

مدل‌سازی تقاضای آب خانگی با استفاده از روش مدل عوامل تصادفی، مطالعه موردی: شهر اراک

سید حسین سجادی‌فر^۱ ناصر خیابانی^۲

(دریافت ۸۸/۱۲/۲۰ پذیرش ۸۹/۱۱/۲۰)

چکیده

در این مقاله، تابع تقاضای آب خانگی از تابع مطلوبیت استون-گری استخراج و با به‌کارگیری مدل تعدیل جزئی و استفاده از روش اقتصادسنجی مدل عوامل تصادفی، تقاضای بلند مدت و کوتاه مدت آب شهر اراک در فصلهای مختلف و همچنین کل سال برآورد شد. داده‌ها ترکیبی و مربوط به ۱۵۲ خانوار شهر اراک در سالهای ۱۳۸۲-۱۳۷۷ بود. پس از برآورد قیمت نهایی آب و انتخاب متغیرهای درآمد سرانه مصرف‌کننده، شاخص قیمت کالاها و خدمات مصرفی، متوسط درجه حرارت و متوسط میزان بارندگی به‌عنوان متغیرهای توضیحی، تابع تقاضای آب خانگی تخمین زده شد. در مجموع، کم‌کشش بودن تقاضای آب خانگی نسبت به درآمد و قیمت و همچنین مکمل بودن آب با سایر کالاها تأیید شد. نتایج نشان داد که کشش قیمتی و درآمدی فصل تابستان (جانشین مصارف بیرونی) تقریباً دو برابر کشش قیمتی و درآمدی فصل زمستان (جانشین مصارف داخلی) بوده و کشش تقاضای بلند مدت از کوتاه مدت بیشتر است.

واژه‌های کلیدی: مدل عوامل تصادفی، مدل تعدیل جزئی، تابع مطلوبیت استون-گری، تابع تقاضای آب خانگی

Modeling of Residential Water Demand Using Random Effect Model, Case Study: Arak City

Seyed Hossein Sajadifar¹

Nasser Khiabani²

(Received March 10, 2010 Accepted Feb. 9, 2011)

Abstract

The present study tries to apply the "Partial Adjustment Model" and "Random Effect Model" techniques to the Stone-Gray's linear expenditure system, in order to estimate the "Residential Seasonal Demand" for water in Arak city. Per capita water consumption of family residences is regressed on marginal price, per capita income, price of other goods, average temperature and average rainfall. Panel data approaches based on a sample of 152 observations from Arak city referred to 1993-2003. From the estimation of the Elasticity-price of the residential water demand, we want to know how a policy of responsive pricing can lead to more efficient household water consumption in Arak city. Results also indicated that summer price elasticity was twice the winter and price and income elasticity was less than 1 in all cases.

Keywords: Partial Adjustment Model, Random Effect Model, Stone- Gray Utility Function, Residential Water Demand Function.

1. Ph.D. Student of Mathematical Economics Modeling and Methods, Yerevan State University of Armenia (Corresponding Author) (+98 861) 4651225 s.sajadifar@gmail.com

2. Assist. Prof. of Economics, Institute for Management and Planning Studies (IMPS), Tehran, Iran

۱- دانشجوی دکتری اقتصاد ریاضی، دانشگاه دولتی ایروان ارمنستان (نویسنده مسئول) s.sajadifar@gmail.com (۰۸۶۱) ۴۶۵۱۲۲۶

۲- استادیار اقتصاد، موسسه عالی آموزش و پژوهش مدیریت و برنامه ریزی، تهران

شستن لباس و ظروف و مانند آن است. مصارف بیرونی^۲ علاوه بر مصارف داخلی، شامل آبیاری باغچه، شستن اتومبیل، حیاط و غیره است. شاید بتوان تفاوت این دو نوع مصرف را در درجه ضرورت و اهمیت آنها دانست زیرا در تعیین الگوی مصرف، غالباً مصارف داخلی آب از اهمیت بیشتری برخوردارند.

تقاضای آب نمایانگر دو رفتار متفاوت اقتصادی است: ۱- آب به عنوان کالای نهایی که مستقیماً به وسیله مصرف کننده نهایی مصرف می شود ۲- آب به عنوان یک نهاده تولید.

خانوارها با حداکثر کردن مطلوبیت و بنگاهها با حداقل نمودن هزینه، میزان تقاضای خود را تعیین می کنند. با توجه به این که هدف مطالعه حاضر بررسی تقاضای آب خانگی بود، مهم ترین عوامل تأثیرگذار بر این نوع تقاضا تشریح گردید.

۲-۱- متغیرهای تأثیرگذار بر تقاضای آب خانگی

۲-۱-۱- قیمت آب

در بیشتر مطالعات، تقاضای آب، کم کشتش برآورد شده است. این موضوع منطقی به نظر می رسد زیرا آب کالایی ضروری و بدون جانشین است. در هر صورت اگر ضریب کشتش مخالف صفر باشد، قیمتها در مدیریت تقاضا نقش مهمی ایفا می کنند. با توجه به این که ساختار تعرفه های آب بلوکی است، بنابراین تعیین قیمت یک واحد مصرف بسیار مشکل و بحث برانگیز است.^۳ برای تعیین قیمت یک واحد مصرف آب، دو گزینه قیمت نهایی^۳ و قیمت متوسط^۴ وجود دارد. قیمت متوسط از تقسیم کل مبلغ صورت حساب بر کل مصرف به دست می آید و قیمت نهایی نشان دهنده هزینه یک واحد مصرف بیشتر است. براساس تئوری اقتصاد، آشکار است که قیمت نهایی باید مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به مشخص نبودن قیمت نهایی آب، معمولاً مشتریان می توانند با توجه به ساختار تعرفه های بلوکی، اطلاعاتی در مورد قیمت نهایی به دست آورند. به علت بلوکی بودن تعرفه های آب، بسیاری از محققان برای رفع مشکل اقتصادسنجی همزمانی بین مصرف و قیمت، از قیمت نهایی استفاده نموده اند [۱].

۲-۱-۲- درآمد مصرف کننده

در مطالعاتی که از داده های کل به منظور برآورد تابع تقاضا استفاده می شود، درآمد خانوار از تقسیم درآمد پولی منطقه و یا بخش مورد نظر بر تعداد خانوارها به دست می آید. در مطالعاتی که از مختصات خانوارها استفاده می کنند، معمولاً از متغیری که ارزش دارایی ها را

به دلیل افزایش جمعیت، توسعه صنعت و کشاورزی و بالارفتن سطح زندگی، مصرف آب افزایش یافته است. این امر منابع آب را به شدت محدود و کمیاب می کند. همچنین به علت برداشت بیش از حد از منابع، کیفیت آب تنزل می یابد و چون آب عامل مهمی در توسعه پایدار به شمار می رود، عدم توجه کافی به مدیریت صحیح منابع آب، توسعه اقتصادی - اجتماعی کشورها را با خطر جدی مواجه می سازد.

نیازهای روزافزون به آب، محدودیت منابع آب قابل استحصال در کشور، هزینه سنگین اجرای طرحهای جدید توسعه منابع آب و افزایش کارایی عملکرد اقتصادی از جمله دلایلی هستند که مدیریت تقاضا و عرضه آب را به عنوان دو راهکار مؤثر بر مدیریت جامع منابع آب مطرح و ضروری می نماید.

در دو دهه گذشته مدیریت جامع آب شهری از مسئله ای فرعی به موضوعی محوری و پر اهمیت تغییر یافته است. این موضوع حاصل آگاهی و باور محافل ملی و بین المللی به این واقعیت است که منابع طبیعی مانند آب محدود و ضروری هستند. تولید دوباره و احیای این منابع، بسیار پرهزینه تر از حفاظت از آنهاست.

با توجه به این که آب مورد نیاز شهر اراک از چاههای عمیق شده اطراف شهر تأمین می شود، این شهر با مشکل کمبود آب مواجه است. ویژگی های جغرافیایی و اقلیمی این شهر، مسائل زیست محیطی، افزایش مصارف آب صنایع بزرگ نظیر شرکت های آلومینیوم، ماشین سازی، هپکو و کافی نبودن ذخیره آبهای زیرزمینی برای پاسخگویی به نیازهای روزافزون این شهر، همگی دلایلی برای نیاز به یک برنامه ریزی جامع در این زمینه هستند. چالش اصلی این است که چگونه منابع آب تخصیص داده شود به طوری که منابع آبی نیز حفظ شوند. مدیریت صحیح منابع آب و به ویژه تأکید بر مدیریت تقاضا، کلید از بین بردن مشکلات آینده است. در این راستا در این مطالعه به برآورد تابع تقاضای آب خانگی شهر اراک پرداخته شد.

۲- مروری بر ادبیات موضوع

تقاضای آب شهری شامل تقاضا برای کاربردهای خانگی، صنعتی، تجاری و عمومی است. تقاضای آب بر حسب ماهیت اسکان، ترکیب خانوار، شغل ساکنان، درآمد خانوار و قیمت آب، به طور چشمگیری تغییر می کند.

استفاده از آب توسط خانوارها به دو شکل داخلی و بیرونی تفکیک می شود. مصارف داخلی^۱ شامل بهداشت فردی، پخت و پز،

^۲ Outdoor Usage

^۳ Marginal Price

^۴ Average Price

^۱ Indoor Usage

بیان می‌کند (ارزش منزل مسکونی) نیز استفاده می‌شود. این متغیرها می‌توانند به‌عنوان شاخصی از درآمد به‌کار گرفته شوند. با محاسبه نرخ بهره‌ای که به ارزش منزل مسکونی تعلق می‌گیرد و توجه به سهم هزینه مسکن در کل هزینه خانوار، شاخص درآمد، برآورد می‌شود [۲].

۳-۱-۲- متغیرهای جوی

به دلیل شرایط و تغییرات جوی، تقاضای آب از یک الگوی چرخشی فصلی پیروی می‌کند. به‌منظور وارد نمودن شرایط آب و هوایی، متغیرهای مختلفی نظیر متوسط میزان بارندگی و یا متوسط دمای هوا وارد مدل تقاضای آب شده است. لیمن^۱ علاوه بر دو متغیر فوق، متغیر تعداد روزهای گرم را نیز مورد توجه قرار داده است [۳]. مایانو^۲ این فرض عمومی که تأثیر متغیر جوی بر تقاضای آب خطی است را مورد نقد قرار داده و بیان نموده است که بارندگی تأثیری پویا دارد. در زمان بارندگی تقاضای آب کاهش یافته و این تأثیر در طول زمان کم و کمتر خواهد شد [۴]. مارتینز^۳ معتقد است که تأثیر بارندگی بیشتر روانی است و از متغیر تعداد روزهای بارانی استفاده نموده و نشان داده است که این متغیر نسبت به میزان بارندگی، متغیر توضیحی قوی‌تری است [۵].

۴-۱-۲- شرایط جمعیتی منطقه/ ترکیب خانوار

شرایط جمعیتی نظیر بعد و ترکیب سنی خانوار بر مصرف کالاها از جمله آب مؤثر است. در تقاضای آب خانگی، بعد خانوار متغیری تأثیرگذار است [۶]. مطالعات نشان داده است که میزان مصرف آب با افزایش بعد خانوار افزایش می‌یابد، اما به‌علت وجود هزینه به مقیاس^۴، درصد افزایش در میزان آب مصرفی کمتر از درصد افزایش بعد خانوار است. آربوئس و همکاران^۵ نشان دادند که برای متغیر بعد خانوار، اندازه بهینه وجود دارد، به‌طوری که بعد از آن اثر هزینه به مقیاس محو خواهد شد [۷].

۵-۱-۲- فاصله زمانی دریافت صورت حساب

خانوارهایی که به‌صورت پیاپی و با فاصله زمانی کمتر صورت حساب خود را دریافت می‌کنند، ساختار تعرفه و رابطه بین صورت حساب دریافتی و میزان مصرف خود را بهتر درک نموده و نسبت به آن واکنش بیشتری نشان می‌دهند زیرا زمان کمتری برای به فراموشی سپردن مبلغ صورت حساب قبلی دارند و هر چه تعداد

صورت حسابهای دریافتی بیشتر باشد، مصرف آب نیز کمتر خواهد بود [۸].

۲-۱-۶- مصارف داخلی در مقابل مصارف بیرونی / تقاضای فصلی

مصارف بیرونی در مقایسه با مصارف داخلی با کشش تر هستند. به‌عنوان مثال هاو^۶ و لیناویور^۷ کشش تقاضای مصارف داخلی را حدود $0.231/0.214$ - و مصارف بیرونی را $0.438/1.057$ - برآورد نموده‌اند [۹]. کارور^۸ و بولند^۹ تقاضای آب خانگی را به دو بخش تقاضای فصل زمستان و تابستان تفکیک نموده‌اند که این تفکیک بهتر از تفکیک مصارف به داخلی و بیرونی است. در مطالعه آنها ضریب کشش تقاضای فصل زمستان بین $0.07/0.07$ - و تابستان حدود $0.11/0$ - برآورد شده است [۱۰]. در بسیاری از تحقیقات نشان داده شده است که تقاضای فصل تابستان بسیار پرکشش‌تر از تقاضای فصل زمستان است.

۲-۲- استخراج تابع تقاضای آب از تابع مطلوبیت استون-گری و مدل تعدیل جزئی

از نظر تئوری، تابع تقاضا از طریق حداکثر نمودن مطلوبیت مشروط به محدودیت بودجه خانوار به‌دست می‌آید. شکل تابع مطلوبیت هر کالا بر اساس فرضهای اساسی مدل تقاضای مربوط به آن کالا و انتظاراتی که از رفتار مصرف‌کننده در قبال آن کالا می‌رود، ساخته می‌شود. همچنین در تابع تقاضای آب، فرض بر این است که تمام فرضهای اقتصاد نئوکلاسیک برقرار است. یعنی هر مصرف‌کننده تابع مطلوبیت پیوسته‌ای دارد و در موقع انتخاب، دارای اطلاعات کامل است.

از آن جایی که مصرف آب ضروری است و به‌عبارت دیگر، آب به‌عنوان یک کالای ضروری همواره از حداقل مصرفی برخوردار است، بنابراین تابع مطلوبیت استون-گری^{۱۰} که به تابع مطلوبیت پایه‌ریزی شده برای کالاهای ضروری مشهور است، سازگارترین نوع تابع تقاضا برای این منظور است [۱۱]. از ویژگی‌های دیگر این تابع، استفاده فراوان آن در اقتصادسنجی است که کار را برای تحقیق ساده‌تر می‌کند. از جمله نکات جالب توجه دیگر تابع استون-گری این است که بنا به اقتضای موضوع تحقیق

⁶ Howe

⁷ Linaweaver

⁸ Carver

⁹ Boland

¹⁰ Stone-Greay

¹ Lyman

² Miaou

³ Martinez

⁴ Economic of Scale

⁵ Arbues et al.

می‌توان هر متغیر دلخواه که احتمال می‌رود در روند تابع تقاضا و شکل‌گیری آن نقش داشته باشد را وارد تابع نمود.

استون-گری از تابع مطلوبیت کلاین-روبین برای استخراج تابع تقاضای خود استفاده کرده‌اند. پس از حداکثرسازی تابع مطلوبیت کلاین-روبین مشروط به قید بودجه، تابع تقاضای استون-گری به شکل کلی زیر معرفی می‌شود [۱۲]

(۱)

$$Q_1 = \theta_0 + \theta_1 \left(\frac{M}{P_1}\right) + \theta_2 \left(\frac{P_2}{P_1}\right) + \theta_3 W + \theta_4 R + u$$

که در این رابطه

Q_1 مصرف سرانه آب آشامیدنی برحسب متر مکعب، M درآمد سرانه اسمی خانوار برحسب ریال، P_1 قیمت اسمی هر متر مکعب آب برحسب ریال، P_2 قیمت سایر کالاها و خدمات مصرفی (CPI)، W متوسط درجه حرارت، R متوسط میزان بارندگی، u عامل اختلال، $\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ عرض از مبدا مدل و ضرایب مدل هستند.

فرضهای مدل:

$$\theta_4 < 0, \theta_3 > 0, \theta_2 < 0, 0 < \theta_1 < 1, \theta_0 > 0$$

یعنی این که تقاضای آب نسبت به تغییرات درآمد و درجه حرارت واکنش مثبت و نسبت به قیمت خودی، قیمت سایر کالاها و میزان بارندگی واکنش منفی نشان می‌دهد.

با استفاده از مدل تعدیل جزئی که توسط مارک نرلاو^۱ ارائه شده است، می‌توان تابع تقاضای کوتاه مدت و بلندمدت تقاضای آب را به شرح ذیل استخراج نمود [۱۰]:

در این مدل فرض می‌شود که میزان مطلوب مصرف (Q_t^*) دارای تابعی به شکل تابع تقاضای استون-گری است

$$Q_t^* = \theta_0 + \theta_1 \left(\frac{M_t}{P_t}\right) + \theta_2 \left(\frac{P_{2t}}{P_t}\right) + \theta_3 W_t + \theta_4 R_t + U_t \quad (2)$$

نظر به این که سطح مطلوب مصرف به‌طور مستقیم قابل مشاهده نیست، بنابراین از فرضیه‌ای تحت عنوان فرضیه تعدیل جزئی در این باره کمک گرفته شد

$$Q_t - Q_{t-1} = \sigma (Q_t^* - Q_{t-1}) \quad (3)$$

که در این رابطه

σ ($0 \leq \sigma \leq 1$) ضریب تعدیل، $Q_t - Q_{t-1}$ = تغییر واقعی و $Q_t^* - Q_{t-1}$ تغییر مطلوب است.

در رابطه ۳ تغییر واقعی در مصرف در هر دوره زمانی معین t ، معادل کسر σ ضربدر تغییر مطلوب برای آن است. اگر $\sigma = 1$ باشد، یعنی مصرف واقعی مساوی مصرف مطلوب است. به عبارت دیگر، مصرف واقعی به‌طور آنی به سطح مصرف مطلوب در همان زمان تعدیل می‌شود. اما اگر $\sigma = 0$ باشد، این نتیجه به دست می‌آید که هیچ تغییری صورت نمی‌گیرد زیرا مصرف واقعی در زمان t ، معادل مصرف مشاهده شده در دوره زمانی قبل است. در حالت کلی انتظار بر این است که σ بین این دو حد نهایی قرار گیرد زیرا تعدیل به طرف مصرف مطلوب، به علت چسبندگی، کندی در تعدیل ضرورت‌های قراردادی و غیره به‌طور کامل صورت نخواهد گرفت و به این ترتیب است که نام مدل تعدیل جزئی موجه جلوه می‌نماید. پس از جایگذاری رابطه ۲ در رابطه ۳ معادله تقاضای کوتاه مدت به‌صورت زیر حاصل می‌شود:

$$Q_t = \sigma \theta_0 + (1 - \sigma) Q_{t-1} + \sigma \theta_1 \left(\frac{M_t}{P_t}\right) + \sigma \theta_2 \left(\frac{P_{2t}}{P_t}\right) + \sigma \theta_3 W_t + \sigma \theta_4 R_t + \sigma U_t \quad (4)$$

زمانی که تابع کوتاه مدت فوق تخمین زده شود و تخمین ضریب تعدیل به دست آید، آنگاه به راحتی می‌توان ضرایب تابع بلند مدت را به وسیله تقسیم ضرایب کوتاه مدت بر σ و حذف وقفه Q به دست آورد.

۳- اقتصادسنجی داده‌های تابلویی

تفاوت یک رگرسیون تابلویی^۲ (ترکیبی) با داده‌های مقطعی و یا سری زمانی در این است که متغیرهای آن دارای دو اندیس است

$$y_{it} = a + X_{it}'\beta + U_{it} \quad i = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T \quad (5)$$

که در آن

اندیس i مشخص کننده فرد و یا خانوار و t معرف زمان است. α یک اسکالر، β یک بردار $k \times 1$ بعدی و X_{it} ، it امین مشاهده متغیر مستقل است. در بیشتر کاربردهای داده‌های تابلویی از مدل "جزء یکطرفه"^۳ برای مشخص کردن مؤلفه خطا استفاده می‌شود. یعنی خطا به صورت زیر تعریف می‌شود

$$U_{it} = \mu_i + V_{it} \quad (6)$$

² Coefficient of Adjustment

³ Panel Data

⁴ One-Way Error Component

¹ Mark Nerlov

که در آن

μ_i اثر ویژه و غیر قابل مشاهده فرد i و V_{it} اثر باقی عوامل است. از مدل عوامل ثابت^۱ و مدل عوامل تصادفی^۲ برای برآورد رابطه ۵ استفاده می‌شود. در مدل عوامل ثابت فرض می‌شود μ_i مقدار ثابتی است که باید تخمین زده شود و مؤلفه خطای V_{it} مستقل و با توزیع همسان می‌باشد^۳.

یکی از مشکلات مدل عوامل ثابت وجود تعداد زیاد پارامترهای ثابت است که موجب کاهش درجه آزادی می‌گردد. برای برطرف نمودن این مشکل از مدل عوامل تصادفی استفاده می‌شود. در این مدل فرض می‌شود که μ_i خود یک متغیر تصادفی است

$$\mu_i \sim \text{IID}(0, \delta_{\mu}^2)$$
$$V_{it} \sim \text{IID}(0, \delta_v^2)$$

μ_i مستقل از V_{it} ها و X_{it} نیز مستقل از μ_i و V_{it} است. فرض مدل "عوامل تصادفی" زمانی مناسب است که N مشاهده به‌طور تصادفی از میان یک جمعیت بزرگ انتخاب شود.

هاوسمن^۴ تستی را برای آزمون تعامد اثرات تصادفی و متغیرهای مستقل پیشنهاد می‌کند. این تست بر اساس این ایده استوار است که تحت فرض عدم همبستگی، برآوردگرهای OLS در مدل عوامل ثابت و برآوردگرهای GLS هر دو سازگار بوده ولی برآوردگرهای OLS ناکارا هستند. فرضهای صفر و یک تست هاوسمن به ترتیب زیر است:

H_0 : اثرات فردی، ثابت هستند.

H_1 : اثرات فردی، تصادفی هستند.

منطق عملکرد تست هاوسمن این گونه است که اگر اثر فردی ثابت باشد، برآوردگرهای اثر ثابت و اثر تصادفی به‌طور آشکاری با هم متفاوت هستند. ولی اگر اثر فردی تصادفی باشد، دو برآوردگر تقریباً مشابه هستند. برای آزمون این تفاوت بین دو برآوردگر، آزمون والد انجام می‌شود. آماره تست والد به‌صورت زیر تعریف می‌شود

$$W = (FE - RE)' \{ \text{var}(FE - RE) \}^{-1} (FE - RE) \quad (7)$$

هاوسمن نشان می‌دهد که

$$\text{var}[FE - RE] = \text{var}(FE) - \text{var}(RE) \quad (8)$$

¹ Fixed Effect Model

² Random Effect Model

³ Identically Distributed IID $(0, \delta_v^2)$

⁴ Housman

که در این رابطه

RE نشان دهنده برآوردگر روش اثر تصادفی و FE نشان دهنده برآوردگر اثر ثابت است. تحت فرض صفر، توزیع W به‌صورت کای-اسکور با K (تعداد متغیرها) درجه آزادی است.

۴- روشهای جمع‌آوری و پردازش داده‌ها

در این مطالعه از یک نمونه ۳۰۰ عضوی متعلق به مشترکان هشت منطقه آبی شهر اراک، جدول اعداد تصادفی و شماره اشتراک و تعداد مشترکان هر منطقه استفاده شد. مطالعه به‌صورت فصلی صورت گرفت و دوره از فصل بهار سال ۱۳۷۷ تا پایان فصل زمستان ۱۳۸۲ در نظر گرفته شد که مجموعاً ۲۴ فصل را در بر می‌گیرد. با توجه به این که حدود ۱۴۸ نمونه دارای اطلاعات ناقص، قیمت متوسط صفر برای آب، موانع قرائت، وضعیت کنتر خراب و یا صورت حساب اصلاحی بودند، از مطالعه خارج شده و مطالعه نهایی با ۱۵۲ نمونه و در نتیجه ۳۶۴۸ مشاهده انجام گرفت (۳۶۴۸ = ۲۴ × ۱۵۲). حجم نمونه انتخابی با توجه به خصوصیات و حجم جامعه آماری انتخاب گردید.

۴-۱- مصرف سرانه فصلی

چون قرائت مشترکان در شهر اراک دو ماهه بوده و به‌صورت منظم و دقیق و با تاریخهای مشخص انجام نمی‌گیرد، با مراجعه به مرکز کامپیوتر امور آب و فاضلاب شهرستان اراک، میزان مصرف آب نمونه‌های انتخابی برای کلیه قرائت‌های انجام شده در دوره مطالعه استخراج و سپس مصرف آب در محدوده قرائت بر تعداد روزهای دوره قرائت تقسیم شد و میانگین مصرف روزانه برای هر نمونه به‌دست آمد و با توجه به فصلهای چهارگانه، مصارف فصلی واحد خانگی محاسبه شد.

برای محاسبه مصرف سرانه فصلی آب، مصارف فصلی هر نمونه بر تعداد ساکنان هر واحد مسکونی تقسیم شد. تعداد افراد ساکن در هر واحد مسکونی از طریق پرسشنامه به‌دست آمد.

۴-۲- قیمت متوسط آب برای هر مترمکعب

قیمتهای متوسط آب با استفاده از تعرفه‌های موجود که به‌صورت جدولهای قیمتی به ازای مصارف مختلف ماهیانه تنظیم شده و در امور آب و فاضلاب اراک موجود است، استخراج شد. پس از مشخص کردن مصارف ماهیانه هر خانوار و مراجعه به تعرفه‌های موجود سال مزبور، قیمت متوسط آب برای هر مترمکعب به‌دست آمد. برای محاسبه قیمت متوسط، از نرم‌افزار تهیه شده توسط محققان استفاده شد.

۳-۴- متوسط درآمد اسمی سرانه فصلی

به دلیل عدم دسترسی به رقم درآمد مربوط به خانوارهای نمونه و با توجه به این امر که از طریق پرسشنامه نیز احتمال به دست آوردن صحیح این ارقام بسیار ضعیف است، با استفاده از روش زیر، جانشینی^۱ برای درآمد محاسبه گردید.

اطلاعات مربوط به مسکن خانوار از قبیل عمر ساختمان، مساحت کل زمین، مساحت زیر بنا، تعداد واحدها، نوع نمای ساختمان و نوع حیاط، از طریق پرسشنامه جمع آوری گردید. سپس با مراجعه به مشاور املاک‌های هر منطقه اجاره ماهانه سال ۸۳ هر واحد مسکونی محاسبه شد و با توجه به آمار مربوط به مبلغ اجاره ماهانه به علاوه دو درصد متوسط ودیعه مسکن شهر اراک که از مرکز آمار ایران به دست آمد، اجاره ماهانه سالهای قبل نیز برآورد شد. به دلیل این که سهم هزینه مسکن استان مرکزی از کل هزینه‌های خانوار به صورت سالیانه موجود بوده و نیاز به سهم هزینه مسکن فصلی بود، بنابراین با توجه به سهم هزینه مسکن فصلی کل کشور سهم هزینه مسکن فصلی استان مرکزی به دست آمد.

از تقسیم مبالغ اجاره مسکن بر سهم هزینه فصلی مسکن در کل هزینه خانوار شهری استان مرکزی، برآوردی از کل هزینه‌های مصرفی فصلی خانوار به دست آمد. آنگاه با تقسیم این مقدار بر تعداد ساکنان واحد مسکونی، هزینه سرانه مصرف‌کنندگان نمونه محاسبه گردید و به عنوان جانشینی برای متوسط درآمد اسمی سرانه فصلی استفاده شد.

۴-۴- قیمت سایر کالاهای مصرفی

از شاخص قیمت کالاها و خدمات مصرفی در استان مرکزی که به صورت ماهیانه موجود است و از بانک مرکزی به دست آمده است، به عنوان جانشین قیمت سایر کالاهای مصرفی استفاده گردید. برای فصلی کردن این آمار، مقدار شاخصها برای ماههای مربوط به هر فصل در سالهای مورد مطالعه با هم جمع و بر عدد سه تقسیم شد.

۵-۴- متغیر جوی

از متوسط درجه حرارت و متوسط بارندگی ماههای مختلف در طی دوره مطالعه برای شهر اراک که در سالنامه آماری این شهر موجود بود، استفاده گردید. برای فصلی کردن داده‌های این متغیر نیز متوسط درجه حرارت و متوسط بارندگی در ماههای مربوط به هر فصل با هم جمع و بر عدد سه تقسیم گردید.

¹ Proxy

۵- برآورد مدل

۱-۵- برآورد قیمت‌های نهایی آب

چون نظام محاسبه تصاعدی بر قیمت آب حاکم است (یعنی قیمت بیشتر در ازای مصرف بالاتر)، احتمال ایجاد یک رابطه مستقیم (مثبت) بین مصرف و قیمت وجود دارد و این موضوع، مشکل عدم استقلال بین متغیرهای مستقل و وابسته را ایجاد می‌نماید.

در بسیاری از مطالعات برای حل این مشکل از قیمت نهایی استفاده شده است. قیمت نهایی نشان دهنده هزینه‌ای است که مصرف‌کننده پرداخت خواهد نمود اگر یک متر مکعب آب بیشتر مصرف نماید. با استفاده از اطلاعات قیمت متوسط و میزان مصرف، قیمت نهایی مطابق روش زیر برآورد می‌شود

$$AP = C_1 + C_2 X \quad (9)$$

که در این رابطه

AP قیمت متوسط هر متر مکعب آب، X مصرف بر حسب متر مکعب و C_1 , C_2 ضرایب ثابت هستند. در این رابطه فرض $AP = C_1 X^{C_2}$ نیز مورد استفاده قرار گرفته است ولی به دلیل این که نتایج به دست آمده مطابق با تئوری نبوده از آن صرف نظر شده است. اگر قیمت متوسط آب به صورت $AP = C_1 + C_2 X$ باشد، مخارج کل مصرف‌کننده به صورت $TP = AP \cdot X$ و یا $TP = C_1 \cdot X + C_2 \cdot X^2$ تعریف می‌شود و قیمت نهایی آب که همان مشتق اول مخارج است، به صورت زیر محاسبه می‌شود

$$MP = \frac{\partial TP}{\partial X} = C_1 + 2C_2 X \quad (10)$$

تخمین ضرایب C_1 و C_2 با استفاده از روش Pooled least squares و به کارگیری اتورگرسیون درجه یک، مطابق جدول ۱ است. همان طور که آماره t نشان می‌دهد، تمامی ضرایب کاملاً معنی دار بوده و آماره دوربین - واتسون نیز گواه خوبی برآزش است.

جدول ۱- برآورد ضرایب قیمت نهایی آب

آماره دوربین - واتسون	C_2	C_1	فصل
۲	۰/۲۶۴	۲۲	بهار
۱/۸۱۱	۰/۲۶۹	۶۲	تابستان
۱/۸۲۷	۰/۲۷۳	۳۹	پاییز
۲	۰/۱۲۱	۲۱	زمستان
۲/۳	۰/۲۷	۷	کل سال

۲-۵- تست هاوسمن

برای انتخاب بین مدل اثرات ثابت و تصادفی از تست هاوسمن استفاده شد. با توجه به آماره کای-اسکور و صفر بودن کلیه ارزشهای احتمالات در جدول ۲، فرض H_0 (وجود اثرات ثابت) به احتمال ۱۰۰ درصد رد می‌شود. به عبارت دیگر، برای برآورد توابع تقاضای آب باید از مدل عوامل تصادفی استفاده نمود.

جدول ۲- نتایج تست هاوسمن

فصل	Chi-square	p-value
بهار	۳۵۴	۰/۰۰۰۰
تابستان	۳۴۸	۰/۰۰۰۰
پاییز	۵۲۲	۰/۰۰۰۰
زمستان	۴۱۴	۰/۰۰۰۰
کل سال	۱۹۶۳	۰/۰۰۰۰

۳-۵- برآورد تابع تقاضای آب

با توجه به نتایج به دست آمده و برآورد قیمت نهایی فصلهای مختلف، مدل نهایی که بر اساس آن برآوردها صورت گرفته است، به صورت زیر معرفی می‌شود

$$\text{perc}_{it} = \theta_0 + (1 - \delta)\text{perc}_{i,t-1} + \theta_1 \left(\frac{I_{it}}{MP_{it}} \right) + \theta_2 \left(\frac{PO_{it}}{MP_{it}} \right) + \theta_3 \text{Temp}_t + \theta_4 \text{Rain}_t + U_{it} \quad (11)$$

$t=1, \dots, 6 \quad i=1, 2, \dots, 152$

که در این رابطه

Perc مقدار مصرف سرانه آب آشامیدنی بر حسب مترمکعب، I

تقریبی از درآمد سرانه فصلی مصرف کننده بر حسب ریال، MP قیمت نهایی آب آشامیدنی بر حسب ریال، PO شاخص قیمت کالاها و خدمات مصرفی شهر اراک به عنوان تقریبی برای قیمت سایر کالاها، Temp متوسط درجه حرارت فصلی بر حسب درجه سلسیوس و Rain متوسط میزان بارندگی فصلی بر حسب میلیمتر است.

برای سادگی از تغییر متغیرهای زیر استفاده شده است

$$\text{PERI}_{it} = \left(\frac{I_{it}}{MP_{it}} \right) \quad \text{Pindex} = \left(\frac{PO_{it}}{MP_{it}} \right)$$

بنابراین رابطه ۱۱ به رابطه زیر تبدیل می‌شود

$$\text{perc}_{it} = \theta_0 + (1 - \delta)\text{perc}_{i,t-1} + \theta_1 \text{Peri}_{it} + \theta_2 \text{Pindex}_{it} + \theta_3 \text{Temp}_t + \theta_4 \text{Rain}_t + U_{it} \quad (12)$$

$$0 < \delta < 1 \quad 0 < \theta_1 < 1 \quad \theta_2 < 0 \quad \theta_3 > 0 \quad \theta_4 < 0$$

رابطه بالا کوتاه مدت بوده و برای محاسبه ضرایب بلند مدت باید ضرایب مذکور بر δ تقسیم شوند.

در بخش قبلی با به کارگیری تست هاوسمن نشان داده شد که لازم است از روش اثرات فردی تصادفی استفاده شود. بنابراین، با استفاده از این روش تابع تقاضا برای فصلهای بهار، تابستان، پاییز، زمستان و کل سال برآورد خواهد شد. با توجه به این که متغیرهای جوی نظیر میزان بارندگی و درجه حرارت در کلیه فصلهای دوره مورد بررسی تغییرات قابل ملاحظه‌ای نداشتند، بنابراین تاثیر این متغیرها در تابع تقاضای فصلها از نظر آماری معنی دار نبوده و از مدل حذف شد.

همان طور که آماره t نشان می‌دهد، تمامی ضرایب کاملاً معنی دار بوده و علامت ضرایب برآورد شده کاملاً با تئوری همخوانی دارد. همچنین آماره دوربین - واتسون نشان می‌دهد که بین جملات خطا همبستگی وجود ندارد.

۶- تحلیل نتایج و محاسبه کشش‌ها

در بخش قبلی تابع تقاضای آب برای فصلهای مختلف و کل سال برآورد شد (جدولهای ۳ تا ۷). در این بخش میزان مصرف سرانه برآوردی آب (Q^*)، حداقل آب آشامیدنی لازم بدون توجه به عامل جوی (S_1)، حداقل آب آشامیدنی لازم با در نظر گرفتن عامل جوی (S_1^*) و مازاد مصرف سرانه (EQ^*) از طریق روابط زیر محاسبه می‌شوند

$$S_1^* = S_1 + \left(\frac{\theta_3}{1 - \theta_1} \right) \text{Temp} + \left(\frac{\theta_4}{1 - \theta_1} \right) \text{Rain} \quad (13)$$

$$S_1 = \frac{\theta_0}{1 - \theta_1} \quad (14)$$

$$EQ = Q^* - S_1^* \quad (15)$$

همچنین کشش‌های تقاضا با استفاده از توابع تخمین زده شده محاسبه گردید. کشش قیمتی با E_{1P} ، کشش درآمدی با E_{1M} ، کشش متقاطع با E_{12} ، کشش بارندگی با E_{1R} و کشش درجه حرارت با E_{1T} مشخص شدند.

در همه موارد بالا می‌توان کشش‌های محاسبه شده را تفسیر نمود اما به دلیل اهمیت دوره زمانی بلند مدت و جلوگیری از طولانی شدن بحث، فقط تجزیه و تحلیل کشش‌های دوره بلند مدت ارائه شد.

همان‌طور که جدول ۳ نشان می‌دهد، کشش قیمتی تقاضای کل در بلند مدت ۰/۳۷۹- بوده که بیانگر کم کشش بودن تقاضای آب نسبت به قیمت خودی است. کلیه کشش‌ها بر اساس میانگین دوره مورد بررسی محاسبه شدند. بنابراین، در صورتی که قیمت آب ۱۰

جدول ۳- نتایج برآورد توابع تقاضای آب (کوتاه مدت)

پارامترها	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	کل سال
C	۱۲/۳ (۱۷/۹)	۱۰ (۱۱/۹)	۱۰/۶۶ (۱۴/۱)	۸/۴ (۱۱/۷)	۳/۷ (۱۱/۳)
Perc(-1)	۰/۵۶۲ (۲۵)	۰/۶۹۲ (۳۰)	۰/۶۵۱ (۲۶)	۰/۷۲۳ (۳۱/۹)	۰/۸۳۱ (۱۱۰)
Peri	۰/۰۰۰۳۶۴ (۶/۴)	۰/۰۰۰۴۸۸ (۵)	۰/۰۰۰۳۵ (۵/۵)	۰/۰۰۰۱۲۴ (۴/۶)	۰/۰۰۰۱۱۲ (۷/۹)
Pindex	-۲/۴۵۹ (-۱۲/۷)	-۳/۵۴۵ (-۸/۳)	-۲/۸ (-۱۰/۷۷)	-۱/۰۸ (-۹)	-۰/۷۵۵ (-۱۵/۹۶)
Temp					۰/۰۸۱ (۷/۵)
Rain					-۰/۰۲۴ (-۴/۴)
R ²	۰/۶۵	۰/۶	۰/۴۵	۰/۴۶	۰/۵۲
D-W	۱/۹۶	۱/۹	۱/۷۵	۱/۷۴	۱/۶۷

اعداد داخل پرانتز آماره t: D-W آماره آزمون دوربین-واتسون

جدول ۴- نتایج برآورد توابع تقاضای آب (بلند مدت)

پارامترها	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	کل سال
C	۲۸	۳۲/۳۶	۳۰/۵	۳۰/۳	۲۲
Peri	۰/۰۰۰۸۳۱	۰/۰۰۰۱۵۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۴۴۷	۰/۰۰۰۷۴۶
Pindex	-۵/۶۱۴	-۱۱/۴۷	-۸	-۳/۹	-۴/۴۷
Temp	-	-	-	-	۰/۴۸
Rain	-	-	-	-	-۰/۱۴

جدول ۵- کشش‌های تقاضای کل سال

نوع تقاضا	Q*	S ₁	S ₁	EQ*	E _{IP}	E _{IM}	E _{I2}	E _{IT}	E _{IR}
کوتاه مدت	۵/۳۲	۳/۷	۴/۴	۰/۹۲	-۰/۰۶۴	۰/۱۰۴	-۰/۰۴	۰/۰۸۱	-۰/۰۳۶
بلند مدت	۳۱/۳	۲۱/۹	۲۵/۸	۵/۵	-۰/۳۷۹	۰/۶۱۲	-۰/۲۳۳	۰/۴۷۶	-۰/۲۱۳

جدول ۶- کشش‌های تقاضا برای فصلها (کوتاه مدت)

نوع تقاضا	Q*	S ₁	EQ*	E _{IP}	E _{IM}	E _{I2}
فصل بهار	۱۴/۴	۱۲/۳	۲/۱	-۰/۱۳۷	۰/۲۵۷	-۰/۱۲۱
فصل تابستان	۱۲/۷	۱۰	۲/۷	-۰/۱۷	۰/۳۲۱	-۰/۱۵۱
فصل پاییز	۱۲/۷	۱۰/۶۷	۲	-۰/۱۴۹	۰/۳۱	-۰/۱۶۲
فصل زمستان	۹/۱۱	۸/۳۹	۰/۷۳	-۰/۰۵۷	۰/۱۲۵	-۰/۰۶۸

جدول ۷- کشش‌های تقاضا برای فصلها (بلند مدت)

نوع تقاضا	Q*	S ₁	EQ*	E _{IP}	E _{IM}	E _{I2}
فصل بهار	۳۲/۸	۲۸	۴/۸	-۰/۳۱۲	۰/۵۸۸	-۰/۲۷۶
فصل تابستان	۴۱/۳	۳۲/۴	۸/۹	-۰/۵۴۹	۱	-۰/۴۹
فصل پاییز	۳۶	۳۰	۶	-۰/۴۲۵	۰/۸۸۷	-۰/۴۶
فصل زمستان	۳۲/۹	۳۰	۲/۹	-۰/۲۰۵	۰/۴۵۱	-۰/۲۴۶

درصد افزایش یابد، مصرف سرانه فصلی ۳/۷۹ درصد کاهش می‌یابد.

کشش درآمدی تقاضا در بلند مدت حدود ۰/۶ به دست آمد. بنابراین افزایش ۱۰ درصدی درآمد سرانه فصلی خانوار، افزایش ۶ درصدی مصرف سرانه فصلی را به دنبال خواهد داشت. کمتر از یک بودن کشش درآمدی، نشان دهنده ضروری بودن این کالا یعنی آب است.

منفی بودن کشش متقاطع نشان از مکمل بودن کالای آب با سایر کالاها دارد. برای آب با خصوصیات منحصر به فرد و کاربردهای انحصاری، کمتر می‌توان کالای جانشینی پیدا کرد. مکمل بودن آب با سایر کالاها به این مفهوم است که با افزایش قیمت کالاهای دیگر، میزان مصرف آب کاهش پیدا می‌کند. ولی همان‌طور که ملاحظه می‌شود کشش‌های متقاطع بسیار کوچک است. لذا افزایش و یا کاهش قیمت سایر کالاها نمی‌تواند تأثیر زیادی در مصرف آب داشته باشد و این خود حاکی از بدون جانشین بودن آب است.

تأثیر میزان درجه حرارت مثبت و تأثیر بارندگی منفی است. با افزایش ۱۰ درصدی درجه حرارت، میزان مصرف سرانه خانوارها حدود ۵ درصد افزایش می‌یابد و با افزایش ۱۰ درصدی میزان بارندگی، حدود ۲ درصد از میزان مصرف سرانه خانوارها کاسته خواهد شد.

میزان مازاد مصرف سرانه فصلی ۵/۵ متر مکعب برآورد شد که این میزان حدود ۱۷/۶ درصد مصرف سرانه فصلی واقعی است و برای حذف کامل مازاد مصرف، قیمت باید به میزان ۴۶ درصد افزایش یابد.

در مطالعه حاضر، تقاضای آب در فصل تابستان به‌عنوان جانشین مصارف بیرونی و تقاضای آب در فصل زمستان به‌عنوان جانشین مصارف داخلی در نظر گرفته شد. به‌منظور جلوگیری از طولانی شدن بحث، از تجزیه و تحلیل تقاضای آب در فصلهای بهار و پاییز صرف نظر شد و فقط به ارائه نتایج مربوط به مصارف داخلی و بیرونی پرداخته شد.

جدول ۷ نشان می‌دهد که در بلند مدت مازاد مصارف فصل تابستان حدود ۳ برابر مازاد مصرف فصل زمستان است و این نشان دهنده این امر است که مصرف‌کنندگان بیشترین اسراف را در مصارف بیرونی دارند.

کشش‌های قیمتی، درآمدی و متقاطع فصل تابستان نزدیک به دو برابر کشش‌های زمستان است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که افزایش قیمت نسبی آب، می‌تواند اثر بیشتری در کاهش مصارف غیر ضروری داشته باشد. کوچک‌تر بودن کشش درآمدی مصارف داخلی نسبت به مصارف بیرونی، نشان دهنده ضروری‌تر بودن

مصارف داخلی است. بیشترین اضافه مصرف در فصلهای تابستان و سپس پاییز اتفاق افتاده است. به‌علاوه هرچایی که اضافه مصرف بیشتر است، کشش قیمتی نیز به نسبت بیشتر است. این امر نشان می‌دهد که افزایش قیمت می‌تواند تأثیر بیشتری در کاهش مصرف در این شرایط داشته باشد.

نتایج حاصل نشان می‌دهد که کشش قیمتی در کلیه فصلها کوچک‌تر از یک بوده و این امر حکایت از بی کشش بودن تقاضا نسبت به قیمت آب حتی در بلند مدت دارد. کشش درآمدی تابستان در بلند مدت، یک محاسبه شده که این امر نشان می‌دهد که مصارف غیر ضروری در این فصل بسیار زیاد است.

۷- نتیجه‌گیری

بر اساس تئوری‌های اقتصادی، تابع تقاضای استون-گری مناسب‌ترین فرم تبعی برای استخراج توابع تقاضای کالاهای ضروری مثل آب خانگی است. در مطالعه حاضر، از این تابع و مدل تعدیل جزئی برای استخراج توابع تقاضای کوتاه مدت و بلند مدت آب خانگی شهر اراک استفاده شد. با توجه به بلوکی-تصادفی بودن تعرفه‌های شرکت آب و فاضلاب استان مرکزی، میزان مصرف بر قیمت تأثیرگذار است. بنابراین برای اجتناب از مشکلات همزمانی بین قیمت و مصرف، قیمت نهایی برآورد و مورد استفاده قرار گرفت. توابع تقاضای به دست آمده با استفاده از مدل عوامل تصادفی برآورد گردید که نتایج حاصل از این برآوردها منجر به پذیرش فرضیه‌های این پژوهش مبنی بر کم کشش بودن تقاضای آب خانگی شد. از طرفی وجود رابطه بین متغیرهای جوی نظیر میزان بارندگی و درجه حرارت با میزان مصرف آب خانگی تأیید می‌شود.

۸- پیشنهادها

۱- با کشش یا بی کشش بودن تقاضا یکی از مسائل مهم در سیاست‌گذاری دولت در بازار کالاها است. نتایج حاصل از برآوردها نشان می‌دهند که تقاضای آب نسبت به تغییرات قیمت آب کم کشش است. این مسئله نشانه حساسیت پایین مقدار تقاضا نسبت به تغییرات قیمت آب است. کشش درآمدی کوچک‌تر از یک و کشش متقاطع منفی نشان می‌دهد که آب یک کالای ضروری و مکمل است. با توجه به کشش‌پذیری کم تقاضای آب نسبت به قیمت و درآمد می‌توان گفت که قیمت و درآمد تأثیر بسیار زیادی بر تقاضای آب ندارند و این مطلب با طبیعت آب به‌عنوان یک کالای مصرفی ضروری مطابقت دارد. اما نکته مهم این است که صفر نبودن کشش قیمتی آب نشان می‌دهد که افزایش

تعارفها می‌تواند به عنوان راهکاری در کاهش مصرف آب به‌کار گرفته شود، به‌ویژه زمانی که قیمت آب به قیمت واقعی آن نزدیک است.

۲- با توجه به دو برابر بودن کشش قیمتی مصارف غیر داخلی نسبت به کشش قیمتی مصارف داخلی، تفکیک این دو نوع مصرف منطقی به‌نظر می‌رسد. اما با توجه به هزینه‌های زیاد این طرح اجرای آن امکان‌پذیر نیست.

۳- در کلیه مدل‌های ارائه شده، کشش قیمتی کوچک‌تر از یک است، یعنی با افزایش ۱۰ درصدی قیمت، مصرف کمتر از ۱۰ درصد کاهش می‌یابد. در نتیجه افزایش قیمت‌ها باعث افزایش درآمد شرکت آب و فاضلاب می‌گردد و این خود یکی از بهترین نتایج حاصل از تعدیل قیمت‌ها است. افزایش درآمد، مدیران را قادر خواهد ساخت که سرمایه‌گذاری‌های لازم برای بالا بردن کیفیت را

فراهم کنند. بنابراین با افزایش قیمت‌ها ضمن کاهش مصرف، منابع سرمایه‌گذاری لازم نیز فراهم می‌شود.

۴- نظر به این که کشش قیمتی به‌ترتیب در فصلهای زمستان، بهار، پاییز و تابستان افزایش می‌یابد و افزایش قیمت در فصلهایی که کشش قیمتی بالاتری دارند اثر بیشتری در کاهش مصرف خواهد داشت، پیشنهاد می‌شود که از قیمت‌گذاری فصلی استفاده شود. این نکته نیز جالب توجه است که بالاترین اضافه مصرف در همین فصلها یعنی تابستان و پاییز صورت می‌گیرد.

۵- با توجه به این که در کلیه مدل‌های برآورد شده، تأثیر متغیر درآمد سرانه خانوار بر مصرف آب از سایر متغیرها بیشتر است، بنابراین در پیش‌بینی مصرف آب مورد نیاز آینده، باید درآمد سرانه خانوار به‌عنوان یک متغیر مسلط، در کانون توجهات قرار گیرد.

۹- مراجع

- 1-Howe, C.W. (1982). "The impact of price on residential water demand: Some new insights." *Water Resources Research*, 18(4), 713-716.
- 2-Billings, R.B., and Day, W.M. (1989). "Demand management factors in residential water use: The southern Arizona experience." *J. of the American Water Works Association*, 81(3), 58-64.
- 3-Lyman, R.A. (1992). "Peak and off-peak residential water demand." *Water Resources Research*, 28(9), 2159-2167.
- 4-Miaou, S.P. (1990). "A class of time-series urban water demand models nonlinear climatic effects." *Water Resources Research*, 6(2), 169-178.
- 5-Martinez-Espieira, R. (2002). "Residential water demand in the northwest of Spain." *Environmental and Resource Economics*, 21(2), 161-187.
- 6-Joachim Schleich, T. H. (2009). "Determinants of residential water Demand in Germany." *Ecological Economics*, 68, 1756-1769.
- 7-Arbués, F., Barberán, R., and Villanúa, I. (2004). "Price impact on urban residential water demand: A dynamic panel data approach." *Water Resources Research*, 4(1), 323-338.
- 8-Stevens, T.H., Miller, J., and Willis, C. (1992). "Effect of price structure on residential water demand." *Water Resources Bulletin*, 28(4), 681-685.
- 9-Howe, C.W., and Linaweaver, F.P. (1967). "The impact of price on residential water demand and its relationship to system design and price structure." *Water Resources Research*, 3(1), 13-32.
- 10-Carver, P.H., and Boland, J. J. (1980). "Short-run and long-run effects of price on municipal water use." *Water Resources Research*, 16(4), 609-616.
- 11- Sabouhi, M., and Nobakht, M. (2009). "Estimating the water demand function of Pardis city." *J. of Water and Wastewater*, 70, 69-74. (In Persian)
- 12- Chen, H., and Yang, Z.F. (2009). "Residential water demand model under block rate pricing: A case study of Beijing, China." *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 14, 2462-2468.