ترانسلوگ برای برآورد تابع هزینه تولید، انتقال و توزیع آب در شرکت آب و فاضلاب استان تهران استفاده شده است. چارچوب تجزیه و تحلیل برمبنای سیستم معادلات به‌ظاهر نامرتبط است و از داده‌های سری زمانی مربوط به دوره ۱۳۷۶-۱۳۹۳ استفاده شده است. نتایج حاصل از تحقیق، نشان‌دهنده جانشین بودن نهاده‌های نیروی کار، مواد اولیه و سایر خدمات و مکمل بودن نهاده‌های نیروی کار و سرمایه است. نتایج محاسبه کشش هزینه تولید نسبت به محصول و شاخص بازدهی نسبت به مقیاس، نشان‌دهنده این است که کشش هزینه تولید نسبت به محصول بزرگ‌تر از یک بوده و بازدهی نزولی نسبت به مقیاس در شرکت آب و فاضلاب استان تهران وجود دارد. نهایتاً با بهره‌گیری از پارامترهای محاسبه شده و شرط حداقل‌سازی هزینه کل تولید، انتقال و توزیع آب شرب، ظرفیت تولید بهینه آب در مصارف شرب شهر تهران محاسبه شده است. نتایج نشان داد که ظرفیت تولید بهینه آب شرب شهر تهران ۳۷۶/۱۵ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ظرفیت تولید بهینه، تابع هزینه ترانسلوگ، داده‌های سری زمانی، آب شرب، کشش هزینه تولید نسبت به محصول، بازدهی نسبت به مقیاس.

۱- مقدمه

استان تهران با وسعتی حدود ۱۳۶۹۲ کیلومتر مربع (۰/۸۸ درصد مساحت کشور) دارای اقلیم خشک تا نیمه‌خشک است. این استان با حجم منابع آب تجدیدشونده حدود ۳/۴ درصد کشور، بیش از ۱۸/۶ درصد از جمعیت کشور را در خود جای داده است (گزارش سیمای آب شرکت آب منطقه‌ای تهران، ۱۳۹۲). میزان بارش استان تهران در سال آبی ۱۳۹۲-۱۳۹۳، ۲۴۳ میلیمتر بوده است که نسبت به سال آبی پیش از آن ۱۴ درصد کاهش داشته است. همچنین آمار نمایان‌گر بیش از ۳۰ درصد کاهش در مقایسه با دوره متوسط بلندمدت ۴۷ ساله است (شرکت آب منطقه‌ای تهران، ۱۳۹۳). آلودگی قابل توجه منابع محدود آب، راندمان پائین تاسیسات توزیع و انتقال آب در بخش شرب و کشاورزی، افت کمی و کیفی آبخوان‌های استان به جهت تشدید میزان برداشت بی‌رویه، عدم تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، بروز پدیده فرونشست زمین و شرایط نامطلوب استان از منظر شاخص بهره‌مندی جمعیت از تاسیسات جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب و غیره نشان‌دهنده شرایط پرمخاطره و بحرانی استان است و موجب تمرکز دولت‌مردان و عوامل مربوطه بر روی مدیریت تقاضا و عرضه منابع آبی می‌شود. Awad (2012) معتقد است که باید با آب به‌عنوان یک منبع اقتصادی برخورد شود و این امر برای ارتقای کارایی اقتصادی استفاده از آب الزامی است. بنابراین لازم است سیاست‌هایی اتخاذ شود تا هم نیازهای شرب، بهداشت و ... کلیه افراد جامعه تأمین شده و هم به منابع آبی فشار وارد نشود. یکی از این سیاست‌ها، سیاست قیمت‌گذاری است. در حال‌حاضر نظام تعرفه در کشور، نظام بلوکی فزاینده است و مشترکین آب شرب به دو بخش خانگی و غیرخانگی تفکیک و مشترکین خانگی در ده طبقه مصرف دسته‌بندی می‌شوند. قیمت تمام شده هر مترمکعب آب شرب در سال ۱۳۹۳ (۷۹۸۱ ریال) با متوسط وزنی تعرفه پرداختی کلیه طبقات مصرف (۲۸۸۵ ریال) فاصله زیادی دارد (شرکت آب و فاضلاب استان تهران، ۱۳۹۳). بنابراین هزینه‌های تولید و توزیع آب توسط درآمد حاصل از فروش آب پوشش داده نمی‌شود و باید تعرفه‌های جاری آب در طبقات مختلف مصرف اصلاح شود تا به تعرفه‌های بهینه نزدیک و رفاه اقتصادی حداکثر شود. دانستن ساختار هزینه‌های عرضه آب از آن جهت ضروری است که در کشورهای کم‌درآمد فشار فزاینده‌ای بر روی شبکه‌های عرضه آب وجود دارد و بنگاه‌های متولی عرضه و تأمین آب تحت نظارت مستقیم دولت هستند. بنابراین، مدیریت صحیح این شبکه‌ها از اهمیت حیاتی برخوردار است (خداپرست مشهدی و همکاران، ۱۳۹۳). یکی از راهکارهای موثر برای مدیریت صحیح شبکه‌های تولید، انتقال و توزیع آب تعیین ظرفیت بهینه تولید آب در این شبکه‌ها است. با این امر هزینه‌های تولید، انتقال و توزیع آب شرب حداقل شده و بنگاه‌ها از ضرر و زیان‌های گزافی که ممکن است به دلیل وجود شرایط انحصار طبیعی، بازدهی کاهنده نسبت به مقیاس تولید، تأسیسات و شبکه‌های فرسوده و مستهلک موجود و ... به آن‌ها تحمیل شود، مصون می‌مانند. خداپرست مشهدی و همکاران (۱۳۹۳) ساختار هزینه بنگاه دو محصولی در استان مرکزی با استفاده از داده‌های مربوط به دوره زمانی ۱۳۸۵-۱۳۹۰ و به‌کارگیری تابع ترانسلوگ مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که نیروی کار و سرمایه در فرآیند عرضه آب جانشین بوده و صرفه‌های ناشی از مقیاس در بخش غیرخانگی در شهرهای صنعتی استان مرکزی وجود دارد. در مطالعه میزبان و کریمی (۱۳۹۱)، ساختار هزینه فرآیند عرضه آب شرکت آب و فاضلاب شیراز با استفاده از داده‌های سری زمانی فصلی ۱۳۷۸-۱۳۸۵ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که بازدهی کاهنده نسبت به مقیاس در شرکت مذکور وجود دارد. همچنین شاخص پیشرفت تکنولوژی حاکی از کاهش هزینه درنتیجه پیشرفت تکنولوژی و شاخص رشد بهره‌وری نشان‌دهنده وجود رشد بهره‌وری در طول دوره مورد مطالعه است. Kim (1987) در مطالعه‌ای، به بررسی یک تابع هزینه چندمحصولی، با استفاده از داده‌های تابلویی ۶۰ شرکت تسهیلات آب آمریکا و تابع هزینه ترانسلوگ پرداخت. نتایج نشان داد در بیشتر مقادیر تولید، بازدهی صعودی نسبت به مقیاس وجود دارد. Fara (2005) تابع تولید کاب داگلاس شرکت‌های دولتی و خصوصی عرضه آب در برزیل را با روش حداکثر راست‌نمایی برآورد نمود. نتایج نشان داد که شرکت‌های خصوصی عرضه آب نسبت به شرکت‌های دولتی از کارایی بیشتری برخوردارند. Martinz Fortunato and Coelho (2006) فرم تابعی درجه سوم تابع هزینه آب و فاضلاب در کشور پرتغال در سه سطح، تولید متوسط صنعت، تولید در حداقل مقیاس کارا و تولید در مقیاس بزرگ را با روش حداقل مربعات معمولی برآورد کردند. نتایج نشان داد که برای تولید

در مقیاس متوسط صنعت و تولید در مقیاس بزرگ، هزینه نهایی عرضه آب از هزینه نهایی جمع‌آوری فاضلاب بزرگ‌تر است. درحالی که در سطح تولید در حداقل مقیاس کارا عکس حالت مذکور اتفاق می‌افتد. Nauges and Berg (2007) به‌منظور بررسی صرفه‌های ناشی از تراکم و صرفه‌های ناشی از مقیاس در صنعت آب در برزیل، مولدوا، کلمبیا و ویتنام تابع هزینه ترانسلوگ را به‌همراه معادلات سهم نهاده‌های تولید به‌روش رگرسیون‌های به‌ظاهر نامرتبط تکراری (SUR) برای هر کشور برآورد نمودند. نتایج نشان داد که در مولداوی، کلمبیا و ویتنام صرفه‌های ناشی از مقیاس وجود دارد که دلیلی بر انحصار طبیعی است. Wang and Wu (2011) عرضه آب شهری با مشارکت بخش خصوصی برای اجرای صنعتی شدن آب شهری با استفاده از داده‌های تابلویی برای ۳۵ شهر طی دوره ۲۰۰۸-۱۹۹۸ را در کشور چین مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد مشارکت بخش خصوصی به‌صورت قابل ملاحظه‌ای با بهبود ظرفیت تولید و نرخ پوشش آب در ارتباط است. Nnaji and Eluwa (2013) در مطالعه‌ای در خصوص بررسی وضعیت عرضه و مصرف آب در شهر نسوکا نشان دادند که اکثر مردم برای مصرف، آب بطری را ترجیح می‌دهند، اما به‌دلیل گران بودن قیمت آن، حدود ۵۵ درصد از مردم برای مصارف داخلی در فصل‌های بارانی از آب باران و در فصول کم باران ۷۲ درصد مردم برای مصرف از آب‌های تانکر استفاده می‌کنند. در مطالعات انجام شده صرفاً به برآورد تابع هزینه تولید آب، محاسبه کشش‌های خودی و جانشینی و بررسی شاخص‌های صرفه‌های ناشی از مقیاس و بهره وری و ... پرداخته شده است. بنابراین خلاء مطالعاتی محاسبه ظرفیت بهینه تولید آب در کشور وجود دارد که در این مطالعه به آن پرداخته می‌شود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- روش برآورد تابع هزینه کل

تابع هزینه کل شامل قیمت نهاده‌های تولید و مقدار تولید است. به‌طور مثال تابع هزینه آب خانگی شهری را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

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

که C: کل هزینه تولید، انتقال و توزیع، Q: مقدار آب عرضه شده، P_k: قیمت سرمایه، P_L: قیمت نیروی کار، P_M: قیمت مواد اولیه، P_S: قیمت سایر خدمات و T: متغییر روند است و به صورت ذیل تعریف می‌شود:

هزینه سرمایه: هزینه استهلاک و هزینه تعمیر و نگهداری ماشین آلات و تجهیزات.

هزینه نیروی کار: کلیه پرداختی به نیروی کار اعم از حقوق ثابت، اضافه‌کاری، نوبت کاری، پاداش، فوق‌العاده‌ها، مزایای پایان خدمت و سایر مزایا.

هزینه سایر خدمات: هزینه حمل و اجاره ماشین آلات، اجاره محل، بنزین، گازوئیل و روغن وسایط حمل و نقل و سایر هزینه‌ها.

هزینه مواد اولیه: هزینه آب خام و حق‌النظاره، مواد مصرفی و برق مصرفی.

هزینه‌های آب خام: هزینه‌هایی که برای استخراج آب از چاه پرداخت می‌شود و حق‌النظاره مربوط به هزینه آب خریداری شده از چاه‌ها و سدها که به شرکت آب منطقه‌ای تهران پرداخت می‌شود.

P_L: قیمت نیروی کار (ریال): متوسط حقوق و مزایای پرداخت شده به کارکنان به ازای هر مترمکعب آب تولیدی.

P_K: قیمت سرمایه (ریال): متوسط هزینه استهلاک و هزینه تعمیر و نگهداری ماشین آلات و تجهیزات به ازای هر مترمکعب آب تولیدی.

P_M: قیمت سایر خدمات (ریال): متوسط هزینه سایر خدمات تعدیل شده به‌ازای هر مترمکعب آب تولیدی.

P_S: قیمت مواد اولیه (ریال): متوسط هزینه مواد اولیه به‌ازای هر مترمکعب آب تولیدی.

Q: حجم تولید (میلیون مترمکعب در سال).

همچنین شکل ترانسلوگ تابع هزینه را می‌توان با به‌کارگیری بسط ناقص سری دوم تیلور به‌فرم زیر استخراج نمود:

$$\begin{aligned} LnC(P,Q,T) = {} & \alpha_0 + \alpha_Q LnQ + \frac{1}{2}\alpha_{QQ}(LnQ)^2 \\ & + \sum_{i=1}^{4}\beta_i LnP_i \; \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{4}\sum_{j=1}^{4}\beta_{ij}LnP_iLnP_j \\ & + \sum_{i=1}^{4}\delta_{iQ}LnP_iLnQ + \sum_{i=1}^{4}\beta_{Ti}LnP_iT + \\ & \theta_t T + \frac{1}{2}\theta_{tt}T^2 + \sum \alpha_{tQ}TLnQ \end{aligned}$$

$$i,j=L,K,M,S \qquad (۲)$$

برای تخمین تابع هزینه از نرم‌افزار Shazam استفاده شده است. این نرم‌افزار یکی از مشهورترین نرم‌افزارهای اقتصادی است. این نرم‌افزار در ایران در میان دانشجویان اقتصاد کشاورزی شهرت و محبوبیت بیشتری دارد اما کاربردهای این نرم‌افزار به این رشته محدود نبوده و طیف وسیعی از روش‌های اقتصادسنجی را پوشش می‌دهد. تحلیل داده‌ها، رگرسیون و تحلیل‌های سری زمانی، برآورد مدل‌های خطی و غیرخطی، آزمون فرضیه و برآورد فاصله اطمینان، تحلیل مولفه‌های اساسی و تحلیل عاملی، روش‌های پارامتریک و غیرپارامتریک، مدل‌سازی تک‌متغیره و چندمتغیره، مدل‌سازی مقطعی، برنامه‌نویسی آماری، برنامه‌نویسی ماتریسی، پیش‌بینی ایستا و پویا، شبیه‌سازی مونت کارلو و ... موارد فوق، مواردی هستند که این نرم‌افزار پوشش می‌دهد (امینی راد و مهرگان، ۱۳۹۴).

در تخمین تابع هزینه متغیر از حالت لگاریتمی‌کلیه متغیرها استفاده شده است. لازم به ذکر است که به‌منظور جلوگیری از صفر شدن دترمینان ماتریس واریانس-کوواریانس اجزای اخلال، باید یکی از معادلات سهم حذف شود. در این قسمت، قیمت سایر خدمات (PM) (با توجه به حصول بهترین برآورد) حذف شده و فرم تابع هزینه تولید، توزیع و انتقال آب در بخش خانگی، به صورت ذیل بازنویسی می‌شود:

$$\frac{LTC}{LP_M} = B0 + B1.\left(\frac{LP_L}{LP_M}\right) + B2.\left(\frac{LP_K}{LP_M}\right) + B3.\left(\frac{LP_S}{LP_M}\right) + BQ.LQ + \frac{1}{2}.BQQ.(LQ)^2 + B12.\left(\frac{LP_L}{LP_M}\right).\left(\frac{LP_K}{LP_M}\right) + B13.\left(\frac{LP_L}{LP_M}\right).\left(\frac{LP_S}{LP_M}\right) + B23.\left(\frac{LP_K}{LP_M}\right).\left(\frac{LP_S}{LP_M}\right) + \frac{1}{2}.B11.\left(\frac{LP_L}{LP_M}\right)^2 + \frac{1}{2}.B22.\left(\frac{LP_K}{LP_M}\right)^2 + \frac{1}{2}.B33.\left(\frac{LP_S}{LP_M}\right)^2 + B1Q.\left(\frac{LP_L}{LP_M}\right).LQ + B2Q.\left(\frac{LP_K}{LP_M}\right).LQ + B3Q.\left(\frac{LP_S}{LP_M}\right).LQ \quad (۳)$$

نکته قابل ذکر دیگر این است که معادلات تقاضای نهاده‌ها یا معادلات سهم همزمان با تابع هزینه متغیر تولید آب برآورد می‌شود و به‌صورت زیر است:

معادله سهم نیروی کار:

$$Sl = \beta_l + \beta_{ll}lnp_l + \beta_{lk}lnp_k + \beta_{lm}lnp_m + \beta_{ls}lnp_s + \beta_{lq}lnQ \quad (۴)$$

معادله سهم سرمایه:

$$Sk = \beta_k + \beta_{lk}lnp_l + \beta_{kk}lnp_k + \beta_{km}lnp_m + \beta_{ks}lnp_s + \beta_{kq}lnQ \quad (۵)$$

معادله سهم مواد اولیه:

$$Ss = \beta_s + \beta_{ls}lnp_l + \beta_{sk}lnp_k + \beta_{sm}lnp_m + \beta_{ss}lnp_s + \beta_{lq}lnQ \quad (۶)$$

استفاده از تابع هزینه ترانسلوگ منوط به برقراری شرایطی تحت عنوان قیود خوش‌رفتاری است که عبارتند از:

- فرض همگنی

$$\sum_{i=1}^{n}\beta_i = 1 \quad (۷)$$

$$\beta_L + \beta_K + \beta_S + \beta_M = 1 \quad (۸)$$

این فرض بیانگر این است که باید مجموع ضرایب لگاریتم قیمت‌های نهاده‌ها برابر با یک باشد.

$$\sum_{i=1}^{n}\beta_{ij} = \sum_{i=1}^{n}\beta_{ji} = \sum_{i=1}^{n}\delta_{iQ} = o \quad (۹)$$

این فرض بیانگر این است که باید مجموع ضرایب حاصل ضرب لگاریتم قیمت‌های نهاده‌ها برابر با صفر باشد.

$$\beta_{LL} + \beta_{KL} + \beta_{SL} + \beta_{ML} = 0 \quad (۱۰)$$

$$\beta_{LK} + \beta_{KK} + \beta_{SK} + \beta_{MK} = 0 \quad (۱۱)$$

$$\beta_{LS} + \beta_{KS} + \beta_{SS} + \beta_{MS} = 0 \quad (۱۲)$$

$$\beta_{LM} + \beta_{KM} + \beta_{SM} + \beta_{MM} = 0 \quad (۱۳)$$

$$\beta_{LQ} + \beta_{KQ} + \beta_{SQ} + \beta_{MQ} = 0 \quad (۱۴)$$

- فرض تقارن

$$\beta_{ij} = \beta_{ji} \qquad i \neq j \qquad i, j = 1,2,...,n \quad (۱۵)$$

$$\beta_{LK} = \beta_{KL},\ i,j = L,K,M,S \quad (۱۶)$$

$$\beta_{SM} = \beta_{MS} \quad (۱۷)$$

- یکنوا بودن نسبت به قیمت نهاده‌ها: این شرط به‌مفهوم همسو بودن جهت تغییرات قیمت نهاده‌ها و هزینه‌ها بوده و مستلزم این است که سهم برآورد شده هر نهاده از کل هزینه تولید به‌ازای تمام مشاهدات رقمی بزرگتر از صفر باشد. به این منظور، معادلات سهم هزینه با استفاده از Shephard lemma که قضیه‌ای برای استخراج تابع تقاضای جبرانی از تابع مخارج

است (Shephard,1953)، به‌صورت زیر استخراج می‌شود:

$$Si = \partial LnC(P,Q,T) \ / \partial lpi \geq O \qquad (۱۸)$$

که Si: معادله سهم، C: کل هزینه تولید، انتقال و توزیع و Q: مقدار آب عرضه شده هستند و i =L,K,M,S

$$Si = \beta_i + \sum_{i=1}^{4} \beta_j \ln p_j + \delta_{iQ} \ln Q + \beta_{ti} T \geq O \qquad (۱۹)$$

$$Sl = \beta_l + \beta_{ll} lnp_l + \beta_{lk} lnp_k + \beta_{lm} lnp_m + \beta_{ls} lnp_s + \beta_{lq} lnQ \geq 0 \qquad (۲۰)$$

$$Ss = \beta_s + \beta_{ls} lnp_l + \beta_{sk} lnp_k + \beta_{sm} lnp_m + \beta_{ss} lnp_s + \beta_{lq} lnQ \geq 0 \qquad (۲۱)$$

- مقعر بودن تابع هزینه نسبت به قیمت: برای تأمین این شرط باید مشتقات درجه دوم تابع هزینه نسبت به قیمت نهاده‌ها یک ماتریس نیمه‌معین منفی باشد. یعنی شیب تابع تقاضای نهاده‌ها نسبت به قیمت نهاده‌ها منفی باشد. چنانچه کشش‌های قیمتی خودی کمتر از صفر باشد این شرط برقرار است (Blackorby et al., 1977). روابط کشش‌های قیمتی خودی و متقاطع تقاضای نهاده‌ها در تابع هزینه ترانسلوگ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\varepsilon_{ii} = \frac{\gamma_{ii}}{s_i} + (s_i - 1) \qquad (۲۲)$$

$$\varepsilon_{ll} = \frac{\beta_{ll}}{s_l} + (s_l - 1) \qquad (۲۳)$$

$$\varepsilon_{mm} = \frac{\beta_{mm}}{s_m} + (s_m - 1) \qquad (۲۴)$$

کشش‌های قیمتی خودی تقاضای نهاده‌ها:

$$\varepsilon_{ij} = \left(\gamma_{ij} + (s_i . s_j)\right) / s_i \qquad i \neq j \qquad (۲۵)$$

$$\varepsilon_{lk} = (\beta_{lk} + (s_l \ . \ s_k)) / s_l \qquad (۲۶)$$

$$\varepsilon_{kl} = (\beta_{lk} + (s_l \ . \ s_k)) / s_k \qquad (۲۷)$$

$$\varepsilon_{ms} = (\beta_{ms} + (s_m \ . \ s_s)) / s_m \qquad (۲۸)$$

$$\varepsilon_{sm} = (\beta_{ms} + (s_m \ . \ s_s)) / s_s \qquad (۲۹)$$

کشش‌های متقاطع تقاضای نهاده‌ها:

در مورد کشش‌های قیمتی خودی تقاضای نهاده‌ها انتظار بر این است که علامت این کشش‌ها منفی باشد. چرا که تقاضای هر کالا به جز کالای گیفن (wikipedia)، با قیمت آن رابطه عکس دارد. در خصوص کشش قیمتی متقاطع تقاضا، چنانچه این کشش مثبت باشد، دو کالا یا نهاده جانشین‌اند یا در غیر این‌صورت مکمل هستند. برای تخمین مدل از روش ISUR استفاده شده است.

ISUR یا رگرسیون به‌ظاهر نامرتبط در مواردی که با معادلات ساختاری روبرو هستیم کاربرد دارد. در این سیستم هریک از معادلات متغیر وابسته مخصوص به‌خود را داشته و به‌صورت بالقوه می‌تواند مجموعه متفاوتی از متغیرهای توضیحی را در برداشته باشند. هر معادله به‌نوبه خود یک رگرسیون خطی بوده که می‌تواند به‌صورت مجزا تخمین زده شود و به‌همین دلیل این مجموعه از معادلات را به‌ظاهر نامرتبط می‌گویند. به‌عبارت دیگر منظور از سیستم معادلات، گروهی از معادلات هستند که شامل پارامترهای مجهول هستند. معادلات در سیستم می‌توانند، خطی، غیرخطی و شامل جزء اتورگرسیو باشند. نرم‌افزار Eviews برای برآورد سیستم معادلات روش‌های مختلفی را در بر دارد که یکی از آن‌ها رگرسیون‌های به‌ظاهر نامرتبط (SUR) است. این روش پارامترهای معادلات را با درنظر گرفتن وجود ناهمسانی و خودهمبستگی خطاها بین معادلات برآورد می‌کند (آموزش تخصصی اقتصادسنجی Eviews-Stata-SAS).

در این روش به‌منظور افزایش کارایی پارامترهای تخمین زده شده، معادلات تابع هزینه با معادلات سهم تقاضا هم‌زمان تخمین زده می‌شود، زیرا اولاً معادلات سهم تقاضا دارای پارامترهای یکسان هستند، ثانیا معادلات سهم از معادلات هزینه به‌دست آمده‌اند و ممکن است جزء اخلال آن‌ها با هم ارتباط داشته باشد، بنابراین بهتر است با هم تخمین زده شوند (Arkila, 1990). از طرفی چون مجموع سهم هزینه‌ها برابر واحد است ($\sum_{i=1}^{n} S_i = ۱$) بنابراین به‌منظور جلوگیری از صفر شدن دترمینان ماتریس واریانس-کوواریانس اجزاء اخلال، باید یکی از معادلات سهم حذف شود. معمولا در کارهای تجربی معادله‌ای حذف می‌شود که بهترین برآورد ممکن را به‌دست بدهد. پس از تخمین تابع هزینه و به‌دست آوردن مقدار عددی هزینه نهائی، می‌توان شاخص‌های ناشی از مقیاس و بازدهی نسبت به مقیاس را محاسبه و مورد بررسی قرار داد. از تحقیقات صورت‌گرفته در این مورد می‌توان به مرزبان و کریمی (۱۳۹۱) اشاره کرد. نتایج موید وجود بازدهی کاهنده نسبت به مقیاس در این شرکت بود. برخی از شاخص‌ها به صورت زیر تعریف می‌شود.

۲-۲-کشش هزینه نسبت به محصول

کشش هزینه نسبت به محصول نشان می‌دهد که اگر سطح تولید یک درصد تغییر کند، هزینه تولید، انتقال و توزیع آب در بخش خانگی، چند درصد تغییر می‌کند.

$$\varepsilon_{cq} = \partial \mathrm{LnTC} / \partial \mathrm{LnQ} \qquad (۳۰)$$

۲-۳- بازدهی نسبت به اندازه

بازدهی نسبت به مقیاس، نسبت تغییر در محصول وقتی همه عوامل تولید به یک نسبت تغییر می‌کند را نشان می‌دهد. این شاخص از معکوس کردن کشش هزینه نسبت به محصول حاصل می‌شود.

$$\mathrm{RTS} = \left[\partial \mathrm{LnTC} / \partial \mathrm{LnQ}\right]^{-1} = 1/\varepsilon_{cq} \qquad (۳۱)$$

اگر کشش هزینه برابر، بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از واحد باشد، بازدهی نسبت به اندازه به‌ترتیب ثابت، کاهنده یا فزاینده خواهد بود. به‌عبارت دیگر اگر کشش هزینه نسبت به محصول کوچک‌تر از واحد باشد، صرفه اقتصادی وجود دارد و کشش هزینه نسبت به محصول بزرگ‌تر از واحد، نشان‌دهنده عدم صرفه اقتصادی است (میزبان و دیگران، ۱۳۹۰). در این مطالعه از متغیرهایی استفاده شده است که از منابع مختلفی مانند شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، شرکت مهندسی آب و فاضلاب استان تهران، داده‌های بانک مرکزی و نیز داده‌های مرکز آمار ایران جمع آوری شده‌اند.

۳- نتایج و بحث

همان‌طور که گفته شد تابع موردنظر برای برآورد تابع هزینه متغیر، تابع ترانسلوگ بوده و از آن‌جایی که مجموع سهم‌ها برابر یک است، برای جلوگیری از صفر شدن دترمینان ماتریس واریانس-کوواریانس جملات پسماند (ایجاد ماتریس منفرد) یکی از سهم‌های هزینه‌ای باید حذف شود. با توجه به بررسی‌های به‌عمل آمده و تخمین حالات مختلف توابع هزینه، حذف سهم هزینه نهاده سایر خدمات (sm) بهترین برآورد را به‌دست داد، بنابراین سهم مذکور حذف شد. ضرایب برآورد شده تابع هزینه مذکور با استفاده از نرم افزار Shazam به‌صورت جدول ۱ است.

مقادیر عددی آماره R-Squared برای تابع هزینه ترانسلوگ و معادلات سهم هزینه نیروی کار، سهم هزینه سرمایه و سهم

جدول ۱- نتایج برآورد تابع هزینه کل تولید آب شرب در شهر تهران در دوره زمانی ۱۳۷۶-۱۳۹۳

متغیر		ضریب	انحراف استاندارد	آماره t
۰B	عرض از مبدأ	۰/۱۲	۰/۳۳	۰/۳۶
۱B	نسبت قیمت نیروی کار به قیمت سایر خدمات	۰/۰۹	۰/۰۶	۱/۵۹
۲B	نسبت قیمت سرمایه به قیمت سایر خدمات	۰/۱۸	۰/۰۶	۲/۰۴
۳B	نسبت قیمت مواد اولیه به قیمت سایر خدمات	۰/۳۶	۰/۰۵	۷/۱۸
BQ	حجم تولید	۱/۳۷	۰/۰۹	۱۴/۴۷
BQQ	مجذور حجم تولید	-۰/۰۵	۰/۰۱	-۳/۹۹
۱۲B	نسبت(قیمت نیروی کار به قیمت سایر خدمات) در (قیمت سرمایه به قیمت سایر خدمات)	-۰/۰۹	۰/۰۰۳	-۲۹/۶۷
۱۳B	نسبت (قیمت نیروی کار به قیمت سایر خدمات) در (قیمت مواد اولیه به قیمت سایر خدمات)	-۰/۰۳	۰/۰۰۵	-۶/۵۷
۲۳B	نسبت (قیمت سرمایه به قیمت سایر خدمات) در (قیمت مواد اولیه به قیمت سایر خدمات)	-۰/۰۴	۰/۰۰۳	-۱۲/۵۲
۱۱B	مجذور نسبت قیمت نیروی کار به قیمت سایر خدمات	۰/۲۰	۰/۰۰۵	۴۱/۵۹
۲۲B	مجذور نسبت قیمت سرمایه به قیمت سایر خدمات	۰/۲۰	۰/۰۰۵	۴۲/۴۰
۳۳B	مجذور نسبت قیمت مواد اولیه به قیمت سایر خدمات	۰/۱۲	۰/۰۰۷	۱۷/۶۹
Q۱B	نسبت قیمت نیروی کار به قیمت سایر خدمات در حجم تولید	۰/۰۲	۰/۰۰۸	۲/۸۲
Q۲B	نسبت قیمت سرمایه به قیمت سایر خدمات در حجم تولید	۰/۰۱	۰/۰۰۸	۱/۲۸
Q۳B	نسبت قیمت مواد اولیه به قیمت سایر خدمات در حجم تولید	-۰/۰۲	۰/۰۰۸	-۲/۵۵

*معنی‌داری در سطح ۱۰ درصد یا آماره t با مقدار عددی ۱/۵

هزینه مواد اولیه به‌ترتیب برابر است با ۱/۰۰، ۰/۹۹، ۰/۹۸ و ۰/۹۸ و مقدار عددی آماره D.W برای توابع و معادلات فوق به‌ترتیب برابر با ۲/۴۱، ۱/۶۴، ۱/۸۱و ۱/۹۰ هستند. با توجه به نتایج تخمین فوق و مقدار عددی آماره t کلیه ضرایب به جز ضریب مربوط به عرض از مبدأ و نسبت قیمت سرمایه به قیمت سایر خدمات در حجم تولید (به‌علت کوچک‌تر از ۱/۵ بودن آماره t) معنادار هستند. همچنین مقادیر R-Squared و D.W نشانگر برازش مناسب تابع هزینه و معادلات سهم است. برای اطمینان از قابل اتکا بودن نتایج باید آزمون‌هایی روی جمله اخلال انجام شود که به‌شرح جدول ۲ است.

- آزمون پایایی جملات اخلال: برای بررسی پایایی جملات اخلال تابع هزینه کل و همچنین معادلات سهم تقاضا از آزمون دیکی فولر استفاده شد. نتایج نشان داد که پایایی جملات اخلال را در سطح معناداری ۰/۱۰ نمی‌توان رد کرد.

- آزمون نرمال بودن جملات اخلال: آزمون نرمال بودن جمله اخلال برای تابع هزینه ترانسلوگ و معادلات سهم انجام شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده در خصوص آماره جارک-برا، مقدار احتمالات مربوطه، مقدار کشیدگی و چولگی، فرض نرمال بودن جملات خطا را در مورد معادلات مذکور در سطح معناداری ۱۰/۰ نمی‌توان رد کرد.

- بررسی پایداری ضرایب: تابع هزینه کل و معادلات سهم تقاضا چند بار در نرم‌افزار شازم برآورد شد. نتایج برآورد نشان دهنده ثبات ضرایب در تخمین‌های متوالی است.

با توجه به آزمون‌های مذکور، نتایج مدل قابل اتکا بوده و می‌توان هزینه نهائی تولید آب بخش خانگی به‌صورت زیر محاسبه کرد:

$$MC = \delta tc/\delta q = 6719 \text{ ریال}$$

۳-۱- برقرای شروط خوش‌رفتاری تابع هزینه

- اعمال شروط همگنی و تقارن: این فرض‌ها در تابع اعمال شده است.

- یکنوا بودن تابع هزینه نسبت به قیمت نهاده‌ها: همان‌طور که گفته شد فرم کلی معادلات سهم به‌صورت زیر است:

$$S_L = ۰/۱۷ \text{ ، } S_K = ۰/۲۴ \text{ ، } S_S = ۰/۲۸ \text{ ، } S_M = ۰/۳۱$$

آن‌طور که معادلات سهم هزینه فوق نشان می‌دهد، هریک از سهم‌ها بزرگ‌تر از صفر بوده و مجموع سهم‌ها یک می‌شود. بنابراین شرط یکنوا بودن تابع هزینه نسبت به قیمت نهاده‌ها برقرار است.

مقعر بودن تابع هزینه نسبت به قیمت نهاده‌ها: همان‌طور که گفته شد برای برقراری این شرط کافی است کشش‌های قیمتی خودی تقاضای نهاده‌ها دارای علامت منفی باشد. کلیه کشش‌های محاسباتی به شرح جدول ۳ است.

جدول ۲- آزمون ریشه واحد دیکی-فولر گسترش یافته جملات اخلال در تابع هزینه کل آب شرب در شهر تهران در دوره زمانی ۱۳۷۶-۱۳۹۳

متغیر	متغیر	آزمون ریشه واحد		وضعیت
		مقدار بحرانی*	آماره آزمون	
۱U	جمله اخلال تابع ترانسلوگ	-۱/۶۱	-۵/۷۰	پایا
۲U	جمله اخلال معادله سهم نیروی کار	-۱/۶۱	-۴/۶۵	پایا
۳U	جمله اخلال معادله سهم سرمایه	-۱/۶۱	-۵/۱۱	پایا
۴U	جمله اخلال معادله سهم مواد اولیه	-۱/۶۱	-۵/۱۱	پایا

*معنی‌داری در سطح ۱۰ درصد

جدول ۳- کشش‌های قیمتی خودی و جانشینی نهاده‌ها در تابع هزینه کل آب شرب در شهر تهران در دوره زمانی ۱۳۷۶-۱۳۹۳

نهاده‌ها	نیروی کار	سرمایه	مواد اولیه	سایر خدمات
نیروی کار	-۰/۳۶	-۰/۱۲	۰/۲۳	۰/۱۲
سرمایه	-۰/۰۸	-۰/۴۲	۰/۲۱	۰/۲
مواد اولیه	۰/۱۴	۰/۱۸	-۰/۵۷	۰/۲۸
سایر خدمات	۰/۰۶	۰/۱۶	۰/۲۶	-۰/۴۵

همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است تمامی کشش‌های قیمتی خودی تقاضای نهاده‌ها دارای علامت منفی بوده که به‌معنای تقعر تابع هزینه تولید آب بخش خانگی نسبت به قیمت نهاده‌ها است. همچنین کلیه کشش‌های خودی و متقاطع تقاضای نهاده‌ها کوچک‌تر از یک است که موید کم‌کشش بودن تقاضای هر نهاده نسبت به قیمت همان نهاده و سایر نهاده‌ها است. با توجه به جدول ۳ تمامی کشش‌های قیمتی متقاطع تقاضای نهاده‌ها (به استثنای کشش متقاطع تقاضای نهاده نیروی کار نسبت به قیمت سرمایه و کشش متقاطع تقاضای نهاده سرمایه نسبت به قیمت نیروی کار) دارای علامت مثبت هستند که نشان‌دهنده مکمل بودن نهاده نیروی کار و سرمایه و جانشین بودن سایر نهاده‌ها است.

- کشش هزینه نسبت به محصول: ε_{cq} = ۳/۲۸
- بازدهی نسبت به مقیاس: RTS=۰/۳۰

انتخاب اندازه مناسب بنگاه‌های جدید یا توسعه بنگاه‌های موجود در یک صنعت می‌تواند با توجه به امتیازات مقیاس صورت گیرد. از آن‌جایی که هزینه بنگاه‌ها در مقیاس‌های مختلف تولید متفاوت است، انتخاب مناسب مقیاس و ظرفیت در اقتصادی بودن تولید مهم است. طبق نتایج به‌دست آمده کشش هزینه نسبت به تولید در سطح میانگین برابر ۳/۲۸ و شاخص بازدهی نسبت به مقیاس برابر ۰/۳۰ است. نتایج حاصل از محاسبات انجام شده بیان‌کننده این مطلب است که بنگاه موردنظر با زیان‌های ناشی از مقیاس مواجه است. به‌عبارتی منحنی هزینه در ناحیه صعودی متوسط عمل می‌کند و با افزایش سطح تولید، هزینه متوسط افزایش می‌یابد. در نتیجه این شرکت دارای بازدهی کاهنده نسبت به مقیاس تولید است که این برخلاف شرط وجودی انحصار طبیعی است. وجود بازدهی کاهنده نسبت به مقیاس به‌دلیل وجود تأسیسات و شبکه‌های تولید، انتقال و توزیع آب مستهلک و فرسوده، منطقی است.

۳-۲- محاسبه ظرفیت بهینه تولید آب شرب در شهر تهران

تولید بهینه در ناحیه دو اتفاق می‌افتد و حداقل هزینه متوسط (حداکثر تولید متوسط) نقطه آغازین این ناحیه است. بنابراین برای محاسبه تولید بهینه باید هزینه متوسط تولید حداقل شود. لذا:

$$\frac{\partial \ln AC}{\partial \ln q} = \frac{\partial AC}{\partial q} \cdot \frac{q}{AC} \longrightarrow \frac{\partial AC}{\partial q} = \frac{\partial \ln AC}{\partial \ln q} \cdot \frac{AC}{q} \longrightarrow$$

q= ۳۷۶/۱۵ میلیون مترمکعب

داده‌های مربوط به تولید آب شرب در سال ۱۳۹۳، بیانگر تولید ۱۳۸۹ میلیون مترمکعب آب در این سال بوده و متوسط تولید آب شرب در دوره زمانی مربوط به سال‌های ۱۳۷۶-۱۳۹۳ برابر با ۱۱۸۹ میلیون مترمکعب است. همچنین تولید بهینه آب شربی که هزینه متوسط را حداقل می‌کند، به میزان ۱۵/۳۷۶ میلیون مترمکعب است. بنابراین این ارقام نشان‌دهنده آن است که باید در قیمت‌گذاری آب شرب به این موضوع توجه شود که در صورتی که بخواهیم با قیمت‌های کنونی، شرکت‌های آب و فاضلاب زیان‌ده نباشند، لازم است تولید آن‌ها به‌شدت کاهش یابد (به میزان ۸۱۳ میلیون مترمکعب). اما از آن‌جا که کاهش این حجم تولید با توجه به نیاز مشترکین در کوتاه‌مدت امکان‌پذیر نیست، لازم است تا تعرفه‌های آب اصلاح شود تا هزینه‌های شرکت‌های آب و فاضلاب را به‌صورت کامل پوشش دهد.

۴- نتیجه‌گیری

براساس محاسبات، شرکت آب و فاضلاب استان تهران فاقد صرفه‌های ناشی از مقیاس است. به‌عبارت دیگر بازدهی کاهنده نسبت به مقیاس در این شرکت وجود دارد و این می‌تواند به‌دلیل وجود تأسیسات و شبکه‌های فرسوده و مستهلک تولید، توزیع و انتقال آب باشد. در نتیجه به‌کارگیری تجهیزات جدید و بازسازی خطوط آبرسانی (در راستای کاهش هدررفت شبکه) می‌تواند اثر قابل‌توجهی در کاهش هزینه تولید هر مترمکعب آب در بخش خانگی داشته باشد. در حال حاضر، از آن‌جایی که بنگاه در قسمت صعودی تابع هزینه متوسط بلندمدت تولید می‌کند، باید تولید کاهش یابد تا در نقطه حداقل هزینه متوسط بلندمدت قرار گیرد. همان‌طور که تولید بهینه محاسبه شده نشان می‌دهد برای این‌که بنگاه تولید، انتقال و توزیع آب شرب با هزینه متوسط حداقل مواجه باشد؛ لازم است تولید در سطح ۳۷۶/۱۵ میلیون مترمکعب صورت گیرد. در صورتی‌که تولید بنگاه بیشتر یا کمتر از عدد مذکور باشد؛ هزینه متوسط تولید، انتقال و توزیع آب در سطح حداقل نخواهد بود. مقدار تولید

بهینه محاسبه شده در مقایسه با مقدار آب مورد نیاز برای مصرف شرب جمعیت شهر تهران (۹۵۱ میلیون مترمکعب) (شرکت آب منطقه‌ای تهران، ۱۳۹۴)، عدد کوچکی است و تولید آب در سطح تولید بهینه موجب می‌شود نیازهای اساسی شرب، بهداشت و ... تأمین نشود. نکته قابل‌توجه دیگر این است که براساس محاسبات، کشش‌های متقاطع تقاضای نهاده‌ها موید جانشین بودن نهاده‌های نیروی کار، سرمایه، مواد اولیه و سایر خدمات (به‌استثنای نهاده نیروی کار و سرمایه که مکمل همدیگر هستند) است. با توجه پایین بودن کشش متقاطع تقاضا بین نهاده‌ها (بالاترین مربوط به کشش جانشینی مواد اولیه به‌جای سایر خدمات با رقم ۰/۲۸ درصد است) اعمال تغییرات قیمت تأثیر چندانی بر تغییر تقاضای یک نهاده نخواهد داشت. به‌عبارت دیگر استفاده از ابزار قیمت در راستای اجرای سیاست‌های کاهش یا افزایش مصرف نهاده جانشین چندان کارامد نخواهد بود.

۵- مراجع

خداپرست مشهدی، م.، فطرس، م.ح.، و فتحی، ب.، (۱۳۹۴)، «بررسی ساختار تابع هزینه بنگاه دو محصولی (مطالعه موردی شرکت آب و فاضلاب استان مرکزی)»، *فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۴(۱۴)، ۲۱۷-۱۹۳.

شرکت آب منطقه‌ای تهران، (۱۳۹۳)، *ماهنامه داخلی پیام آب*.

فلاحتی، ع.، سهیلی، ک.، و واحدی، م.، (۱۳۹۱)، «قیمت‌گذاری اقتصادی آب در بخش کشاورزی به‌روش رمزی»، *فصلنامه پژوهش‌های اقتصاد و توسعه کشاورزی*، (۲۶)۲، ۱۳۴-۱۴۰.

فلاحی، م.ع.، انصاری، ح.، داوری، ک.، و صالح‌نیا، ن.، (۱۳۸۸)، «قیمت‌گذاری آب شرب شهری براساس الگوی رمزی (مطالعه موردی شهر نیشابور)»، *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، (۳۸)۱۳، ۲۱۷-۲۴۲.

لطفعلی‌پور، م.ر.، و غمخوار، ق.، (۱۳۸۸)، «قیمت‌گذاری بهینه گاز طبیعی در شرکت خراسان بزرگ با استفاده از روش رمزی»، *مجله دانش و توسعه*، (۲۷)۱۶، ۲۳-۴۹.

مرزبان، ح.، و کریمی، ل.، (۱۳۹۱)، «بررسی ساختار هزینه فرآیند عرضه آب (مطالعه موردی شرکت آب و فاضلاب شیراز)»، *مجله آب و فاضلاب*، ۲۳(۳)، ۶۸-۷۷.

مهرگان، ن.، و امینی‌راد، م.، (۱۳۹۴)، *کاربرد نرم‌افزار شازم در اقتصادسنجی و اقتصاد مالی*، انتشارات نور علم.

Awad, I., (2012), "Using econometric analysis of willingness-to-pay to investigate economic efficiency and equity of domestic water services in the West Bank", *Journal of Socio-Economics*, 41(5), 485-494.

Blackorby, C., Primont, D., and Russel, R.R., (1977), "On testing separatability restrictions with flexible functional forms", *Journal of Econometrics*, 5(2), 195-209.

Coelho Faria, R., Da Silva Souza, G., and Belchior Moreira, T., (2005), "Public versus private water utilities: Empirical evidence for Brazilian companies", *Journal of Economics Bulletin*, 8, 1-7.

http://eghtesadilam.blogfa.com

https://fa.wikipedia.org

Kim, H.Y. (1987), "Economies of scale in multi-product firms: An empirical analysis, Economica", *New Series*, 54(214), 185-206.

Martins, R., Fortunato, A., and Coelho, F., (2006), "Cost structure of the Portuguese water industry: A cubic cost function application", *< http:// gemf. Fe. Uc. Pt> (July 8, 2008).*

Nauges, C., and Van den Berg, C., (2007), "How natural are natural monopolies in the water supply and sewerage sector? Case studies from development and transition economics", *<http:// econ.worldbank.org> (Dec. 18, 2007).*

Nnaji, C.C., Eluwa, C., and Nwoji, C., (2013), "Dynamics of domestic water supply and consumption in a semi-urban Nigerian city", *Habitat International*, 40, 127-135.

Shephard, R. (1953), *Theory of cost and production functions,* Princeton University Press, Princeton, N.J.

Wang, H., Wu, W., and Zheng, S., (2011), "An econometric analysis of private sector participation in China's urban water supply", *Utilities Policy*, 19(3), 134-141.