

## Determination of Optimal Price of Domestic Water in Tehran City Using Ramsey Model

M. Tahami Pour<sup>1\*</sup>, F. Molaei<sup>2</sup> and R. Moshrefi<sup>3</sup>

### Abstract

Because of water resources scarcity and increasing demand due to population growth, water resources management plays a key role in keeping the balance between supply and demand. Economic tools such as pricing are greatly contributing in this regard. The aim of this study was to determine the optimal price of water for domestic uses in the city of Tehran. For this purpose, the Demand functions were estimated using regression analysis for different consumption levels. Water production cost was derived using Translog cost function. Suitable price was suggested based on the price elasticity of water demand and marginal cost of production, in the framework of Ramsey model for each consumption level. Data of water consumption for period of 1975-2014 in the city of Tehran was used. The results showed that the price elasticity of water demand includes the range of -0.03 to -0.42, in such a way that for higher consumption levels the price elasticity of demand increases, showing higher share of water cost in the household budget. The production final cost for one cubic meter of water is calculated as 6719 Rials. Average optimal price computed by Ramsey method was variable for different levels and price elasticity of water consumption was dependent on each level. The results indicated that the Ramsey optimal water price for using one cubic meter of water was 2209 Rials for the lowest level and 25373 Rials for the highest level. Our results suggested that, in all the levels of the water use, Ramsey price is higher than the price paid by the consumers. Therefore it is recommended to increase the price for all levels of domestic water consumption in an stepwise pattern so that it would get closer to the Ramsey Prices.

**JEL classification:** D23, D40, D40, D46, E64

**Keywords:** Water, Domestic Consumption, Ramsey Pricing, Tehran.

Received: August 31, 2016

Accepted: May 19, 2017

## تعیین قیمت بهینه آب در مصارف خانگی شهر تهران با استفاده از مدل رمزی

مرتضی تهامی پور<sup>۱\*</sup>، فاطمه مولائی<sup>۲</sup> و رسام مشرفی<sup>۳</sup>

### چکیده

با توجه به محدودیت شدید در عرضه آب و همچنین تقاضای روزافزون مصرف آب ناشی از رشد جمعیت و توسعه شهرها، امروزه مدیریت منابع آب برای ایجاد توازن بین عرضه و تقاضا از اهمیت زیادی برخوردار است. ابزارهای اقتصادی از جمله قیمت‌گذاری نقش مهمی در ایجاد این توازن دارند. بنابراین هدف این مطالعه تعیین قیمت بهینه آب برای مصارف خانگی در شهر تهران می‌باشد. برای این منظور با استفاده از تحلیل‌های رگرسیونی توابع تقاضا به تفکیک طبقات مصرف برآورد شده و همچنین در قالب الگوی ترانسلوگ تابع هزینه تولید آب تخمین زده شده است. سپس بر اساس محاسبه کشش‌های قیمتی تقاضای آب و هزینه نهایی تولید آن، در چارچوب مدل رمزی برای هر طبقه مصرف، قیمت مناسب پیشنهاد شده است. در این پژوهش از داده‌های مربوط به دوره زمانی ۱۳۹۳-۱۳۶۴ استفاده شده است. نتایج نشان داد که کشش قیمتی تقاضای آب شامل دامنه‌ای از ۰/۰۳- تا ۰/۴۲- است، به این صورت که هر چه طبقات مصرف بالاتر می‌رود، کشش قیمتی تقاضا بیشتر می‌شود. همچنین هزینه نهایی تولید هر مترمکعب آب ۶۷۱۹ ریال محاسبه شده است. نتایج بیانگر آن است که قیمت بهینه رمزی برای هر مترمکعب آب برای طبقه اول مصرف ۲۲۰۹ ریال و برای طبقه آخر مصرف ۲۵۳۷۳ ریال می‌باشد. نتایج نشان داد در همه طبقات، قیمت رمزی بیشتر از قیمت جاری است. لذا پیشنهاد می‌گردد که قیمت در همه طبقات مصرف آب خانگی بصورت پلکانی افزایش یابد تا به قیمت رمزی نزدیک شود.

**طبقه‌بندی JEL:** E ۶۴.D ۴۶.D ۴۲.D ۴۰.D ۲۳

**کلمات کلیدی:** آب، مصارف خانگی، قیمت رمزی، شهر تهران.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۶/۱۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۲/۲۹

1- Assistant Professor, faculty of economics and political science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. Email: m\_tahami@sbu.ac.ir

2- M.A. Student, Economic Systems Planning, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

3- Assistant Professor, Faculty of Economics and Political Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

\*- Corresponding Author

۱- استادیار و عضو هیئت علمی دانشکده علوم اقتصادی و سیاسی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته برنامه‌ریزی سیستم‌های اقتصادی دانشگاه شهید بهشتی

۳- استادیار و عضو هیئت علمی دانشکده علوم اقتصادی و سیاسی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

\*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان اسفند ۱۳۹۶ امکانپذیر است.

گری نشان داده شده که کشش قیمتی تقاضای آب ۰/۲۶- کشش درآمدی ۰/۰۰۰۹۵ و کشش متقاطع قیمتی ۰/۲- است، بدین معنا که آب یک کالای ضروری و مکمل به شمار می‌آید (Adibpour et al., 2014). در بررسی‌ای با هدف برآورد ارزش اقتصادی آب در مصارف شهری و روستایی استان خوزستان با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط و روش مشاهده مبادلات بازار آب، نشان داده شد که ارزش اقتصادی هر متر مکعب آب لوله‌کشی برای خانوارهای استان ۴۳۵۴ ریال و ارزش اقتصادی هر متر مکعب آب آشامیدنی تصفیه شده خریداری شده از بازار ۱۲۵۰۰۰ ریال است. همچنین مؤثرترین عوامل در میزان تمایل به پرداخت برای خانوارهای استان به ترتیب، مصرف آب در طی ماه و درآمد ماهانه است (Tahamipour et al., 2011). در بررسی‌ای با هدف قیمت‌گذاری آب شرب شهری بر اساس روش نرخی فرایند بر هر نفر نشان داده شد که مصرف آب خانواده‌های با بعد بالا در برخی موارد تا ۲۲۰ درصد بیشتر از خانواده‌های با بعد کم بوده و متعاقب آن هزینه‌های پرداختی آن‌ها نیز بیش از ۳۰۰ درصد بیشتر از خانواده‌های کم جمعیت بوده است (Ansari et al., 2011). در بررسی ساختار هزینه فرآیند عرضه آب در شهر شیراز نشان داده شد که بازدهی کاهنده نسبت به مقیاس در صنعت آب این شهر وجود داشته و هزینه‌ها در نتیجه پیشرفت تکنولوژی کاهش یافته است (Mizban et al., 2011). در محاسبه قیمت‌های رمزی برای آب شرب شهری در شهر نیشابور، تعرفه‌های بدست آمده برای بلوک‌های شش گانه مصرفی از ۲۴۰ ریال برای هر مترمکعب در بلوک اول مصرف تا ۱۲۱۶ ریال برای هر مترمکعب در بلوک ششم مصرف می‌باشد (Fallahi et al., 2009). نتایج مطالعه برآورد تابع تقاضای آب شهر جدید پردیس با استفاده از تابع مطلوبیت «استون-گری» نشان داد که کشش قیمتی تقاضا بین ۰/۸- تا ۰/۳۲۱- درصد و کشش درآمدی در بازه ۰/۱۶۵ تا ۰/۲۸۹ قرار دارد و افزایش قیمت آب در مواردی که اضافه مصرف بالاتر است، اثر بیشتری بر کاهش مصرف دارد (Sabouhi et al., 2008). مطالعه‌ای در راستای تحلیل افزایش قیمت غیرخطی مصارف خانگی آب در اسپانیا نشان داد که افزایش تعرفه به همان میزان که توسط عوامل محیطی تحت تأثیر قرار می‌گیرد، توسط عوامل مرتبط با انتخاب‌های استراتژیک تصمیم‌گیرندگان نیز متأثر می‌شود (Suárez-Varela et al., 2015). با یک بررسی از ۱۵۰۰ خانوار در پنج منطقه چوگ کینگ نشان داده شد که افزایش قابل توجهی در قیمت آب از لحاظ اقتصادی تا زمانی امکان پذیر است که به فقیرترین خانوارها یا یارانه کامل تعلق گیرد. همچنین تمایل به پرداخت مصرف‌کنندگان در سطح قیمت ۰/۵ یوان بسیار بالا (۱۰۰ درصد) و در سطح قیمت ۴ یوان بسیار پایین بود (Wang et al., 2010). در مطالعه‌ای در منطقه شهری سائوپائولو کشش قیمتی تقاضای آب بین ۰/۴۵- و ۰/۵۰- و کشش درآمدی تقاضای آب بین

میزان بارش استان تهران در سال آبی ۱۳۹۳-۱۳۹۲، ۲۴۳ میلی‌متر بوده است که نسبت به سال آبی پیش از آن ۱۴ درصد کاهش داشته است. همچنین میزان بارندگی در مقایسه با دوره متوسط بلندمدت ۴۷ ساله بیش از ۳۰ درصد کاهش داشته است (simaye abe sherkate abe mantagheei Tehran, 2014). کاهش قابل توجه بارندگی، منابع آبی نیز به شدت کاهش یافته است. از سوی دیگر، مصرف آب شرب هر نفر تهرانی در روز (شامل همه مصارف آشامیدنی و بهداشتی و ...) حدود ۲۴۰ لیتر است و مقایسه این میزان با دیگر کشورها به‌ویژه کشورهای اروپایی که حدود ۱۰۰ تا ۱۴۰ لیتر در روز مصرف دارند، نشان از مصرف بسیار بالای ساکنین شهر تهران دارد. که بیانگر این است که، حجم آب مصرفی پایتخت نشینان دو برابر استاندارد جهانی است. به طور کلی، آلودگی قابل توجه منابع محدود آب، خاک و هوا، راندمان پائین تأسیسات توزیع و انتقال آب در بخش شرب و کشاورزی، افت کمی و کیفی آبخوان‌های استان به جهت تشدید میزان برداشت بی‌رویه و عدم تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، بروز پدیده فرونشست زمین، شرایط نامطلوب استان از منظر شاخص بهره‌مندی جمعیت از تأسیسات جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب و غیره نشان دهنده شرایط پرمخاطره و بحرانی شهر تهران می‌باشد. در کشور ما در بسیاری موارد، تلاش‌هایی که جهت مهار بحران آب انجام گرفته به منظور مدیریت تقاضا از طریق تبلیغات و تلاش در جهت اشاعه فرهنگ صحیح مصرف آب بوده است، البته بدون ایجاد انگیزه‌های اقتصادی نتیجه رضایت‌بخشی را به دنبال نداشته است. قیمت‌گذاری صحیح در این زمینه هم در بخش عرضه می‌تواند به توسعه منابع جایگزین آب کمک کند و هم در بخش تقاضا می‌تواند انگیزه لازم را جهت مدیریت بهتر مصرف ایجاد کند. در مطالعه با هدف تعیین نرخ مناسب آب در مصارف شهری استان گلستان در سال ۹۱-۱۳۹۰ تحت قانون هدفمند شدن یارانه‌ها نشان داده شد که بهتر است تعرفه آب شرب در یک سیستم قیمت‌گذاری پلکانی و بر اساس ایجاد توازن بین ارزش اقتصادی و هزینه تمام شده آب تعیین شود تا مدیریت عرضه و تقاضای آب به‌صورت توأمان محقق شود (Tahami pour et al., 2015). مطالعه‌ای با هدف بررسی نقش عوامل مؤثر بر تابع تقاضای آب خانگی در شهر ایلام نشان داد که توجه صرف به متغیرهای اقتصادی در برنامه‌ریزی‌های اقتصادی مربوط به آب ما را به نتیجه مطلوب نمی‌رساند و علاوه بر متغیرهای قیمت و درآمد باید به متغیرهای دیگری نظیر ویژگی‌های خانوار، ویژگی‌های ساختمان، میزان و فشار آب در دسترس و دمای هوا نیز توجه کرد (Sayemiri et al., 2014). در مطالعه‌ای در راستای برآورد تابع تقاضای آب خانگی استان گلستان با استفاده از مطلوبیت استون-

در روابط فوق  $P$  قیمت آب،  $q$  مقدار مصرف آب،  $TC$  هزینه کل تولید آب و اندیس  $i$  نشانگر طبقات مختلف مصرفی می‌باشد. بنابراین کل رفاه ( $TW$ ) به عنوان مجموع کل منافع خالص مصرف‌کننده و تولیدکننده به شکل زیر تعریف می‌شود:

(۳)

$$TW = \sum_{i=1}^m \left[ \int_0^{q_i} p_i(q_i) dq_i - p_i q_i \right] + \sum_{i=1}^m p_i q_i - TC(q_1, q_2, q_3, \dots, q_m)$$

در این صورت قیمت‌های بهینه دوم و منحصر به فرد آن‌هایی هستند که کل رفاه را مشروط به قید سربه‌سری ( $\pi = 0$ ) حداکثر می‌نمایند. به بیان دیگر داریم:

(۴)

$$MAX: TW = \sum_{i=1}^m \left[ \int_0^{q_i} p_i(q_i) dq_i - p_i q_i \right] + \sum_{i=1}^m p_i q_i - TC(q_1, q_2, q_3, \dots, q_m) \quad (۵)$$

$$MAX: TW = \sum_{i=1}^m \int_0^{q_i} p_i(q_i) dq_i - TC(q_1, q_2, q_3, \dots, q_m) \quad (۶)$$

$$MAXL = \sum_{i=1}^m \int_0^{q_i} p_i(q_i) dq_i - TC(q_1, q_2, q_3, \dots, q_m) + \lambda \left( \sum_{i=1}^m \int_0^{q_i} p_i(q_i) dq_i - TC(q_1, q_2, q_3, \dots, q_m) \right)$$

مشروط به

$$\sum_{i=1}^m p_i q_i = TC(q_1, q_2, q_3, \dots, q_m) \quad (۷)$$

(۸)

$$\frac{\partial L}{\partial q_i} = p_i(q_i) - MC_i(q_i) + \lambda \left[ p_i + q_i \cdot \frac{\partial p_i}{\partial q_i} - MC_i \right]$$

با ساده‌سازی و مرتب‌سازی داریم:

$$p_i = MC_i(q_i) \cdot \frac{(1 + \lambda) \cdot \varepsilon_i}{(1 + \lambda) \cdot \varepsilon_i - \lambda} \quad (۹)$$

قیمت  $p$  که از رابطه فوق بدست می‌آید، قیمت بهینه دوم یا رمزی برای کالای موردنظر مربوط به مصرف‌کننده  $i$  می‌باشد. محاسبه قیمت‌های رمزی نیازمند داشتن هزینه نهایی و همچنین کشش‌های قیمتی تقاضا می‌باشد.

## ۲-۲- الگوی تجربی تخمین توابع تقاضای آب بخش خانگی

در این بخش توابع تقاضا به تفکیک طبقات مختلف مصرف (ده طبقه مصرف) با استفاده از داده‌های سری زمانی مربوط به دوره ۱۳۹۳-۱۳۶۴ و روش OLS در نرم‌افزار Eviews برآورد شده است. فرم کلی تابع و متغیرهای مورد استفاده در هر طبقه به صورت ذیل می‌باشد (Pazhuyan et al., 2000):

$$LY = C + \alpha_1 N + \alpha_2 IC + \alpha_3 TC + \alpha_4 T + U_t \quad (۱۰)$$

$LY$ : لگاریتم متوسط مصرف سالیانه آب (مترمکعب)،  $N$ : تعداد خانوار،  $INC/CPI:IC$  - متوسط درآمد حقیقی سالیانه خانوار (ریال) و از تقسیم

$۰/۳۹$  و  $۰/۴۲$  محاسبه شد. قیمت رمزی پنج طبقه مصرفی نیز در سیستم بلوکی فزاینده بین ۱ تا ۴ دلار محاسبه گردید (Garcia et al., 2004). در مطالعه قیمت‌گذاری اجتماعی آب در کته، قیمت بهینه رمزی برای بلوک‌های سه گانه مصرف تا  $۱۰۶$ ،  $۱۰۶$  تا  $۳۶۵$  و بالاتر از  $۳۶۵$  مترمکعب در سال به ترتیب برابر با  $۰/۶۲$ ،  $۰/۶۷$  و  $۰/۷۷$  دلار در ازای هر مترمکعب مصرف، محاسبه گردید (Diakite et al., 2008). مطالعات انجام شده داخلی در زمینه آب شرب صرفاً در زمینه برآورد تابع تقاضا یا هزینه و به صورت کلی بوده است. لذا در اکثر مطالعات توجه به عرضه یا تقاضای آب معطوف شده است و تنها در یک مورد قیمت بهینه آب در مصارف خانگی به تفکیک طبقات مصرف (طبقات محدود) محاسبه شده است. در حالی که ضروری است قیمت‌هایی محاسبه و اخذ شوند که ضمن توجه به هر دو سمت عرضه و تقاضا، رفاه اجتماعی را حداکثر کند. با توجه به این نکته که قیمت‌های بهینه آب در مصارف خانگی به تفکیک طبقات مصرف در کشور وجود ندارد. لذا این مطالعه به محاسبه قیمت‌های بهینه اقتصادی آب در مصارف خانگی شهر تهران، با در نظر گرفتن توابع تقاضا و هزینه و شرط حداکثر شدن رفاه اجتماعی می‌پردازد. این پژوهش در راستای بررسی فرضیه وجود اختلاف بین قیمت‌های بهینه و قیمت‌های جاری انجام شده و کلیه طبقات مصرف را در بر می‌گیرد.

## ۲- روش تحقیق

در کشورهای مختلف سیاست‌های قیمت‌گذاری متفاوتی برای فعالیت‌های بخش عمومی که غالباً از شرایط بنگاه‌های انحصاری تبعیت می‌کنند، طراحی شده است. از جمله می‌توان به قیمت‌گذاری بلوک ثابت [۱]، قیمت‌گذاری بلوک کاهنده [۲] و بلوک فزاینده [۳]، قیمت‌گذاری هزینه نهایی [۴]، (بهینه اول [۵])، قیمت‌گذاری بر اساس برابر سازی [۶]، قیمت‌گذاری حداکثر بار [۷]، قیمت‌گذاری بر اساس ارزش [۸] و قیمت‌گذاری رمزی [۹] اشاره نمود. در این بررسی از روش قیمت‌گذاری رمزی جهت محاسبه قیمت بهینه استفاده شده است. علت رجحان این روش بر سایر روش‌ها در نظر گرفتن توأم آن طرف عرضه و تقاضا با شرط حداکثر شدن رفاه کل می‌باشد.

## ۲-۱- روش قیمت‌گذاری رمزی

این روش رفاه کل یا مجموع مازادهای مصرف‌کننده (CS) و تولیدکننده (PS) را به شرط سربه‌سری هزینه صنایع عمومی (سود صفر) حداکثر می‌کند.

$$CS^T = \sum_{i=1}^m \left[ \int_0^{q_i} p_i(q_i) dq_i - p_i q_i \right] \quad (۱)$$

$$\pi = PS^T = \sum_{i=1}^m p_i q_i - TC(q_1, q_2, q_3, \dots, q_m) \quad (۲)$$

با به کارگیری بسط ناقص سری دوم تیلور به صورت زیر استخراج می‌شود:

$$\begin{aligned} \ln C(P, Q, T) = & \alpha_0 + \alpha_Q \ln Q + \frac{1}{2} \alpha_{QQ} (\ln Q)^2 \\ & + \sum_{i=1}^4 \beta_i \ln P_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 \beta_{ij} \ln P_i \ln P_j \\ & + \sum_{i=1}^4 \delta_{iQ} \ln P_i \ln Q \\ & + \sum_{i=1}^4 \beta_{Ti} \ln P_i T + \theta_T T + \frac{1}{2} \theta_{TT} T^2 \\ & + \sum_{i,j=L,K,M,S} \alpha_{tQ} T \ln Q \end{aligned} \quad (12)$$

استفاده از تابع هزینه ترانسلوگ منوط به برقراری شرایطی تحت عنوان قیود خوش رفتاری می‌باشد که عبارتند از:

- فرض همگنی

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^n \beta_{ij} = \sum_{i=1}^n \beta_{ji} = \sum_{i=1}^n \delta_{iQ} = 0 \quad (14)$$

- فرض تقارن

$$\beta_{ij} = \beta_{ji} \quad i \neq j \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (15)$$

- یکنوا بودن نسبت به قیمت نهاده‌ها

این شرط به مفهوم همسو بودن جهت تغییرات قیمت نهاده‌ها و هزینه‌ها می‌باشد و مستلزم این است که سهم برآورد شده هر نهاده از کل هزینه تولید به ازای تمام مشاهدات رقمی بزرگتر از صفر باشد. به این منظور، معادلات سهم هزینه با استفاده از لم شفارد [۱۰]، به صورت زیر استخراج می‌گردد:

$$S_i = \partial \ln C(P, Q, T) / \partial p_i \geq 0 \quad (16)$$

$$i = L, K, M, S$$

به عبارت دیگر:

$$S_i = \beta_i + \sum_{j=1}^4 \beta_j \ln p_j + \delta_{iQ} \ln Q + \beta_{Ti} T \geq 0 \quad (17)$$

- مقعر بودن تابع هزینه نسبت به قیمت

برای تأمین این شرط می‌بایست 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.

درآمد سالیانه خانوار به شاخص کالاها و خدمات مصرفی بدست می‌آید، TC: TAR/CPI- متوسط تعرفه حقیقی هر مترمکعب آب (ریال) و از تقسیم متوسط تعرفه اسمی هر طبقه مصرف به شاخص کالاها و خدمات مصرفی بدست می‌آید، T: درجه حرارت (سانتیگراد)،  $U_t$ : جمله خطا.

لازم به ذکر است که یکی از فروض اساسی برآورد مدل با بکارگیری داده‌های سری زمانی، پایا بودن داده‌ها می‌باشد. از این رو قبل از بکارگیری متغیرها در مدل باید نسبت به پایایی متغیرها اطمینان حاصل کرد. اگر در یک مدل، متغیرها نامانا شدند، به جای سطح، اولین تفاضل (یا تفاضل مراتب بالاتر) آن‌ها می‌تواند مانا باشد و می‌توان از آن‌ها در مدل استفاده کرد و مدل را بر اساس متغیرهای جدید تخمین زد؛ در این حالت مشکل رگرسیون کاذب بر طرف می‌شود. ولی اطلاعات ارزشمندی در رابطه با سطح متغیرها از دست می‌رود. اگر نتیجه آزمون دیکی فولر روی پسماندهای (باقیمانده‌های) مدل نشان دهنده مانایی سری زمانی پسماندها شد، این تأییدی بر هم- انباشتگی (تمام متغیرهای به کار رفته در مدل رگرسیونی باهم مانا شوند یعنی باقیمانده‌های حاصل از مدل مانا باشند) است. در این صورت نتایج مدل قابل اتکا خواهد بود (Noforesti, 2013). در این پژوهش به تناسب داده‌های هر طبقه و بر اساس خوبی برازش و معنی- داری متغیرها و برقراری فروض رگرسیون، فرم مناسب انتخاب خواهد شد. یعنی ممکن است خطی یا لگاریتمی باشد یا برخی متغیرهای مجازی وارد شود.

## ۲-۳- الگوی تجربی تخمین تابع هزینه تولید آب

تابع هزینه کل با استفاده از تابع ترانسلوگ و داده‌های سری زمانی مربوط به دوره ۱۳۹۳-۱۳۷۴ در نرم‌افزار Shazam برآورد گردیده است. این تابع همه ویژگی‌های تابع تولید نئوکلاسیک را تأمین می‌کند. علاوه بر این کشش‌های جانشینی و کشش‌های تولیدی، بسته به سطح مصرف نهاده‌ها تغییر می‌کند، مشتق اول این تابع محدودیتی از نظر علامت ندارد. به عبارت دیگر تابع ترانسلوگ هر سه ناحیه تولیدی را نشان می‌دهد و علاوه بر پارامترهای متغیرهای اصلی ضرایب روابط متقابل متغیرها نیز برآورد می‌شود. فرم کلی این تابع به صورت ذیل می‌باشد (Mizban et al., 2011):

$$C = C(Q, PK, PL, PM, PS, T) \quad (11)$$

که در این رابطه c کل هزینه تولید و توزیع، Q مقدار آب عرضه شده، PK قیمت سرمایه، PL قیمت نیروی کار، PM قیمت مواد اولیه، PS قیمت سایر خدمات و T متغیر روند است. شکل ترانسلوگ تابع هزینه

## کشش‌های قیمتی خودی تقاضای نهاده‌ها:

$$\varepsilon_{ii} = \frac{\gamma_{ii}}{s_i} + (s_i - 1) \quad (18)$$

## کشش‌های متقاطع تقاضای نهاده‌ها:

$$\varepsilon_{ij} = (\gamma_{ij} + (s_i \cdot s_j)) / s_i \quad i \neq j \quad (19)$$

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 جیفن با قیمت آن رابطه عکس دارد. در خصوص کشش قیمتی متقاطع تقاضا، چنانچه این کشش مثبت باشد دو کالا یا نهاده جانشین‌اند در غیر این صورت مکمل هستند. برای تخمین مدل به روش ISUR و به منظور 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، ثانیاً معادلات سهم از معادلات هزینه به دست آمده‌اند و ممکن است جزء اختلال آن‌ها با هم ارتباط داشته باشد لذا بهتر است با هم تخمین زده شوند. از طرفی چون مجموع سهم هزینه‌ها برابر واحد است ( $\sum_{i=1}^n S_i = 1$ ) لذا به منظور جلوگیری از صفر شدن دترمینان ماتریس واریانس-کوواریانس اجزاء اختلال، باید یکی از معادلات سهم حذف شود و معمولاً در کارهای تجربی معادله‌ای حذف می‌شود که بهترین برآورد ممکن را بدست بدهد. پس از تخمین تابع هزینه و بدست آوردن مقدار عددی هزینه نهائی، می‌توان شاخص‌های ناشی از مقیاس و بازدهی نسبت به مقیاس را محاسبه و مورد بررسی قرار داد، که به صورت ذیل می‌باشند:

## ۲-۴- 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.

$$\varepsilon_{cq} = \partial \ln TC / \partial \ln Q \quad (20)$$

## ۲-۵- 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.

$$RTS = [\partial \ln TC / \partial \ln Q]^{-1} = 1 / \varepsilon_{cq} \quad (21)$$

اگر کشش هزینه برابر، بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از واحد باشد، بازدهی نسبت به اندازه به ترتیب ثابت، کاهنده یا فزاینده خواهد بود. به عبارت

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 می‌باشد (Mizban et al., 2011).

در این مطالعه برای تخمین توابع تقاضای طبقات مختلف مصرف و نیز تابع هزینه از یک سری 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 جمع‌آوری شده‌اند.

در تخمین توابع تقاضای آب بخش‌های مختلف مصرف از داده‌های تعداد آحاد مصرف‌کننده، میزان مصرف سالیانه آحاد مصرف‌کننده بر حسب مترمکعب، متوسط تعرفه پرداختی آحاد مصرف‌کننده به تفکیک طبقات مختلف مصرف بر حسب ریال، میزان درآمد متوسط هر خانوار بر حسب ریال و متوسط درجه حرارت سالیانه استفاده شده است که در آن مقادیر ریالی با استفاده از شاخص قیمت کالاهای مصرف‌کننده به مقادیر واقعی تبدیل شده‌اند و این داده‌ها مربوط به سال ۱۳۶۴ تا سال ۱۳۹۳ می‌باشد. متغیرهای مورد استفاده در تابع هزینه نیز عبارت‌اند از:

هزینه سرمایه: هزینه سرمایه مربوط به هزینه استهلاک و هزینه تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات و تجهیزات است.

هزینه نیروی کار: شامل کلیه پرداختی به نیروی کار اعم از حقوق ثابت، اضافه‌کاری، نوبت‌کاری، پاداش، فوق‌العاده‌ها، مزایای پایان خدمت و سایر مزایا می‌گردد که مطابق با قوانین کار و سازمان تأمین اجتماعی به آن‌ها پرداخت می‌شود.

هزینه سایر خدمات: شامل هزینه حمل و اجاره ماشین‌آلات، اجاره محل، بنزین، گازوئیل و روغن وسایط حمل و نقل و هزینه‌هایی که توسط سایر قسمت‌ها برای تولید و عرضه آب صورت می‌گیرد. هزینه مواد اولیه: شامل آب خام و حق النظاره، مواد مصرفی و برق مصرفی است.

هزینه‌های آب خام: شامل هزینه‌هایی است که برای استخراج آب از چاه پرداخت می‌شود و حق النظاره مربوط به هزینه آب خریداری شده از چاه‌ها و سدها می‌باشد که به شرکت آب منطقه‌ای تهران پرداخت می‌گردد.

قیمت نیروی کار: قیمت نیروی کار به صورت متوسط حقوق و مزایای پرداخت شده به کارکنان به ازای هر مترمکعب آب تولیدی تعریف می‌شود.

تخمین تابع تقاضای طبقه دوم مصرف (۱۰-۵ مترمکعب در ماه):

**Table 3- Augmented Dickey-Fuller Unit root test of the second level of consumption**

جدول ۳- آزمون ریشه واحد دیکی - فولر گسترش یافته طبقه دوم مصرف

variable	Unit root test		condition
	Critical *value	Test statistic	
LY	-3.22	-2.22	nonstationary
DLY	-1.61	-5.52	stationary
N	-3.25	-0.60	nonstationary
DN	-2.64	-5.43	stationary
IC	-3.22	-2.64	nonstationary
DIC	-3.22	-3.67	stationary
TC	-3.22	-3.51	stationary
T	-3.22	-4.66	stationary
U1	-1.61	-5.65	stationary

\* Level of Significance %10

همانطور که جدول فوق نشان می‌دهد، باقیمانده‌ها ایستا هستند، لذا مشکلی از نظر برآورد وجود ندارد.

**Table 4- The results of estimation of the second level of consumption by OLS method**

جدول ۴- نتایج تخمین تابع تقاضای آب طبقه دوم مصرف با استفاده از روش OLS

variable	coefficient	Std.Error	t-statistic	*prob
C	16.2	0.06	235.48	0.00
N	0.000002	0.0000002	12.34	0.00
IC	0.0000003	0.0000001	2.50	0.02
TC	-0.01	0.00	-1.68	0.10
T	0.00	0.00	0.62	0.53
DUM78	-0.19	0.02	-6.64	0.00
R-Squared				0.98
Durbin-Watson				1.92

\* Level of Significance %10

تخمین تابع تقاضای طبقه سوم مصرف (۱۵-۱۰ مترمکعب در ماه):

قیمت سرمایه: قیمت سرمایه به صورت متوسط هزینه استهلاک و هزینه تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات و تجهیزات به ازای هر مترمکعب آب تولیدی می‌باشد.

قیمت سایر خدمات: قیمت سایر خدمات از تقسیم هزینه سایر خدمات تعدیل شده بر مقدار آب تولیدی بر حسب مترمکعب به دست می‌آید. قیمت مواد اولیه: قیمت مواد اولیه از تقسیم هزینه مواد اولیه بر مقدار آب تولیدی بر حسب مترمکعب به دست می‌آید.

### ۳- نتایج

#### ۳-۱- برآورد توابع تقاضای آب بخش خانگی

تخمین تابع تقاضای طبقه اول مصرف (۵-۰ مترمکعب در ماه):

**Table 1- Augmented Dickey-Fuller Unit root test of the first level of consumption**

جدول ۱- آزمون ریشه واحد دیکی - فولر گسترش یافته طبقه اول مصرف

variable	Unit root test		condition
	Critical *value	Test statistic	
LY	-3.22	-2.19	nonstationary
DLY	-2.62	-3.01	stationary
N	-1.61	5.43	nonstationary
DN	-3.25	-5.04	stationary
IC	-3.22	-2.64	nonstationary
DIC	-3.22	-3.67	stationary
TC	-2.63	-6.25	stationary
T	-3.22	-4.66	stationary
U1	-1.61	-4.25	stationary

\* Level of Significance %10

همانطور که جدول فوق نشان می‌دهد، باقیمانده‌ها ایستا هستند، لذا مشکلی از نظر برآورد وجود ندارد.

**Table 2- The results of estimation of the first level of consumption by OLS method**

جدول ۲- نتایج تخمین تابع تقاضای آب طبقه اول مصرف با استفاده از روش OLS

variable	coefficient	Std.Error	t-statistic	*prob
C	14.05	0.27	51.38	0.00
N	0.000008	0.0000007	11.21	0.00
IC	0.0000004	0.0000002	1.90	0.08
TC	-0.01	0.00	-2.03	0.06
T	-0.01	0.01	-0.48	0.64
DUM89	0.29	0.05	5.29	0.00
AR(1)	0.29	0.08	3.26	0.01
AR(3)	-0.30	0.14	-2.23	0.05
R-Squared				0.99
Durbin-Watson				1.70

Level of Significance %10

**Table 7- Augmented Dickey-Fuller Unit root test of the fourth level of consumption**

جدول ۷- آزمون ریشه واحد دیکی - فولر گسترش یافته طبقه

چهارم مصرف

variable	Unit root test		condition
	Critical *value	Test statistic	
LY	-3/22	-1/84	nonstationary
DLY	-3/22	-3/40	stationary
N	-3/24	1/47	nonstationary
DN	-3/24	-5/97	stationary
IC	-3/22	-2/64	nonstationary
DIC	-3/22	-3/67	stationary
TC	-3/22	-3/77	stationary
T	-3/22	-4/66	stationary
U1	-1/61	-4/29	stationary

\* Level of Significance %10

همانطور که جدول فوق نشان می‌دهد، باقیمانده‌ها ایستا هستند، لذا مشکلی از نظر برآورد وجود ندارد.

**Table 8- The results of estimation of the fourth level of consumption by OLS method**

جدول ۸- نتایج تخمین تابع تقاضای آب طبقه چهارم مصرف

با استفاده از روش OLS

variable	coefficient	Std.Error	t-statistic	*prob
C	-74016620	50781804	-1.45	0.15
N	207.79	11.30	18.37	0.00
IC	42.55	15.23	2.79	0.01
TC	-2536893	674417.4	-3.76	0.00
T	3447649	2658865	1.29	0.20
DUM78	-28590819	5477585	-5.21	0.00
R-Squared				0.99
Durbin-Watson				1.71

\* Level of Significance %10

تخمین تابع تقاضای طبقه پنجم مصرف (۲۵-۲۰ مترمکعب در ماه):

**Table 5- Augmented Dickey-Fuller Unit root test of the third level of consumption**

جدول ۵- آزمون ریشه واحد دیکی - فولر گسترش یافته طبقه

سوم مصرف

variable	Unit root test		condition
	Critical *value	Test statistic	
LY	-3.23	-2.54	nonstationary
DLY	-2.63	-2.97	stationary
N	-3.25	-4.94	stationary
IC	-3.22	-2.64	nonstationary
DIC	-3.22	-3.67	stationary
TC	-3.22	-3.75	stationary
T	-3.22	-4.66	stationary
U1	-1.61	-4.03	stationary

\* Level of Significance %10

همانطور که جدول فوق نشان می‌دهد، باقیمانده‌ها ایستا هستند، لذا مشکلی از نظر برآورد وجود ندارد.

**Table 6- The results of estimation of the third level of consumption by OLS method**

جدول ۶- نتایج تخمین تابع تقاضای آب طبقه سوم مصرف

با استفاده از روش OLS

variable	coefficient	Std.Error	t-statistic	*prob
C	21.49	2.50	8.57	0.00
N	0.00000050	0.00000003	1.88	0.07
IC	0.0000002	0.0000001	2.04	0.05
TC	-0.02	0.00	-6.22	0.00
T	-0.01	0.01	-0.93	0.36
AR(1)	0.98	0.01	66.34	0.00
MA(3)	-0.93	0.04	-24.45	0.00
R-Squared				0.99
Durbin-Watson				1.39

\* Level of Significance %10

تخمین تابع تقاضای طبقه چهارم مصرف (۲۰-۱۵ مترمکعب در ماه):

**Table 11- Augmented Dickey-Fuller Unit root test of the sixth level of consumption**

جدول ۱۱- آزمون ریشه واحد دیکی- فولر گسترش یافته طبقه ششم مصرف

Unit root test			
variable	Critical *value	Test statistic	condition
LY	-3.22	-2.14	nonstationary
DLY	-3.22	-3.62	stationary
N	-1.61	3.85	nonstationary
DN	-3.25	-4.54	stationary
IC	-3.22	-2.64	nonstationary
DIC	-3.22	-3.67	stationary
TC	-3.22	-2.42	nonstationary
DTC	-3.22	-5.36	stationary
T	-3.22	-4.66	stationary
U1	-1.61	-46.16	stationary

\* Level of Significance %10

همانطور که جدول فوق نشان می‌دهد، باقیمانده‌ها ایستا هستند، لذا مشکلی از نظر برآورد وجود ندارد.

**Table 12- The results of estimation of the sixth level of consumption by OLS method**

جدول ۱۲- نتایج تخمین تابع تقاضای آب طبقه ششم مصرف با استفاده از روش OLS

variable	coefficient	Std.Error	t-statistic	*prob
C	17.98	0.50	35.84	0.00
N	0.000002	0.0000004	4.48	0.00
IC	0.0000002	0.0000001	1.83	0.08
TC	-0.01	0.00	-3.60	0.00
T	0.01	0.00	0.79	0.43
DUM74	0.12	0.002	5.02	0.00
DUM89	-0.05	0.02	-2.93	0.00
AR(1)	0.96	0.01	69.28	0.00
R-Squared				0.99
Durbin-Watson				2.37

\* Level of Significance %10

تخمین تابع تقاضای طبقه هفتم مصرف (۳۵-۳۰ مترمکعب در ماه):

**Table 9- Augmented Dickey-Fuller Unit root test of the fifth level of consumption**

جدول ۹- آزمون ریشه واحد دیکی- فولر گسترش یافته طبقه پنجم مصرف

Unit root test			
variable	Critical *value	Test statistic	condition
LY	-3.22	-2.11	nonstationary
DLY	-3.22	-4.55	stationary
N	-3.24	0.74	nonstationary
DN	-3.24	-4.85	stationary
IC	-3.22	-2.64	nonstationary
DIC	-3.22	-3.67	stationary
TC	-3.22	-2.64	nonstationary
DTC	-3.22	-3.67	stationary
T	-3.22	-4.66	stationary
U1	-1.61	-7.30	stationary

\* Level of Significance %10

همانطور که جدول فوق نشان می‌دهد، باقیمانده‌ها ایستا هستند، لذا مشکلی از نظر برآورد وجود ندارد.

**Table 10- The results of estimation of the fifth level of consumption by OLS method**

جدول ۱۰- نتایج تخمین تابع تقاضای آب طبقه پنجم مصرف با استفاده از روش OLS

variable	coefficient	Std.Error	t-statistic	*prob
C	16.91	0.47	35.35	0.00
N	0.000002	0.0000003	6.50	0.00
IC	0.0000004	0.0000003	1.73	0.09
TC	-0.02	0.01	-2.29	0.03
T	0.03	0.02	1.57	0.12
AR(1)	0.73	0.11	6.65	0.00
R-Squared				0.96
Durbin-Watson				1.74

\* Level of Significance %10

تخمین تابع تقاضای طبقه ششم مصرف (۳۰-۲۵ مترمکعب در ماه):



**Table 15- Augmented Dickey-Fuller Unit root test of the eighth level of consumption**

جدول ۱۵- آزمون ریشه واحد دیکی - فولر گسترش یافته طبقه هشتم مصرف

Unit root test			
variable	Critical *value	Test statistic	condition
LY	-2.62	-1.24	nonstationary
DLY	-3.22	-5.29	stationary
N	-1.61	3.14	nonstationary
DN	-3.25	-4.24	stationary
IC	-3.22	-2.64	nonstationary
DIC	-3.22	-3.67	stationary
TC	-3.22	-2.61	nonstationary
DTC	-3.22	-5.70	stationary
T	-3.22	-4.66	stationary
U1	-1.61	-3.96	stationary

\* Level of Significance %10

همانطور که جدول فوق نشان می‌دهد، باقیمانده‌ها ایستا هستند، لذا مشکلی از نظر برآورد وجود ندارد.

**Table 16- The results of estimation of the eighth level of consumption by OLS method**

جدول ۱۶- نتایج تخمین تابع تقاضای آب طبقه هشتم مصرف با استفاده از روش OLS

variable	coefficient	Std.Error	t-statistic	*prob
C	14.41	0.26	40.07	0.00
N	0.00003	0.000002	12.65	0.00
IC	0.0000003	0.0000001	2.29	0.03
TC	-0.02	0.00	-5.42	0.00
T	0.04	0.02	2.57	0.01
DUM74	0.27	0.05	6.41	0.00
R-Squared				0.98
Durbin-Watson				1.46

\* Level of Significance %10

تخمین تابع تقاضای طبقه نهم مصرف (۵۰-۴۰ مترمکعب در ماه):

**Table 13- Augmented Dickey-Fuller Unit root test of the seventh level of consumption**

جدول ۱۳- آزمون ریشه واحد دیکی - فولر گسترش یافته طبقه هفتم مصرف

Unit root test			
variable	Critical *value	Test statistic	condition
LY	-3.22	-2.30	nonstationary
DLY	-2.62	-2.98	stationary
N	-2.63	-6.79	stationary
IC	-3.22	-2.64	nonstationary
DIC	-3.22	-3.67	stationary
TC	-3.22	-2.90	nonstationary
DTC	-3.22	-5.91	stationary
T	-3.22	-4.66	stationary
U1	-1.61	-53.24	stationary

\* Level of Significance %10

همانطور که جدول فوق نشان می‌دهد، باقیمانده‌ها ایستا هستند، لذا مشکلی از نظر برآورد وجود ندارد.

**Table 14- The results of estimation of the seventh level of consumption by OLS method**

جدول ۱۴- نتایج تخمین تابع تقاضای آب طبقه هفتم مصرف با استفاده از روش OLS

variable	coefficient	Std.Error	t-statistic	*prob
C	18	3.34	5.37	0.00
N	0.000005	0.000001	3.38	0.00
IC	0.0000004	0.0000002	2.33	0.02
TC	-0.02	0.00	-3.63	0.00
T	0.01	0.01	1.15	0.26
DUM74	0.22	0.06	3.87	0.00
DUM81	-0.15	0.04	-3.98	0.00
AR(1)	0.98	0.03	34.39	0.00
R-Squared				0.99
Durbin-Watson				2.32

\* Level of Significance %10

تخمین تابع تقاضای طبقه هشتم مصرف (۴۰-۳۵ مترمکعب در ماه):

**Table 19- Augmented Dickey-Fuller Unit root test of the tenth level of consumption**

جدول ۱۹- آزمون ریشه واحد دیکی - فولر گسترش یافته طبقه دهم مصرف

Unit root test			
variable	Critical *value	Test statistic	condition
LY	-3.22	-3.35	stationary
N	-3.25	-5.80	stationary
IC	-3.22	-2.64	nonstationary
DIC	-3.22	-3.67	stationary
TC	-2.62	-1.51	nonstationary
DTC	-3.22	-4.79	stationary
T	-3.22	-4.66	stationary
U1	-1.61	-5.13	stationary

\* Level of Significance %10

همانطور که جدول فوق نشان می‌دهد، باقیمانده‌ها ایستا هستند، لذا مشکلی از نظر برآورد وجود ندارد.

**Table 17- Augmented Dickey-Fuller Unit root test of the ninth level of consumption**

جدول ۱۷- آزمون ریشه واحد دیکی - فولر گسترش یافته طبقه نهم مصرف

Unit root test			
variable	Critical *value	Test statistic	condition
LY	-3.22	-3.07	nonstationary
DLY	-3.22	-7.13	stationary
N	-1.61	-1.12	nonstationary
DN	-1.61	-2.01	stationary
IC	-3.22	-2.64	nonstationary
DIC	-3.22	-3.67	stationary
TC	-3.22	-2.06	nonstationary
DTC	-3.22	-5.43	stationary
T	-3.22	-4.66	stationary
U1	-1.61	-5.53	stationary

\* Level of Significance %10

همانطور که جدول فوق نشان می‌دهد، باقیمانده‌ها ایستا هستند، لذا مشکلی از نظر برآورد وجود ندارد.

**Table 20- The results of estimation of the tenth level of consumption by OLS method**

جدول ۲۰- نتایج تخمین تابع تقاضای آب طبقه دهم مصرف با استفاده از روش OLS

variable	coefficient	Std.Error	t-statistic	*prob
C	12.75	0.45	28.31	0.00
N	0.00005	0.000005	9.78	0.00
IC	0.0000005	0.0000002	3.37	0.00
TC	-0.01	0.00	-5.92	0.00
T	0.12	0.02	4.73	0.00
DUM74	0.56	0.08	7.17	0.00
DUM89	0.09	0.05	1.92	0.06
R-Squared				0.98
Durbin-Watson				1.86

\* Level of Significance %10

در تخمین‌های مذکور استفاده از متغیرهای مجازی ۷۴، DUM ۷۸، DUM ۸۱، DUM ۸۹ و DUM که به ترتیب مربوط به تکانه قیمتی سال ۱۳۷۴، خشکسالی و کاهش منابع آبی سال ۱۳۷۸، تکانه قیمتی سال ۱۳۸۱ و هدفمندی یارانه‌ها در سال ۱۳۸۹ می‌باشد، موجود بهبود

**Table 18- The results of estimation of the ninth level of consumption by OLS method**

جدول ۱۸- نتایج تخمین تابع تقاضای آب طبقه نهم مصرف با استفاده از روش OLS

variable	coefficient	Std.Error	t-statistic	*prob
C	13.8	0.35	39.69	0.00
N	0.00004	0.000004	9.26	0.00
IC	0.0000005	0.0000002	2.96	0.00
TC	-0.02	0.00	-6.03	0.00
T	0.07	0.02	3.53	0.01
DUM74	0.36	0.06	6.17	0.00
DUM89	0.06	0.05	0.05	0.19
R-Squared				0.99
Durbin-Watson				1.85

\* Level of Significance %10

تخمین تابع تقاضای طبقه دهم مصرف (۵۰ به بالا مترمکعب در ماه):

شده تابع هزینه مذکور با استفاده از نرم افزار Shazam به صورت ذیل می باشد:

**Table 21- The calculated price elasticity of water demand**

جدول ۲۱- کشش های قیمتی تقاضای آب محاسبه شده

Level of consumption	price elasticity of water demand
0-5	-0.03
5-10	-0.05
10-15	-0.08
15-20	-0.11
20-25	-0.12
25-30	-0.20
30-35	-0.35
35-40	-0.37
40-50	-0.42
>50	-0.42

مقادیر عددی آماره R-Squared برای تابع هزینه ترانسلوگ و معادلات سهم هزینه نیروی کار، سهم هزینه سرمایه و سهم هزینه مواد اولیه به ترتیب برابر است با ۱/۰۰، ۰/۹۹، ۰/۹۸ و ۰/۹۸ و مقدار عددی آماره D.W برای توابع و معادلات فوق به ترتیب برابر با ۲/۴۱، ۱/۶۴، ۱/۸۱ و ۱/۹۰ می باشد. 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 (به علت کوچکتر از ۱/۵ بودن آماره t) معنادار هستند.

همچنین مقادیر R-Squared و D.W نشانگر برازش مناسب تابع هزینه و معادلات سهم می باشد. جهت اطمینان از قابل اتکا بودن نتایج باید آزمون هایی روی جمله اخلاص انجام شود که به شرح ذیل می باشد:

- آزمون پایایی جملات اخلاص:

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

- آزمون نرمال بودن جملات اخلاص:

آزمون نرمال بودن جمله اخلاص برای تابع هزینه ترانسلوگ و معادلات سهم انجام شد. با توجه به نتایج به دست آمده در خصوص آماره جاک-براه، مقدار احتمالات مربوطه، مقدار کشیدگی و چولگی، فرض نرمال بودن جملات خطا را در مورد معادلات مذکور در سطح معناداری ۰/۱۰ نمی توان رد کرد.

مدل و نتایج شده است. علت بی معنی شدن متغیر متوسط درجه حرارت در برخی طبقات مصرف این است که این متغیر طی سال ها نوسان چندانی ندارد، لذا بر مقدار تقاضای آب مصرف کننده تأثیر قابل توجهی نخواهد داشت. لازم به ذکر است که پایایی جملات اخلاص و برقراری فروض رگرسیون (مشمتمل بر فرض صفر بودن میانگین یا امید ریاضی جملات اخلاص، نرمال بودن جملات اخلاص، ثابت بودن واریانس جملات اخلاص، مستقل بودن جملات اخلاص در تمام مقادیر متغیرها و غیرتصادفی بودن جملات اخلاص) در تمام برآوردها برقرار بوده و در نتیجه نتایج مدل قابل استناد می باشد. به طور مثال در طبقه پنجم مصرف تفسیر ضرایب به صورت ذیل می باشد:

- ضریب مربوط به متغیر متوسط تعداد خانوار (N) نشان دهنده این است که با یک واحد افزایش در تعداد خانوار، لگاریتم متوسط مصرف آب در طبقه پنجم مصرف به اندازه ۰/۰۰۰۰۰۲ مترمکعب افزایش می یابد.

- ضریب مربوط به متغیر متوسط درآمد حقیقی سالیانه خانوار (IC) نشان دهنده این است که با یک ریال افزایش در متوسط درآمد حقیقی سالیانه خانوار، لگاریتم متوسط مصرف آب در طبقه پنجم مصرف به اندازه ۰/۰۰۰۰۰۰۴ مترمکعب افزایش می یابد.

- ضریب مربوط به متغیر متوسط تعرفه حقیقی آب (TC) نشان دهنده این است که با یک ریال افزایش در متوسط تعرفه حقیقی آب، لگاریتم متوسط مصرف آب در طبقه پنجم مصرف به اندازه ۰/۰۲ مترمکعب کاهش می یابد.

- ضریب مربوط به متغیر متوسط درجه حرارت (T) نشان دهنده این است که با یک درجه افزایش در متوسط درجه حرارت سالیانه هوا، لگاریتم متوسط مصرف آب در طبقه پنجم مصرف به اندازه ۰/۰۳ مترمکعب افزایش می یابد.

### ۳-۲- برآورد تابع هزینه کل تولید آب بخش خانگی

همانطور که قبلاً گفته شد، برای جلوگیری از صفر شدن دترمینان ماتریس واریانس-کوواریانس جملات پسماند (ایجاد ماتریس منفرد) یکی از سهم های هزینه ای می بایست حذف گردد که با توجه به بررسی های به عمل آمده و تخمین حالات مختلف توابع هزینه، حذف سهم هزینه نهاده سایر خدمات (sm) بهترین برآورد را بدست داد، لذا سهم مذکور حذف گردید. همچنین برآوردهای مختلف نشان دهنده بهترین برآورد بدون در نظر گرفتن متغیر روند می باشد. ضرایب برآورد

Table 22- The results of total cost function estimation

جدول ۲۲- نتایج برآورد تابع هزینه کل

variable	coefficient	Std.Error	t-statistic	
B0	intercept	0.12	0.33	0.36
B1	$\frac{PL}{PM}$	0.09	0.06	1.59
B2	$\frac{PK}{PM}$	0.18	0.06	2.04
B3	$\frac{PS}{PM}$	0.36	0.05	7.18
BQ	Q	1.37	0.09	14.47
BQQ	Q.Q	-0.05	0.01	-3.99
B12	$\left(\frac{PL}{PM}\right) \cdot \left(\frac{PK}{PM}\right)$	-0.09	0.003	-29.67
B13	$\left(\frac{PL}{PM}\right) \cdot \left(\frac{PS}{PM}\right)$	-0.03	0.005	-6.57
B23	$\left(\frac{PK}{PM}\right) \cdot \left(\frac{PS}{PM}\right)$	-0.04	0.003	-12.53
B11	$\left(\frac{PL}{PM}\right) \cdot \left(\frac{PL}{PM}\right)$	0.20	0.005	41.59
B22	$\left(\frac{PK}{PM}\right) \cdot \left(\frac{PK}{PM}\right)$	0.20	0.005	42.40
B33	$\left(\frac{PS}{PM}\right) \cdot \left(\frac{PS}{PM}\right)$	0.12	0.007	17.69
B1Q	$\left(\frac{PL}{PM}\right) \cdot (Q)$	0.02	0.008	2.82
B2Q	$\left(\frac{PK}{PM}\right) \cdot (Q)$	0.01	0.008	1.28
B3Q	$\left(\frac{PS}{PM}\right) \cdot (Q)$	-0.02	0.008	-2.55

\* Level of Significance %10 or T-value of 1.5

- ۳-۳- بررسی پایداری ضرایب: -  
 تابع هزینه کل و معادلات سهم تقاضا چندبار در نرم افزار SHAZAM برآورد گردید. نتایج برآورد نشان دهنده ثبات ضرایب در تخمین های متوالی می باشد. با توجه به آزمون های مذکور نتایج مدل قابل اتکا بوده و می توان هزینه نهائی تولید آب بخش خانگی به صورت ذیل محاسبه کرد:
- شرط همگنی و تقارن: این شرط در فرم تابعی که تخمین زده شد اعمال شده است.  
 -  
 یکنوا بودن تابع هزینه نسبت به قیمت نهاده ها
- $S_L = 0/17$   
 $S_K = 0/24$   
 $S_S = 0/28$   
 $S_M = 0/31$
- $MC = \delta tc / \delta q = 6719$  ریال

Table 23- Augmented Dickey-Fuller Unit root test of residuals

جدول ۲۳- آزمون ریشه واحد دیکی فولر گسترش یافته جملات اخلال

variable	Unit root test		
	*Critical value	Test statistic	Condition
U1 Residual of Cost function	-1.61	-5.70	stationary
U2 Residual of the share of L	-1.61	-4.65	stationary
U3 Residual of the share of K	-1.61	-5.11	stationary
U4 Residual of the share of S	-1.61	-5.11	stationary

\* Level of Significance %10

لذا صرفه‌های ناشی از مقیاس وجود ندارد و بازده نسبت به مقیاس نزولی می‌باشد.

**Table 24- Inputs to own and substitution price elasticities**

جدول ۲۴- کشش‌های قیمتی خودی و جانشینی نهاده‌ها

Inputs	L	K	S	M
L	-0.36	-0.12	0.23	0.12
K	-0.08	-0.42	0.21	0.20
S	0.14	0.18	-0.57	0.28
M	0.06	0.16	0.26	0.45

### ۳-۴- محاسبه قیمت‌های بهینه رمزی

همانطور که قیمت‌های رمزی مندرج در جدول فوق نشان می‌دهد در کلیه طبقات، قیمت‌های محاسباتی رمزی از قیمت سال ۱۳۹۳ بیشتر است که به با جای‌گذاری مقادیر کشش‌های قیمتی تقاضا و هزینه نهائی در روابط گفته شده در محیط نرم‌افزار matlab قیمت‌های بهینه آب بخش خانگی برای طبقات مختلف مصرف به گونه‌ای که رفاه جامعه حداکثر شود، محاسبه می‌گردد. که به شرح ذیل می‌باشد:

منزله افزایش تعرفه در راستای نزدیک شدن قیمت فروش آب به هزینه تولید آن می‌باشد. لذا فرضیه وجود اختلاف بین قیمت‌های بهینه و قیمت‌های جاری را نمی‌توان رد کرد.

### ۳-۵- تحلیل حساسیت

با گذشت زمان هزینه‌های تولید آب تغییر و غالباً افزایش پیدا می‌کند. لذا با توجه به کشش‌های قیمتی تقاضای محاسبه شده می‌توان به محاسبه قیمت‌های رمزی در صورت تغییر هزینه نهائی تولید آب پرداخت.

**Table 25- Calculated Ramsey prices**

جدول ۲۵- قیمت‌های رمزی محاسبه شده

Level of consumption	Prices at year 1393 (2014-2015)	Ramsey Prices	Ramsey Prices at year 1393 (2014-2015)	Mark Up
0-5	1286	2209	1.72	923
5-10	1425	3020	2.12	1595
10-15	1704	3806	2.23	2102
15-20	1980	4316	2.18	2336
20-25	2308	4449	1.93	2141
25-30	2789	5144	1.84	2355
30-35	3534	5719	1.62	2185
35-40	4417	5765	1.31	1348
40-50	5640	5864	1.04	224
>50	10202	25373	2.49	15717

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

- 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 ذیل می‌باشد:

همانطور که در جدول فوق نشان داده شده است تمامی کشش‌های قیمتی خودی تقاضای نهاده‌ها دارای علامت منفی بوده که به معنای تقعر تابع هزینه تولید آب بخش خانگی نسبت به قیمت نهاده‌ها می‌باشد. همچنین کلیه کشش‌های خودی و متقاطع تقاضای نهاده‌ها کوچکتر از یک است که مؤید کم‌کشش بودن تقاضای هر نهاده نسبت به قیمت همان نهاده و سایر نهاده‌ها است. با توجه به جدول فوق 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 نشان دهنده مکمل بودن نهاده نیروی کار و سرمایه و جانشین بودن سایر نهاده‌ها است.

با استفاده از ضرایب برآورد شده تابع هزینه کل شاخص‌های زیر قابل استخراج می‌باشند:

- کشش هزینه نسبت به محصول:

$$\varepsilon_{cq} = 3/28$$

- بازدهی نسبت به مقیاس:

$$RTS = 30$$

همانطور که ملاحظه می‌شود عدد محاسبه شده بزرگتر از یک می‌باشد

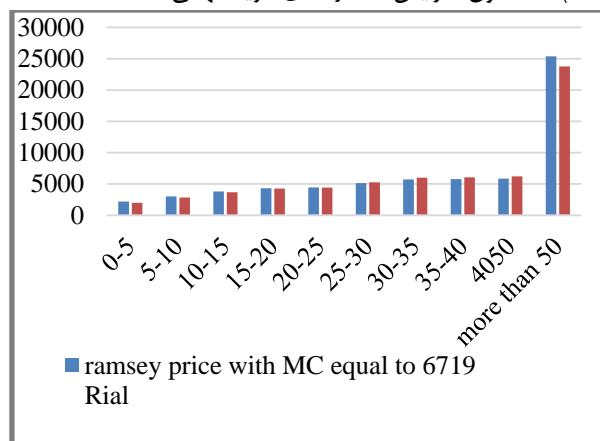
در نمودار فوق رنگ قرمز مربوط به هزینه نهائی ۱۰۰۷۹ ریال و رنگ آبی مربوط به هزینه نهائی ۶۷۱۹ ریال می‌باشد. همانطور که نمودار فوق نشان می‌دهد، در قیمت‌های محاسباتی رمزی در دو حالت هزینه نهائی ۶۷۱۹ و ۱۰۰۷۹ ریال، بیشترین اختلاف مربوط به طبقه اول و نهم مصرف است و با افزایش ۵۰ درصدی هزینه نهائی، قیمت رمزی این طبقات به ترتیب ۲۶ درصد کاهش و افزایش داشته است.

#### ۴- جمع‌بندی نتایج

- با توجه به نتایج این تحقیق، قیمت فروش آب در بخش خانگی در همه طبقات مصرف کمتر از قیمت‌های رمزی مربوطه می‌باشد.
- در همه طبقات مصرفی کشش قیمتی تقاضای آب کمتر از یک می‌باشد. این کم کشش بودن تقاضای آب مؤید ارزان بودن آن است.
- بر اساس محاسبات، طبقات با مصرف پایین‌تر، کم کشش‌تر هستند و با افزایش مصرف در طبقات با مصرف بالاتر، این کشش افزایش پیدا می‌کند. این نکته مؤید این مطلب است که این طبقات حداقل مصرف را دارند. لذا به دلیل حفظ بهداشت و سلامت افراد تعرفه کمتری برای طبقات با مصرف پایین اعمال شده است تا مصرف این مشترکین کاهش پیدا نکند. علت دیگر پایین‌تر بودن سهم هزینه آب در طبقات با مصرف کمتر می‌باشد. لذا با افزایش قیمت، مصرف به شدت کاهش پیدا نمی‌کند و این مطلب مؤید پایین‌تر بودن کشش قیمتی تقاضا می‌باشد.
- بر اساس محاسبات، شرکت آب و فاضلاب استان تهران فاقد صرفه‌های ناشی از مقیاس می‌باشد. به عبارت دیگر بازدهی کاهنده نسبت به مقیاس در این شرکت وجود دارد و این می‌تواند به دلیل وجود تأسیسات و شبکه‌های فرسوده و مستهلک تولید، توزیع و انتقال آب باشد.
- بر اساس محاسبات، کشش‌های متقاطع تقاضای نهاده‌ها مؤید جانشین بودن نهاده‌های نیروی کار، سرمایه، مواد اولیه و سایر خدمات (به استثنای نهاده نیروی کار و سرمایه که مکمل تقاضا بین نهاده‌ها (بالاترین مربوط به کشش جانشینی مواد اولیه به جای سایر خدمات با رقم ۰/۲۸ درصد می‌باشد) اعمال تغییرات قیمت تأثیر چندانی بر تغییر تقاضای یک نهاده نخواهد داشت و به عبارت دیگر استفاده از ابزار قیمت در راستای اجرای سیاست‌های کاهش یا افزایش مصرف نهاده جانشین چندان کارآمد نخواهد بود.

در این قسمت دو حالت برای هزینه نهائی در نظر گرفته می‌شود. در حالت اول و دوم به ترتیب فرض می‌گردد هزینه نهائی ۱۰ و ۵۰ درصد افزایش پیدا کند. سپس تغییرات قیمت محاسبه شده رمزی بررسی می‌گردد.

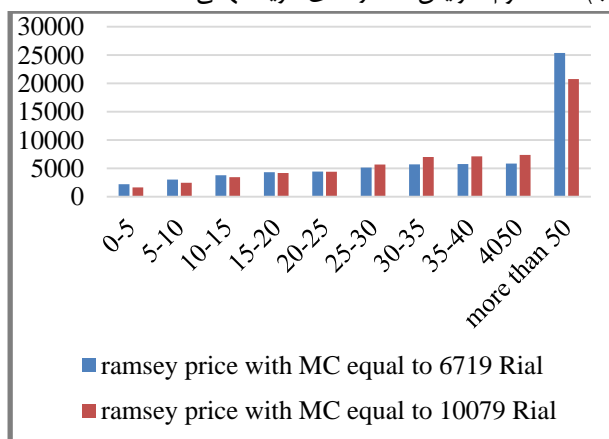
الف) حالت اول: افزایش ۱۰ درصدی هزینه نهائی



**Fig. 1- The difference of calculated prices assuming an increase of ten percent of final cost**  
نمودار ۱- اختلاف قیمت‌های محاسبه شده با فرض افزایش ۱۰ درصدی هزینه نهائی

در نمودار فوق رنگ قرمز مربوط به هزینه نهائی ۷۳۹۱ ریال و رنگ آبی مربوط به هزینه نهائی ۶۷۱۹ ریال می‌باشد. همانطور که نمودار فوق نشان می‌دهد، قیمت‌های محاسباتی رمزی در دو حالت هزینه نهائی ۶۷۱۹ و ۷۳۹۱ ریال اختلاف فاحشی نداشته است. بیشترین اختلاف مربوط به طبقه اول مصرف است و با افزایش ۱۰ درصدی هزینه نهائی، قیمت رمزی این طبقه نیز ۹ درصد کاهش می‌یابد.

ب) حالت دوم: افزایش ۵۰ درصدی هزینه نهائی:



**Fig. 2- The difference of calculated prices assuming an increase of fifty percent of final cost**  
نمودار ۲- اختلاف قیمت‌های محاسباتی با فرض افزایش ۵۰ درصدی هزینه نهائی

## ۵- پیشنهادها

اصلاح قیمت‌ها و جایگزینی قیمت‌های محاسبه شده رمزی به تفکیک طبقات مختلف مصرف با قیمت‌های فعلی جهت بهینه‌سازی مصرف و ترویج فرهنگ مصرف درست آب در سطح جامعه با شرایط زیر:

- با توجه به این که قیمت‌های محاسبه شده رمزی در همه طبقات از قیمت جاری بیشتر است، امکان واقعی کردن قیمت آب در بخش خانگی وجود دارد.
- با توجه به این که اختلاف قیمت‌های رمزی و قیمت جاری در همه طبقات یکسان نیست، پیشنهاد می‌شود قیمت طبقاتی که این اختلاف در آن‌ها زیاد است، به صورت پلکانی افزایش یابد.
- در طبقه مصرف ۵۰ مترمکعب به بالا، با توجه به اختلاف شدید قیمت رمزی و قیمت جاری، امکان افزایش شدید قیمت آب وجود دارد.
- در طبقات بالاتر کثرت تقاضای قیمتی بیشتر است. لذا سیاست‌گذاری کاهش مصرف از طریق افزایش تعرفه‌ها در این طبقات، مؤثرتر می‌باشد.
- با توجه به کثرت تقاضای قیمتی محاسبه شده، آب در بخش خانگی کالا کالایی بی‌کشش است. لذا می‌توان اقداماتی در راستای افزایش کثرت تقاضای انجام داد تا اثربخشی سیاست‌های قیمتی افزایش یابد. در شرایط موجود بهتر است از سیاست‌های غیرقیمتی در کنار اصلاح قیمت‌ها بهره گرفت.
- کثرت‌های قیمتی تقاضا بر اساس تعرفه‌های سال‌های گذشته محاسبه شده که این تعرفه‌ها بسیار پایین بوده‌اند. لذا با افزایش قابل توجه تعرفه‌های آب در بخش خانگی، کثرت‌های قیمتی تقاضا افزایش می‌یابد.

همانطور که نشان داده شد، تقاضای آب در همه طبقات مصرف دارای کثرت قیمتی پایینی است و دامنه‌ای از  $0/3-$  تا  $0/42-$  را شامل می‌شود، اما صفر نبودن کثرت قیمتی تقاضا می‌تواند به عنوان راهکاری در کاهش مصرف آب به کار گرفته شود. به عبارت دیگر افزایش تعرفه‌های آب در بخش خانگی به‌ویژه در طبقات با مصرف بالاتر که کثرت قیمتی بیشتری هم دارند می‌تواند یک سیاست‌گذاری کارآمد در راستای کاهش قابل توجه مصرف آب در بخش خانگی باشد.

## پی‌نوشت‌ها

- 1- Fixed Block Pricing
- 2- Diminished Block Pricing
- 3- Progressive Block Pricing
- 4- Marginal Cost Pricing
- 5- First Best
- 6- Parity Pricing

- 7- Peak Load Pricing
- 8- Peak Load Pricing
- 9- Ramsey Pricing
- 10- Shepherd's Lemma

## ۶- مراجع

- Abrishamchi A, Tajrishi M (2003) The management of demand of water resources in the country (in Persian)
- Adibpour M, Shirashtiani R (2014) Demand function estimation of domestic water in Golestan Province. *studious article* 8(26):91-106 (in Persian)
- Ansari H, Davari K, Falahi M, Salehnia N (2009) Pricing of urban drinking water based on Ramsey method (case study of Neyshabour city). *Journal Of Iran Economic Research* 13(38):217-242 (in Persian)
- Ansari H, Salehnia N (2011) Pricing of urban drinking water based on increasing rate per person. *Journal Of Water and Wastewater* 22(80):126-131(in Persian)
- Diakité D, Semenov A, Thomas A ( 2008) A proposal for social pricing of water supply in Côte d'Ivoir. [88\(2\)](#): 258–268
- Garcia S, Reynaud A (2004) Estimating the benefits of efficient water pricing in France. 26(1):1–25
- Karimi L, Mizban H (2011) Checking the structure of cost of water supply process (case study of Shirazes water and wastewater corporation). *Journal Of Water and Wastewater* (3):68-77 (in Persian)
- Nobakht M, Sabouhi M (2008) Estimation of water demand function of Pardis city. *Journal Of Water and Wastewater* 20(2):69-74 (in Persian)
- Noferesti M (2011) Unit root and co-integration in econometrics. *Rasa Institute of Cultural Services. Tehran* (in Persian)
- Pazhuyan J, Mohammadi T (2000) Ramsey optimal pricing for power industry of Iran. *Journal of Economic Research* (6):39-62 (in Persian)
- Sayemiri A, Sayemiri K (2014) Checking the role of effective factors on the demand function of domestic water in Ilam. *Studious article*. 45(1):155-161 (in Persian)
- Shaverdi A, Tahamipour M, Zareepour Z (2011) Estimation of economic value of water in urban and rural uses in convince of Khuzestan. *Journal Of Agriculture and Development Economic* 19(76) (in Persian)
- Shaverdi A, Tahamipour M, Zareepour Z (2011) Application of contingent valuation in determination of economic value of water in urban uses. *The Second National Research In Water Resources Of Iran* (in Persian)
- Regional Water Company water feature, Tehran, (2014)

willingness to pay in Chongqing, China. 21(1):136–149

<http://www.amar.org.ir>

<http://www.cbi.ir>

Suárez-Varela M, Martínez-Espiñeira R, González-Gómez F (2015) An analysis of the price escalation of non-linear water tariffs for domestic uses in Spain. [34](#): 82–93

Wang H, Xie J, Li H (2010) Water pricing with household surveys: a study of acceptability and