مجله برنامه و بودجه، شمارهٔ ۵۴ و ۵۵، ص. ۷۷-۱۰۶.

برآورد معادله مصرف آب در فصول تابستان و زمستان در شهر تهران*

نویسنده: الهام رستم‌آبادی سفلی**

چکیده

در چند دهه گذشته، همگام با افزایش روزافزون جمعیت، افزایش مهاجرت به شهرها، شدت تمرکز مراکز تجاری و صنعتی در شهرها و عوامل دیگر، تقاضا برای آب آشامیدنی افزایش یافته است، در حالی که عرضه آب، به دلایل متعدد، پاسخگوی این نیاز نبوده است. قطع مکرر آب و بی‌آبی‌های طولانی در فصل تابستان، نشانه‌ای از وضعیت نابسامان تأمین آب آشامیدنی در شهرها، به ویژه شهر تهران، می‌باشد. بر این اساس، نهادهای مسئول تأمین آب آشامیدنی، برای حل مسئله کمبود آب از سیاست قیمت‌گذاری تصاعدی استفاده نموده‌اند تا بدین وسیله، از تقاضای آب بکاهند.

در این مقاله، ضمن تعیین عوامل مؤثر بر تقاضای آب آشامیدنی و تدوین الگویی مناسب برای برآورد آن، به محاسبه کشش قیمتی و درآمدی تقاضا و مقایسه توابع تقاضا در دو فصل تابستان و زمستان در شهر تهران می‌پردازیم. برای انجام این امر، از روش حداقل مربعات معمولی و داده‌های سری زمانی ماهانه متغیرهای قیمت متوسط آب، درآمد خانوار، تعداد مشترکین و متغیرهای جوی طی سال‌های ۱۳۵۹ تا ۱۳۷۴

---

* این مقاله، چکیده پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده است که با عنوان مقایسه توابع تقاضای آب در فصول تابستان و زمستان در شهر تهران (۱۳۵۹-۱۳۷۴)، با راهنمایی دکتر کامبیز هژبر کیانی و مشاوره دکتر محمدعلی خطیب در دانشگاه آزاد اسلامی (واحد تهران مرکزی) در سال ۱۳۷۶ تألیف گردیده است. از مساعدت‌های جناب آقای مهندس غفاری شیروان، مدیرکل محترم دفتر امور منابع آب سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، که سهم قابل توجهی در تهیه این رساله داشتند، قدردانی می‌نمایم.

** کارشناس دفتر امور منابع آب سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

استفاده کرده‌ایم.

به منظور مقایسه توابع تقاضای آب آشامیدنی در شهر تهران در دو فصل تابستان و زمستان، از آزمون چو و آزمون t بهره گرفته‌ایم. نتایج برآورد نشان می‌دهد که تقاضای آب نسبت به تغییرات قیمت آب و درآمد خانوار در دو فصل تابستان و زمستان بی‌کشش است. بنابراین، قیمت آب، ابزار مؤثری برای کاهش مصرف آب نبوده و اعمال سیاست‌های صرفه‌جویی و جلوگیری از اتلاف در مصرف آب این شهر، ضروری است.

مقدمه

آب، نقش بسیار مهمی در شکل‌گیری تمدن‌ها و استمرار آنها داشته و یکی از نیازهای رشد و توسعه اقتصادی هر کشوری است. در واقع، آب شرط اساسی برای رسیدن به هدف‌هایی چون افزایش تولید مواد غذایی، توسعه انرژی و توسعه فعالیت‌های صنعتی، و در نتیجه، فراهم آوردن امکان افزایش اشتغال، تأمین آب آشامیدنی و بهداشت و حفاظت تنوع بیولوژیک و اکوسیستم می‌باشد. آب تقریباً در تمام سطح زمین موجود است. ولی همواره بین عرضه و تقاضای آن از نظر کمیت، کیفیت، زمان و مکان، اختلاف بسیاری وجود دارد. پس از جنگ جهانی دوم، رشد و توسعه اقتصادی، هدف اصلی و کلی جوامع گوناگون گردید. در این زمینه، آب به عنوان یکی از عوامل اصلی شناخته شد و تلاش عظیمی برای تقارن عرضه و تقاضای آن از طریق به کار گرفتن امکانات مالی و فنی جدید در سراسر دنیا شروع گردید. نیاز روزافزون آب از سویی و اهمیت فوق‌العاده آن در توسعه فعالیت‌های اقتصادی از سوی دیگر، بر اهمیت انجام مطالعاتی در خصوص برآورد تقاضای آب شهرهای بزرگ مانند شهر تهران می‌افزاید.

برآوردهای مدل‌های تقاضا برای آب دارای دو هدف می‌باشند: ابتدا آنها با استفاده از داده‌های سری‌های زمانی و مقطعی برای برآورد پارامترهای عمده اقتصادی مانند کشش‌های مستقیم و متقاطع قیمت، کشش‌های درآمدی و مانند اینها طراحی می‌شوند، و برای سیاستگذاران این امکان را فراهم می‌آورند تا اثر تغییرات در ساختار و سطوح این متغیرها را بر تقاضای آب گروه‌های مختلف ارزیابی نمایند. همچنین برآوردهای مدل‌های تقاضا، زمینه را برای پیش‌بینی نیازهای آبی در طول

دوران برنامه‌ریزی فراهم می‌کنند.

در این مقاله، ضمن بررسی شرایط بازار آب در شهر تهران، اعم از منابع تأمین، مصارف آب، تعرفه‌های آب بها طی سال‌های ۱۳۵۹–۱۳۷۵ و ساختار قیمت در این شهر، به بیان انواع قیمت‌گذاری برای آب که امروزه در نقاط مختلف جهان به کار می‌رود، می‌پردازیم.

در بخش دوم، متون اقتصادی در این زمینه، شامل مطالعات انجام‌شده در خارج از کشور و داخل کشور را مرور می‌نماییم.

در بخش سوم، زیربنای نظری مدل، متغیرهای مورد استفاده در الگو و معادلات برآورد شده را ارائه می‌دهیم و توابع تقاضای آب آشامیدنی شهر تهران در فصول تابستان و زمستان را مقایسه می‌کنیم.

در بخش چهارم، مطالب را جمع‌بندی و نتیجه‌گیری می‌نماییم.

۱. شرایط بازار آب در شهر تهران

شهر تهران با جمعیتی حدود ۶/۷ میلیون نفر، از بزرگ‌ترین شهرهای دنیا به شمار می‌رود. میزان متوسط بارندگی در این شهر حدود ۲۵۰ میلی‌متر و رطوبت نسبی هوا کم و آب و هوای آن متأثر از هوای خشک کویری است. این شهر، برخلاف بسیاری از کانون‌های اصلی کشورهای بزرگ، در کنار رودخانه قرار نگرفته است. به همین روی، باید از دوردست و رودخانه‌های اطراف، آب مورد نیاز اهالی و فضای سبز و کارخانه‌های آن را تأمین کرد. منابع تأمین آب و مصارف این شهر را در زیر بررسی می‌نماییم.

۱-۱. منابع عرضه آب

آب شهر تهران در گذشته از طریق ۴۸ رشته قنات وقفی و خصوصی تأمین می‌شد. با مرکزیت یافتن و افزایش جمعیت شهر، توسعهٔ بیشتر مقدار آب این قنات‌ها کافی به نظر نمی‌رسید. به همین روی، موضوع استفاده از آب رودخانه‌های اطراف تهران و انتقال آن به شهر مطرح گردید. در سال ۱۳۰۶،

عملیات احداث مجرای رودخانه کرج به تهران آغاز گردید. لیکن این آب در مسیر هرز رفته و انواع آلودگی‌ها را در بر داشت. در سال ۱۳۳۰ طرح اولیه لوله‌کشی آب شهر تهران براساس جمعیت ۹۰۰۰۰۰ نفری به مرحله اجرا درآمد و در سال ۱۳۳۲ بهره‌برداری از شبکه شهر با استفاده از آب چاه‌ها در بسیاری از محلات تهران آغاز شد. هم زمان با لوله‌گذاری، احداث مخازن ذخیره و تصفیه‌خانه و خطوط آبرسانی نیز شروع گردید. برای مهار آب‌های بهاره و سیلاب‌ها و ذخیره‌سازی آب، کار ساخت سدهای بزرگ آغاز گردید و به‌تدریج تأسیسات آب شهر تهران متناسب با افزایش جمعیت و نیازهای شهری تحول یافت.

امروزه آب شهری تهران از طریق سدهای کرج، لار و لتیان تأمین می‌گردد و بخشی از آن نیز خصوصاً در ماه‌هایی که منابع سطحی توانایی تأمین نیازها را ندارند، از آب زیرزمینی تأمین می‌گردد.

سد کرج (۱۳۳۶-۱۳۴۰) با توجه به هدف‌هایی چون ذخیره سیلاب‌های بهاره، ایجاد تأسیسات برق آبی، تأمین آب آشامیدنی شهر تهران و آبیاری اراضی دشت‌های کرج و شهریار بر روی رودخانه کرج بنا شده است. انتقال آب از سد کرج از محل آبگیر بیلقان، در ۲۰ کیلومتری پایین دست سد، توسط دو خط لوله به ظرفیت حداکثر ۱۳ مترمکعب در ثانیه به تصفیه‌خانه‌های شماره ۱ و ۲ انجام می‌شود. به منظور تأمین آب شهر تهران، تأمین آب کشاورزی دشت ورامین و تولید نیروی برق آبی، سد لتیان (۱۳۴۲-۱۳۴۶) بر رودخانه جاجرود بنا گردید. آب تخصیص داده شده از این سد برای شهر تهران نیز از طریق تونل تلو به ظرفیت اسمی ۹ مترمکعب در ثانیه به تصفیه‌خانه‌های شماره ۳ و ۴ منتقل می‌شود. آب انتقالی از سد لار نیز توسط تونل لار-کلان، به ظرفیت ۱۸/۵ مترمکعب در ثانیه، به نیروگاه کلان انتقال داده می‌شود و از آن جا از طریق رودخانه لوارک به دریاچه سد لتیان وارد می‌شود.

یکی دیگر از منابع تأمین آب شهر تهران استفاده از سفره‌های آب زیرزمینی است. به طور کلی، ۱۷۸ چاه، شامل چاه‌های زهکش، چاه‌های کمکی به تأمین آب شهر و تأمین آب فضای سبز، در شهر تهران موجود می‌باشد. میزان برداشت آب از هرگروه چاه متفاوت بوده و پس از تصفیهٔ میکرُبی آب به مخازن ذخیره آب شهر انتقال می‌یابد یا مستقیماً به شبکه آبرسانی تزریق می‌شود.

میزان آب خام برداشت شده از منابع مختلف سطحی و زیرزمینی شهر تهران در دهه‌های ۱۳۵۰، ۱۳۶۰ و ۱۳۷۰ را در نمودار ۱ نشان داده‌ایم. با توجه به این نمودار، در سال‌های اخیر، منابع تأمین‌کننده آب شهر تهران، شامل سد کرج، سد لتیان و چاه‌ها، به ترتیب، ۳۷/۸، ۳۳/۵ و ۲۸/۷ درصد از آب شهر را تأمین نموده‌اند.

نمودار ۱. مقایسه آب خام دریافتی از منابع تغذیه تصفیه‌شده مصرفی شهر تهران در دهه‌های ۱۳۵۰، ۱۳۶۰ و ۱۳۷۰

مأخذ: شرکت آب و فاضلاب استان تهران. امور تولید و آبرسانی.

۱-۲. مصارف آب

مصرف آب در شهر تهران به طور دایم در تغییر بوده و با گسترش شهر و افزایش جمعیت، روز به روز

درحال افزایش است. آب شهری معمولاً به صورت‌های خانگی[۱]، عمومی[۲]، تجاری و صنعتی[۳] مصرف می‌گردد. مصرف آب شرب شهر تهران بالغ بر ۸۰۰ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد. حداکثر میزان مصرف آب شهر در فواصل زمانی پنجم تیر تا هفدهم مرداد صورت می‌گیرد. بدین‌ترتیب، نوسان‌های مصرف، به‌طور مستقیم، به درجه حرارت مرتبط است. مصرف سرانه آب در شهر تهران درحدود ۳۵۰ لیتر در روز برای هر نفر می‌باشد که در طی دوره ۳۰ ساله (۱۳۴۵-۱۳۷۵) بیش از چهار برابر افزایش یافته است. این مطلب را در جدول ۱ نشان داده‌ایم.

جدول ۱. مصرف سرانه آب شهر تهران طی یک دوره ۳۰ ساله (۱۳۴۵-۱۳۷۵)

سال	آب خام میلیون‌مترمکعب	جمعیت به هزار نفر	تعداد مشترکین	مصرف‌سرانه به لیتر در روز	متوسط مصرف سالانه هر مشترک به مترمکعب
۱۳۴۵	۹۹	۲۹۸۰	۲۲۵۵۳۰	۹۱	۴۳۹
۱۳۵۲	۲۹۱	۳۹۳۱	۴۷۰۳۶۳	۲۰۳	۶۱۹
۱۳۵۵	۳۴۶	۴۵۳۰	۵۱۰۶۳۰	۲۰۹	۶۷۸
۱۳۵۹	۴۳۸	۵۴۴۴	۵۶۳۷۹۶	۲۲۰	۷۷۷
۱۳۶۱	۴۷۸	۵۷۳۴	۵۹۱۱۷۴	۲۲۸	۸۰۹
۱۳۶۵	۵۴۲	۶۰۴۳	۶۴۶۰۰۰	۲۴۶	۸۳۹
۱۳۷۰	۶۸۱	۶۴۷۶	۷۲۰۳۹۰	۲۸۸	۹۴۵
۱۳۷۵	۸۷۰	۶۷۵۹	۷۹۶۳۵۹	۳۵۳	۱۰۹۲

مأخذ: شرکت آب و فاضلاب استان تهران.

۱. مصارف خانگی: مقدار آبی است که در منازل برای آشامیدن، پخت‌وپز، نظافت، تهویه مطبوع و فضای سبز و... مصرف می‌شود.
۲. مصارف عمومی: مصارفی است که در اماکن عمومی شهر، نظیر مدارس، دانشگاه‌ها، بیمارستان‌ها، هتل‌ها، مساجد، نظافت خیابان‌ها، آتش‌نشانی و... صورت می‌گیرد.
۳. مصارف تجاری و صنعتی: مقدار آبی است که در مراکز تجاری و صنعتی و کار خانه‌های شهر مصرف می‌شود.

۱-۳. ساختار قیمت در شهر تهران

تا قبل از تشکیل شرکت‌های آب و فاضلاب، نرخ آب و حق انشعاب در بعضی از شهرها توسط وزارت نیرو و در سایر نقاط توسط وزارت کشور، با تأیید استانداران به قائم مقام شورای اسلامی شهر، تعیین و وصول گردیده است. در این زمینه، مبانی مشابهی برای نرخ‌گذاری برای آب آشامیدنی وجود نداشته و رویه‌های مختلفی در شهرهای کشور اعمال شده است.

صنعت آب در شهر تهران تا پیش از تأسیس وزارت آب و برق (سال ۱۳۴۲) توسط شهرداری و سازمان آب تهران اداره می‌گردید. در آن زمان، چون شرایط استفاده از روش‌های علمی در تنظیم جدول نرخ آب فراهم نبود، نرخ آب در هر مترمکعب برای انواع مصارف به صورت ثابت و یکنواخت تعیین می‌شد. پس از تأسیس وزارت آب و برق و ایجاد شرکت آب منطقه‌ای تهران، بررسی‌هایی در جهت طرح‌ریزی نرخ آب به صورت علمی به عمل آمد. از سال ۱۳۷۱، با تشکیل شرکت آب و فاضلاب استان تهران، نرخ آب آشامیدنی و هزینه‌های اشتراک انشعاب با در نظر گرفتن هزینه‌های بهره‌برداری و استهلاک توسط مجمع عمومی شرکت تهیه و پس از تصویب شورای اقتصادی، قیمت آب عرضه شده به صورت آیین‌نامه داخلی توسط شرکت آب و فاضلاب ابلاغ می‌گردد.

جدول‌های تعرفه آب بها که از سال ۱۳۵۵ در شهر تهران به مورد اجرا گذاشته شد، شامل چهار تعرفه آب بهای مسکونی، عمومی و دولتی، تجاری و صنعتی و مذهبی می‌باشد. علاوه بر تعرفه‌های فوق، حق اشتراک یا آبونمان نیز اخذ می‌شود که برحسب اندازه واحد مسکونی، مبلغ آن متفاوت است.[۱]

جدول‌های ۲ تا ۶، نرخ آب مصارف خانگی را که طی سال‌های ۱۳۵۹-۱۳۷۵ در شهر تهران به مورد اجرا گذاشته شده، نشان می‌دهد. به طوری که از جدول‌های نرخ بهای آب مصرفی مشترکین خانگی ملاحظه می‌شود، در سال‌های ۱۳۵۹-۱۳۶۳ نظام نرخ تصاعدی پله‌ای، در سال‌های ۱۳۶۴-۱۳۶۸ نظام نرخ تصاعدی خطی، در سال‌های ۱۳۶۹-۱۳۷۲ نظام نرخ تصاعدی به صورت خطوط شکسته، در سال‌های ۱۳۷۳-۱۳۷۴ نظام نرخ تصاعدی پله‌ای و در سال ۱۳۷۵ نرخ

۱. حق انشعاب آب، عبارت است از مبلغی که به تناسب مساحت عرصه و اعیان ملک یا در بعضی حالات به تناسب قطر و نوع انشعاب به اعتبار استفاده از آب قابل شرب و تأسیسات مربوط و با توجه به هزینه‌های سرمایه‌گذاری محاسبه و تعیین می‌گردد.

تصاعدی به صورت خطوط شکسته اجرا گردیده است. این شیوه قیمت‌گذاری در جهت اعمال سیاست‌های صرفه‌جویی، کاهش فشار بر قشرهای کم درآمد و اخذ قیمت‌های بالاتر از مصرف‌کنندگان پر مصرف به منظور تأمین هزینه‌های آبرسانی شهری می‌باشد.

جدول ۲. نرخ بهای آب مصرفی سه ماهه مشترکین خانگی برای سال‌های ۱۳۵۹-۱۳۶۳

طبقات مصرف (متر مکعب)	نرخ هر مترمکعب (ریال)
۰ الی ۲۴	۷/۵
۲۵ الی ۶۰	۱۲
۶۱ الی ۱۸۰	۱۵
۱۸۱ الی ۴۵۰	۱۸
۴۵۱ الی ۱۵۰۰	۲۴
۱۵۰۱ به بالا	۳۰

مأخذ: شرکت آب و فاضلاب استان تهران، مدیریت برنامه‌ریزی و اقتصاد.

جدول ۳. نرخ بهای آب مصرفی مشترکین خانگی برای سال‌های ۱۳۶۴-۱۳۶۹

طبقات مصرف (مترمکعب)	نرخ هر مترمکعب (ریال)	
	۱۳۶۸-۱۳۶۴	۱۳۶۹
$0 < x \leq 30$	رایگان	رایگان
$30 < x \leq 75$	۰/۲x+۴/۵	۰/۲x+۴/۵
$75 < x \leq 300$	–	۰/۸x-۴۰
$300 < x$	–	۲۰۰

x: میزان مصرف سه ماهه به مترمکعب.

مأخذ: شرکت آب و فاضلاب استان تهران، مدیریت برنامه‌ریزی و اقتصاد.

جدول ۴. نرخ بهای آب مصرفی مشترکین خانگی برای سال‌های ۱۳۷۰-۱۳۷۲

طبقات مصرف (مترمکعب)	نرخ هر مترمکعب (ریال) ۱۳۷۱-۱۳۷۰	۱۳۷۲
۰ < x ≤ ۳۰	رایگان	رایگان
۳۰ < x ≤ ۷۵	۰/۲۴x+۵	۰/۲۴x+۵
۷۵ < x ≤ ۱۰۰	۰/۹x-۴۵	۰/۹x-۴۵
۱۰۰ < x ≤ ۲۰۰	۱/۱x-۶۵	-
۱۰۰ < x ≤ ۲۱۰	-	۱/۱x-۶۵
۲۰۰ < x	۱/۳x-۱۰۵	-
۲۱۰ < x ≤ ۲۵۰	-	۵/۳۵x-۹۵۸
۲۵۰ < x	-	۳۸۰

x : میزان مصرف سه ماهه به متر مکعب.

مأخذ: شرکت‌آب‌وفاضلاب استان تهران - مدیریت برنامه‌ریزی و اقتصاد.

جدول ۵. نرخ بهای آب مصرفی مشترکین خانگی برای سال‌های ۱۳۷۳-۱۳۷۴

طبقات مصرف (مترمکعب)	نرخ هر مترمکعب (ریال) ۱۳۷۳	۱۳۷۴
۰ < x < ۵	رایگان	رایگان
۵ ≤ x < ۱۰	۱۵	۲۰
۱۰ ≤ x < ۱۵	۲۵	۲۵
۱۵ ≤ x < ۲۰	۳۰	۳۰
۲۰ ≤ x < ۲۲/۵	۳۶	۴۰
۲۲/۵ ≤ x < ۳۰	۳۶	۵۰
۳۰ ≤ x < ۴۰	۶۷	۸۵
۴۰ ≤ x < ۴۵	۱۰۰	۱۲۵
۴۵ ≤ x < ۵۰	۱۰۰	۱۳۰
۵۰ ≤ x < ۶۰	۱۳۳	۱۷۵
۶۰ ≤ x < ۷۰	۱۶۸	۲۲۰
۷۰ ≤ x	۳۰۰	۳۹۰

x : میزان مصرف در ماه به مترمکعب.

مأخذ: شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور. *تعرفه‌های آب بها در سال‌های ۱۳۷۳ و ۱۳۷۴.*

جدول ۶. نرخ بهای آب مصرفی مشترکین خانگی در سال ۱۳۷۵

طبقات مصرف (مترمکعب)	نرخ هر مترمکعب (ریال)
$x < ۵$	رایگان
$۵ \leq x < ۲۵$	$۰/۱۳۶x^۲ - ۲x + ۳۰$
$۲۵ \leq x < ۶۵$	$۵/۸x - ۸۰$
$۶۵ \leq x < ۷$	$۰/۱۵۲x^۲ - ۳۴۵$
$۷۵ \leq x$	۵۱۰

x : میزان مصرف در ماه به مترمکعب.

مأخذ: شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور. تعرفه‌های آب بها در سال ۱۳۷۵.

ساختار قیمت در شهر تهران به صورت نرخ تصاعدی پله‌ای و خطوط شکسته می‌باشد. در نظام نرخ‌گذاری تصاعدی پله‌ای برای آب مانند سایر کالاها، قیمت واحدی برای تمام مصرف‌کنندگان وجود ندارد، بلکه نرخ آب برای هر مصرف‌کننده بستگی به پله‌ای دارد که در آن قرار گرفته است. برای مثال، اگر مصرف‌کننده به میزان OC واحد در نمودار ۲ مصرف نماید، تمام واحدهای مصرف به قیمت آخرین پله مصرف تعیین می‌گردد و صورت حساب آب مصرف‌کننده موردنظر معادل مساحت مستطیل $OP_۳HC$ است. بنابراین، قیمت متوسط و قیمت نهایی با هم برابر می‌باشند. در کشورهای دیگر، برای مصرف‌کننده، قیمت هر پله مصرف متفاوت از قیمت پله مصرف دیگر است. بدین روی، در چنین حالتی برای مصرف‌کننده موردنظر OA واحد به قیمت $P_۱$، AB واحد به قیمت $P_۲$ و BC واحد به قیمت $P_۳$ محاسبه می‌گردد. بنابراین، قیمت متوسط و قیمت نهایی برابر نبوده و صورت حساب آب او معادل مساحت $OP_۱DEFGHC$ می‌باشد. در واقع، با وجود نرخ‌های متفاوت برای بلوک‌های مختلف مصرف، قدرت خرید مصرف‌کننده افزایش می‌یابد. به صورتی که در مصرف OC واحد، صورت‌حساب پرداختی مصرف‌کننده به میزان ۳ $P_۱DEFGP$ واحد کمتر از حالتی می‌شود که تمام

واحدهای مصرف به قیمت نهایی به فروش می‌رفت. به عبارتی، اخذ نکردن مقدار فوق از مصرف‌کنندگان، همانند یارانه‌ای است که برای افزایش قدرت خرید آنها پرداخت می‌شود، ولی قیمت‌گذاری براساس آخرین پله مصرف مانند وضع مالیات بر مصرف می‌باشد.

نمودار ۲. مقایسه نظام‌های نرخ‌گذاری تصاعدی به صورت پله‌ای و خطوط شکسته

در نظام نرخ‌گذاری تصاعدی به صورت خطوط شکسته، مراحل مختلفی برای مصرف در نظر گرفته می‌شود و مقدار مصرف آب در هر مرحله، تابع نرخ معینی است، به طوری که با افزایش مصرف، میزان نرخ افزایش می‌یابد و از یک مرحله به بعد با افزایش خیلی کمی در مصرف، قیمت سریعاً افزایش می‌یابد. منحنی P_1P در نمودار ۲، نشانگر این نوع سیاست قیمت‌گذاری است. در این حالت، اگر مصرف‌کننده همان OC واحد را مصرف نماید، باید به میزان OP_1IC یعنی سطح زیر منحنی P_1P تا مصرف OC بپردازد.

تبعیض میان مصرف‌کنندگان خانگی بر اساس نظام نرخ‌گذاری تصاعدی پله‌ای (بر اساس آخرین پله مصرف) و خطوط شکسته که عملاً به صورت وضع مالیات تصاعدی است، نشان‌دهنده بهینه‌سازی قیمت نمی‌باشد. البته اگر نهادهای مسئول تأمین آب آشامیدنی بخواهند از این طریق هزینه‌های خود را تأمین نمایند، این سیاست‌های قیمت‌گذاری امری مفید است. لیکن نقش و اهمیت تعرفه‌ها بسیار بالاتر از وصول عایدات است. تعرفه‌ها باید بازده اقتصادی را افزایش دهند و عدالت را برقرار کنند.

۱-۴. سیاست‌های مختلف قیمت‌گذاری آب

به‌طور عمده، تمام نظام‌های آب برای تأمین درآمد به تعرفه‌ها متکی می‌باشند. در بسیاری از نظام‌های شهری کشورهای توسعه‌یافته، درآمد ناشی از تعرفه برای پوشاندن تمام هزینه‌ها، شامل هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیات، کفایت می‌کند. لیکن در کشورهای در حال توسعه، درآمد ناشی از تعرفه‌ها، اغلب پایین‌تر از میزان لازم برای پوشش کامل هزینه‌های نظام تأمین آب شهری است. باتوجه به این امر که هدف اصلی از تعیین تعرفه‌ها، ایجاد سرمایه برای راهبری و عملیات این نظام است، نقش و اهمیت تعرفه‌ها بسیار بالاتر از وصول عایدات است. تعرفه‌ها باید درآمدهای مورد نیاز را افزایش دهند، بازده اقتصادی را بالا برند و عدالت را برقرار کنند. همچنین از نظر اجتماعی قابل قبول و از نظر سیاسی عملی و قابل وصول باشند و در حفاظت از منابع مشارکت کنند. تعیین نرخ آب در مناطق مختلف باتوجه به اصول فوق و شرایط اقتصادی، اجتماعی و جغرافیایی آن منطقه تعیین می‌گردد. تعیین قیمت آب شهری به روش‌های متعددی انجام می‌شود که در زیر به چند مورد آن اشاره می‌کنیم.

۱-۴-۱. تعرفه‌های یک بخشی و چند بخشی

ساده‌ترین شکل ممکن تعرفه آب، مبلغ ثابتی است که در هر ماه از مشتری وصول می‌شود.[1] شکل دیگر تعرفه که برای مشتریان دارای کنتور قابل اجراست، تعیین آب بها بر اساس واحد آب مصرفی

1. Flat Rate; Fixed Monthly Charge

است. نظر به این که هر یک از تعرفه‌های فوق فقط یک قیمت را در بردارند، آنها را تعرفه‌های یک بخشی می‌نامند. در یک تعرفه دو بخشی، قیمت‌ها به گونه‌ای با یکدیگر ترکیب شده که هر مشتری علاوه بر پرداخت یک مبلغ ثابت ماهانه، مبلغی دیگر برای مصرف آب بر طبق رقم قرائت شده از کنتور می‌پردازد. در تعرفه‌های چند بخشی که از دو یا سه یا چند جزء تشکیل شده، اجزای دیگر ازجمله ارزیابی سالانه براساس ارزش دارایی، آب بهای حداقل اضافه بر آب بهای ثابت و غیره نیز می‌توانند افزوده شوند. متداول‌ترین نوع تعرفه، تعرفه یکنواخت دوبخشی است. اعمال این تعرفه بدون درنظر داشتن مصارف قبل، منطقه یا فصل، موجب صرفه‌جویی در مصرف آب مشترکین می‌شود.

۱-۴-۲. تعرفه‌های تصاعدی نزولی[1] یا قیمت‌گذاری حمایتی[2]

اگر مصرف آب در هر صورت حساب به چند بلوک مجزا تقسیم شود و قیمت‌های مجزایی برای هر بلوک تعیین گردد، اگر قیمت با افزایش مصرف کاهش یابد، یک نرخ تصاعدی نزولی به وجود می‌آید و نرخ‌های آب متوالیاً کاهش می‌یابد. اعمال این نوع نرخ سبب ایجاد انگیزه برای صرفه‌جویی نمی‌گردد.

۱-۴-۳. تعرفه‌های تصاعدی صعودی[3]

هنگامی که قیمت بلوک با افزایش مصرف افزایش یابد، نرخ تصاعدی صعودی به وجود می‌آید. این تعرفه ممکن است به صورتی اعمال گردد که هر مصرف‌کننده یک قیمت را برای تمام آب مصرف‌شده در صورت حساب بپردازد، ولی قیمت با افزایش مصرف افزایش می‌یابد. فرض ضمنی استفاده از این نوع تعرفه، آن است که به وسیله مقدار مصرف، گروه‌های مصرف‌کننده پردرآمد شناسایی شده و از احتمال به وجود آمدن نرخ‌های بالای مصرف برای خانواده‌های کم درآمد و نرخ‌های پایین برای خانواده‌های پردرآمد جلوگیری می‌شود.

1. Declining Block Rate
2. Promotional Pricing
3. Incremental Block Pricing

۱-۴-۴. تعرفه‌های تصاعدی مختلط

تعرفه‌های مختلط زمانی به وجود می‌آیند که اجزای مربوط به نرخ‌های تصاعدی نزولی یا صعودی در یک تعرفه در کنار یکدیگر قرار گیرند. معمولاً ابتدا قیمت افزایش و سپس کاهش می‌یابد. این تعرفه با استفاده از یک حداقل پرداخت به همراه یک نرخ تصاعدی نزولی به دست آمده و انعکاس دهنده آن است که قیمت‌های پایین برای مشترکین کم مصرف و پرمصرف عرضه می‌شود.

۱-۴-۵. تعرفه‌های فصلی

نظر به این که تقاضای آب و هزینه تأمین آن در طول سال متغیر است (تقاضا و هزینهٔ تأمین در دورهٔ هوای گرم و خشک افزایش می‌یابد)، می‌توان برای فصول مختلف، قیمت‌های متفاوتی را در نظر گرفت. برای مثال، در برخی از مناطق برای تشویق مصرف‌کنندگان به صرفه‌جویی در مصارف آبیاری در تابستان، قیمت بالاتری برای این فصل تعیین می‌شود. نرخ متفاوت در تابستان[1]، روش مؤثری در مقابله با حداکثر مصرف در این فصل است. از آن جا که تفاوت قیمت فصلی، منعکس‌کننده تغییر فصلی هزینه‌های قابل صرفه‌جویی (شامل هزینه‌های ظرفیت) است، این تعرفه می‌تواند محرک قوی برای ایجاد بازده اقتصادی، حفاظت از منابع و عدالت باشد.

۲. مروری بر متون اقتصادی در این زمینه

امروزه با توجه به اهمیت اقتصادی و اجتماعی آب به عنوان یک نهاده حیات‌بخش، الگوی مصارف آب شهری از جنبه‌های مختلف تحلیل شده است. در مطالعات انجام شده، گروه‌های مصرف‌کننده آب شهری به چهار دسته گروه خانگی، گروه تجاری، گروه صنعتی و گروه عمومی تقسیم شده‌اند. مصرف آب آشامیدنی به مصارف داخلی[2] یا زمستانی و مصارف غیرداخلی[3] یا تابستانی تقسیم می‌شود.

1. Summer Differential Rate
2. Indoor Uses
3. Outdoor Uses

۲-۱. مطالعات انجام‌شده در جهان

از نخستین کارهایی که در زمینه تخمین تابع تقاضای آب، به عمل آمده، مطالعات مورگان (۱۹۷۳) می‌باشد. او با گردآوری اطلاعات در خصوص مقدار مصرف آب سالانه، تعداد ساکنان خانه و ارزش تعیین‌شده دارایی (زمین) تابع تقاضای خانگی آب را برای مصارف داخلی برآورد نموده و با توجه به یکسان بودن قیمت نهایی آب برای همه مصرف‌کنندگان مورد مطالعه، متغیر قیمت را از مدل تقاضا حذف کرده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که تعداد افراد ساکن در هر واحد مسکونی، مهم‌ترین عامل در تعیین مصرف آب خانگی است.

هاو (۱۹۸۲) در مطالعه خود از دو متغیر قیمت نهایی[1] و تفاوت قیمت‌ها[2] برای نشان دادن قیمت آب استفاده نموده و تابع خطی تقاضای آب را در دو حالت تقاضای داخلی و غیرداخلی برآورد کرده است.

کوکران و کاتون (۱۹۸۵) تقاضای آب را بدون تفکیک گروه‌های مصرف‌کننده و نوع مصرف تابعی از قیمت متوسط هر واحد، درآمد سرانه مصرف‌کنندگان، دما، بارندگی و تعداد خانوار تعریف کرده و به علت ناچیز بودن اثر عوامل جوی در تعیین مقدار مصرف آب، متغیرهای دما و میزان بارندگی را از الگو حذف نمودند. نتایج برآورد نشان می‌دهد که درآمد سرانه، مهم‌ترین عامل در تعیین مقدار مصرف آب می‌باشد.

آگته، بیلینگز، دوبرا و رفیعی (۱۹۸۶) ضمن برآورد الگوی تقاضای آب و محاسبه کشش‌های قیمتی تقاضا در کوتاه‌مدت و بلندمدت، به این نتیجه دست یافتند که تقاضا در بلندمدت نسبت به تقاضا در کوتاه مدت با کشش‌تر می‌باشد.

ویلیامز و سو (۱۹۸۶) الگوی تقاضای آب را به تفکیک مصارف خانگی، تجاری و صنعتی برآورد کردند. نتایج آنها نشان می‌دهد که در توابع تقاضای خانگی آب، متغیرهای قیمت، درآمد سرانه، درجه حرارت، میزان بارندگی و بُعد خانوار و در توابع تقاضای تجاری و صنعتی آب، متغیرهای سطح

1. Marginal Price

2. Intramarginal Rate

تفاوت مبلغ صورت حساب مصرف‌کننده از مبلغی که در شرایط قیمت یکسان باید پرداخت نماید.

فعالیت‌های اقتصادی و اندازه بازار از مهم‌ترین عوامل تعیین کننده به شمار می‌روند.

چیکون، دلر و رامامورتی (۱۹۸۶) با استفاده از سه متغیر برای قیمت آب، شامل «قیمت نهایی» «قیمت جایزه»[1] و «قیمت ثانوی»[2] و بدون تفکیک انواع مصرف و گروه‌های مصرف‌کننده، الگوی تقاضا را برآورد نمودند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که واکنش مصرف‌کنندگان بـه تـغییرات قیمت نهایی آب بیشتر از قیمت ثانوی آب می‌باشد.

نیزویادامی و مولینا (۱۹۹۱) با بررسی رفتار مصرف‌کنندگان در سطوح قیمت‌های متفاوت به این نتیجه دست یافتند که خانوارها در نظام نرخ بلوکی افزایشی نسبت به قیمت نهایی و در نظام نرخ بلوکی کاهشی نسبت به قیمت متوسط واکنش نشان می‌دهند.

۲-۲. مطالعات انجام شده در ایران

کلاهی (۱۳۷۰) تقاضای آب آشامیدنی در شهر شیراز را با استفاده از آمار سری زمانی در حالت‌های مختلفی از قبیل تقاضای داخلی و غیر داخلی، تقاضای کل و تقاضا در فصل‌های مختلف و همچنین با استفاده از آمار سری زمانی – مقطع عرضی[3] و منظور نمودن متغیرهای مساحت زیربنا، مساحت حیاط خانه و تأثیر تعداد ساکنان هر واحد مسکونی، برآورد نموده است. نتایج نشان می‌دهد که مصرف آب آشامیدنی برای مقاصد داخلی و غیرداخلی و در فصل‌های مختلف، بیشتر از مقدار حداقل آب لازم برای معیشت بوده است. از سوی دیگر، تقاضای آب با مساحت زیربنای خـانه رابـطه مـثبت و بـا مساحت حیاط و تعداد افراد ساکن در هر خانه رابطه منفی دارد. در واقع، نتایج وجـود صـرفه‌های اقتصادی در مصرف آب را نسبت به تعداد ساکنان هر خانه نشان می‌دهد.

سعید نیا (۱۳۷۲) تابع تقاضای آب شهری شهرستان قم را با استفاده از متغیرهای مصرف آب، قیمت متوسط آب، تعداد مشترکین و متوسط درآمد خانوار برآورد نموده است. از نتایج این مطالعه کمتر از یک بودن کشش‌های قیمتی و درآمدی آب می‌باشد.

1. Rate Premium
2. Second Price Variable
3. Time Series - Cross Section

صدر، عبدیان و خدارحمی (۱۳۷۳) با فرض این که مقدار تقاضای آب، تابع قیمت، درآمد، تعداد مشترکین و دمای هوا می‌باشد، الگوی تقاضای آب شهر تهران را با استفاده از اطلاعات آماری سری زمانی برای یک دوره ۱۴ ساله و اطلاعات آماری فصلی برای ۱۰ فصل برآورد نموده‌اند. پس از برآورد، متغیرهای درآمد و دمای هوا به علت معنادار نبودن ضریب‌های از تابع حذف شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که مقدار تقاضای آب، تابع مستقیم تعداد مشترکین و تابع معکوس قیمت است.

اسدی و سلطانی (۱۳۷۵) به منظور بررسی مصرف آب خانگی شهرستان تنکابن، توابع تقاضا را برای فصل‌های مختلف برآورد نموده و برای بررسی اثر گروه‌های مختلف درآمدی مصرف‌کننده بر تملک خانه از مدل لاجیت[1] استفاده کردند و کشش‌های قیمتی و درآمدی را برای فصل‌های مختلف محاسبه نمودند. نتایج نشان می‌دهد که فصل تابستان در میان متغیرهای فصلی دیگر به عنوان عامل تعیین کننده در مصرف آب مطرح بوده است.

۳. زیربنای نظری مدل

الگوی اقتصاد کلان و مدلی که تمرکز آن بر مهم‌ترین پارامترهای اقتصاد مانند کشش‌های قیمتی و درآمدی است نسبت به مدل اقتصاد خرد و مدلی که تقاضا برای آب مصرفی را به اجزای مشخصی (مانند مصرف آب در لباس‌شویی و ظرف‌شویی، حمام، دوش و...) تقسیم می‌نماید، ارجحیت دارد. دلایل این انتخاب در دسترس بودن داده‌ها در سطح کلان جامعه، و از آن مهم‌تر، این مدل که دارای هدف فراهم نمودن سیاست تصمیم‌گیری برای مدیریت آب می‌باشد به تصمیم گیرنده اجازه می‌دهد تا اثر تغییرات در ابزارهای تصمیم‌گیری مانند سیاست قیمت‌گذاری آب را ارزیابی نماید.

براساس مدل‌های آزمون شده (که در بخش مروری بر متون اقتصادی در این زمینه، مطرح گردید) به غیر از متغیرهای قیمت و درآمد در تابع تقاضای آب، متغیرهای توضیحی چون بُعد خانوار، تعداد مشترکین و متغیرهای جوّی مؤثر می‌باشند. عوامل جوّی توسط چهار متغیر میزان بارندگی، متوسط درجه حرارت و حداقل و حداکثر مطلق درجه حرارت بررسی می‌شوند. با توجه به این مطالب،

1. Logit

مدل زیر برای برآورد تقاضای آب طراحی می‌گردد:

$$Q = f(P, C_{۳}, POP, N, R, H_{۱}, H_{۲}, H_{۳})$$

به طوری که Q مقدار مصرف آب آشامیدنی در شهر تهران (مترمکعب) تابعی از P قیمت اسمی هر مترمکعب آب آشامیدنی (ریال)، $C_{۳}$ درآمد اسمی مصرف‌کننده (ریال)، N تعداد مشترکین، POP جمعیت شهر تهران، R میزان بارندگی (میلی‌متر)، $H_{۱}$ حداکثر مطلق درجه حرارت (سانتی‌گراد)، $H_{۲}$ حداقل مطلق درجه حرارت (سانتی‌گراد) و $H_{۳}$ متوسط درجه حرارت (سانتی‌گراد) می‌باشد. با توجه به مفروضات تابع تقاضا، انتظار می‌رود که علایم مربوط به قیمت و درآمد، به ترتیب، منفی و مثبت باشند. بنابراین، در تقاضای استخراج شده برای آب آشامیدنی با توجه به علایم ضریب‌های فوق، انتظار می‌رود که کشش درآمدی تقاضا مثبت و کشش قیمتی تقاضا منفی باشد. این علایم با طبیعت آب به عنوان یک کالای مصرفی ضروری منطبق هستند.

آمار مربوط به مصرف آب ماهانه در شهر تهران طی سال‌های ۱۳۵۹ تا ۱۳۷۴ را از شرکت آب و فاضلاب استان تهران گرفته‌ایم. این آمار، منعکس‌کننده مجموعه آب مصرف‌شده در طول یک ماه توسط گروه‌های مصرف‌کننده (خانگی، تجاری، صنعتی و عمومی) در شهر تهران می‌باشد.

مصرف سرانه را از تقسیم متوسط مصرف ماهانه آب بر جمعیت شهر تهران محاسبه کرده‌ایم. برای وارد کردن متغیر درآمد در الگوی تقاضا از آمار مربوط به کل هزینه‌های خوراکی و غیرخوراکی جمعیت شهری استان تهران که به طور مستقیم از مرکز آمار ایران گرفته شده، استفاده نموده‌ایم. در این مطالعه، از قیمت متوسط به عنوان نمادی از قیمت آب برای برآورد تابع تقاضا استفاده کرده‌ایم. متوسط قیمت هر مترمکعب آب در ماه‌های مختلف سال، از تقسیم مبلغ کل درآمد آب بهای شرکت آب و فاضلاب استان تهران بر مقدار مصرف همان ماه محاسبه می‌شود. آمار متوسط حداکثر و حداقل درجه حرارت و متوسط ماهانه درجه حرارت برحسب سانتی‌گراد و میزان بارندگی برحسب میلی‌متر به عنوان مشاهدات متغیر عامل جوّی مورد استفاده قرار گرفته که این ارقام را به طور ماهانه از سالنامه‌های آماری مرکز آمار ایران و اطلاعات منتشرنشده سازمان هواشناسی کشور گرفته‌ایم. جمعیت و متوسط تعداد ساکنان در هر خانوار در شهر تهران را از سالنامه‌های آماری کشور و تعداد

مشترکین هر سال را از دفتر خدمات ماشینی شرکت آب و فاضلاب استان تهران گرفته‌ایم.

۳-۱. نتایج تجربی مطالعه

تابع تقاضای آب آشامیدنی توسط جمعیت شهری در تهران برای فصل‌های تابستان و زمستان را با استفاده از داده‌های سری زمانی ماهانه متغیرهای قیمت متوسط آب، درآمد خانوار، جمعیت، تعداد مشترکین و متغیرهای جوّی طی سال‌های ۱۳۵۹ تا ۱۳۷۴ برآورد نموده‌ایم، به دلیل استفاده از آمار کلی، تفکیک گروه‌های مصرف‌کننده خانگی، تجاری، صنعتی و عمومی از یکدیگر امکان‌پذیر نیست. برای تخمین ضریب‌های الگو، از روش حداقل مربعات معمولی[1] (OLS) سود جسته‌ایم. توابع مذکور به صورت‌های مختلف خطی، نمایی[2]، لگاریتمی[3] و نیمه لگاریتمی[4] برآورد گردیده که در نهایت فرم توابعی که از نظر آماری و درصد اطمینان معنادار بودن ضریب‌ها بهترین برازش را داشته‌اند، انتخاب گردیده است. آماره مورد استفاده برای معنادار بودن ضریب‌ها، t است که در داخل پرانتز برای هر متغیر نوشته می‌شود. آزمون آماری دوربین – واتسون[5] (D.W) برای آزمون عوامل خود همبسته ارائه می‌شود. در هر مرحله کشش قیمتی[6] (EP) و کشش درآمدی[7] (EM) برای تقاضای آب آشامیدنی در سطوح مختلف قیمت اسمی آب، درآمد سرانه اسمی محاسبه شده است.

توابع برآورد شده در فصل‌های تابستان و زمستان در شهر تهران با استفاده از الگوهای نمایی، لگاریتمی و نیمه‌لگاریتمی در جدول ۷ نشان داده شده است. طبق نتایج به دست آمده در فصل‌های تابستان و زمستان ضریب‌های نسبت قیمت سایر کالاها و خدمات مصرفی به قیمت اسمی آب آشامیدنی (PP)، نسبت بودجه اسمی مصرف‌کننده (درآمد)به قیمت اسمی آب (C_3 A)، درآمد سرانه (C_3P)، تعداد مشترکین (N) معنادار بوده و دارای علایم مورد انتظار می‌باشند. با توجه به معنادار بودن

1. Ordinary Least Square
2. Exponential Model
3. Doublelog Model
4. Semilog Model
5. Durbin - Watson
6. Price Elasticity of Demand
7. Income Elasticity of Demand

ضریب متوسط میزان درجه حرارت (H_3) فقط در تابستان، می‌توان به این مطلب اشاره نمود که نوسان مصرف در فصل تابستان به طور مستقیم به درجه حرارت مرتبط است و با افزایش و کاهش درجه حرارت، تقاضا برای آب آشامیدنی شهر تهران در فصل تابستان افزایش و کاهش می‌یابد.

متغیر بعد خانوار به لحاظ تغییرات بسیار ناچیز ماهانه، قدرت توضیح دهندگی نداشته و از معادله‌ها حذف گردید. مقدار ضریب تعیین در معادله‌های برآورد شده بسیار کوچک است که ناشی از متغیرهای تبدیل یافته در مدل و همچنین رفع مشکل خود هم‌بستگی است.

ضریب‌های برآورد شده تابع تقاضای آب آشامیدنی شهر تهران در فصل‌های تابستان و زمستان بر کشش‌ناپذیری تقاضای آب آشامیدنی نسبت به قیمت آب و نسبت به درآمد خانوار دلالت می‌نماید. به عبارت دیگر، آب آشامیدنی به عنوان یک کالای بدون جانشین به شمار می‌رود و افزایش نرخ آب اثر ناچیزی بر کاهش میزان مصرف آن دارد. در این صورت، افزایش قیمت آب موجب افزایش درآمد فروشنده آب خواهد شد. البته اشاره به این نکته ضروری است که بی‌کشش بودن تقاضای آب در دامنه تغییرات قیمت در دوره مورد بررسی است. از طرفی، مقدار تقاضا نسبت به تغییرات درآمد حساس نمی‌باشد. بنابراین، با افزایش یک درصد درآمد خانوار، انتظار می‌رود که میزان مصرف آب کمتر از یک درصد افزایش یابد و این مطلب بیان‌کننده آن است که آب یک کالای ضروری است.

۳-۲. مقایسهٔ توابع تقاضای آب آشامیدنی در فصل‌های تابستان و زمستان

به منظور بررسی تغییر ساختار مصرف در شهر تهران با وقوع فصل‌ها، توابع تقاضای آب آشامیدنی در فصل‌های تابستان و زمستان در این شهر مقایسه می‌شود. برای بررسی روند مصرف و اثر متغیرهای مستقل بر روی مصرف آب آشامیدنی شهر تهران در فصل‌های تابستان و زمستان برای سال‌های ۱۳۵۹-۱۳۷۴، از دو آزمون چو[1] و آزمون t استفاده کرده‌ایم.

1. Chow Test

۳-۲-۱. آزمون چو

این آزمون، اثرهای جمعی متغیرهای مستقل را بر روی مصرف آب آشامیدنی بررسی می‌نماید. با استفاده از داده‌های فصل‌های تابستان و زمستان $N_1=N_2=۴۸$ در دو حالت لگاریتمی و نیمه‌لگاریتمی، آزمون چو را محاسبه می‌کنیم. همان طور که جدول ۸ نشان می‌دهد، مقدار محاسبه شده برای آماره F برای هر دو حالت لگاریتمی و نیمه لگاریتمی بزرگ‌تر از مقدار بُحرانی به دست آمده از جدول $F_{۳,۹۰} \sim ۲/۶۸$ در سطح معنادار ۵ درصد می‌باشد. بنابراین، فرضیهٔ صفر یا فرضیه همانند بودن دو رگرسیون رد می‌گردد. باتوجه به این موضوع که آزمون چو، اثرهای جمعی متغیرهای نسبت قیمت سایر کالا و خدمات مصرفی به قیمت اسمی آب آشامیدنی و درآمد خانوار را بر روی مصرف آب آشامیدنی شهر تهران نشان می‌دهد، می‌توان گفت که توابع تقاضای آب آشامیدنی شهر تهران در فصل‌های تابستان و زمستان با هم متفاوت بوده، یا به عبارتی، ساختار و روند مصرف آب آشامیدنی شهر تهران در دو فصل تابستان و زمستان تغییر کرده است.

۳-۲-۲. آزمون t

برای مقایسه اثر هر یک از متغیرهای مستقل در الگوی تقاضا در فصل‌های تابستان و زمستان بر روی مصرف آب آشامیدنی شهر تهران از آزمون t استفاده می‌نماییم. نتایج حاصل از آزمون فوق برای دو الگوی لگاریتمی و نیمه‌لگاریتمی و برای هر یک از ضریب‌های نسبت قیمت سایر کالاها و خدمات مصرفی به قیمت اسمی آب آشامیدنی و درآمد خانوار در جدول ۸ نشان داده شده است. با توجه به این که مقدار محاسبه شده برای آمارهٔ t در هر دو حالت لگاریتمی و نیمه لگاریتمی کوچک‌تر از مقدار بحرانی به دست آمده از جدول می‌باشد، فرضیه صفر پذیرفته می‌شود.

به عبارت دیگر، اثر متغیر قیمت و همچنین اثر متغیر درآمد بر روی مصرف آب آشامیدنی شهر تهران در فصل‌های تابستان و زمستان یکسان می‌باشد. از آن جا که در معادله‌های لگاریتمی ضریب‌های قیمت و درآمد نشان‌دهندهٔ کشش قیمتی و کشش درآمدی است، می‌توان نتیجه گرفت که

اثر کشش‌های قیمتی و اثر کشش‌های درآمدی بر روی مصرف آب آشامیدنی در فصل‌های تابستان و زمستان یکسان می‌باشد و تغییرات مصرف آب آشامیدنی در فصل‌های تابستان و زمستان نسبت به تغییرات قیمت و تغییرات درآمد واکنش نشان نمی‌دهد.

جدول ۸. نتایج حاصل از آزمون چو و آزمون t

شرح	الگوی‌لگاریتمی	الگوی‌نیمه‌لگاریتمی
آماره F در آزمون چو	۴/۷۳	۶/۷۹
آماره t	−۰/۵۲	−۰/۳۱

۴. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با کشش یا بی‌کشش بودن تقاضا، یکی از مسائل مهم در سیاست گذاری‌های دولت در مورد بازار کالا می‌باشد. نتایج حاصل از برآورد معادله‌های تقاضا نشان می‌دهد که تقاضای آب نسبت به تغییرات قیمت آب بی‌کشش است. این مسئله، نشانهٔ عدم حساسیت مقدار تقاضا نسبت به تغییرات قیمت آب در دو فصل تابستان و زمستان می‌باشد. اگر تأثیرگذاری بر مصرف آب از طریق افزایش قیمت آن موردنظر باشد، افزایش بسیار زیادی در سطح متوسط قیمت آب را طلب می‌نماید، و در نهایت، با اعمال قیمت‌های بالاتر برای آب آشامیدنی، امکان کاهش در میزان تقاضای آب بسیار ضعیف است. این امر نشان می‌دهد که افزایش قیمت، شیوه مناسبی برای تشویق مصرف‌کنندگان به صرفه‌جویی در مصرف آب نیست. با توجه به انحصاری بودن بازار آب، قیمت بهینه‌ای برای آن تعیین نمی‌شود. تبعیض میان مصرف‌کنندگان خانگی براساس نظام نرخ‌گذاری تصاعدی به صورت پله‌ای و خطوط شکسته که عملاً به صورت وضع مالیات بر مصرف است، نشان دهنده بهینه‌سازی قیمت نمی‌باشد. البته شرکت‌های آب و فاضلاب می‌توانند از این طریق درآمدهای خود را افزایش داده و هزینه‌های سرمایه‌گذاری و هزینه‌های لازم برای توسعه شبکه آب شهری و نگهداری از آنها را تأمین نمایند.

در بررسی موجود، کشش درآمدی تقاضا در فصل‌های تابستان و زمستان کوچک‌تر از یک

می‌باشد که نشان می‌دهد آب یک کالای ضروری است.

با توجه به کشش‌ناپذیری تقاضای آب نسبت به قیمت و درآمد بر اساس مدل‌های برآورد شده، می‌توان اشاره نمود که قیمت و درآمد تأثیر زیادی بر تقاضای آب در شهر تهران نداشته است و این مطلب با طبیعت آب به عنوان یک کالای مصرفی ضروری مطابقت دارد.

نتایج حاصل از مقایسه توابع تقاضای آب آشامیدنی در فصل‌های تابستان و زمستان در شهر تهران، بیانگر آن است که مجموع متغیرهای نسبت قیمت سایر کالاها و خدمات به قیمت آب و درآمد خانوار، باعث تغییر در مصرف آب در دو فصل تابستان و زمستان می‌شود، ولی تک تک این متغیرها بر روی مصرف اثری ندارند.

به لحاظ محدودیت منابع تأمین‌کننده آب شهر تهران و این که قیمت آب، ابزار مؤثری برای مهار مصرف آب در این شهر نمی‌باشد، اعمال سیاست‌های صرفه‌جویی و جلوگیری از اتلاف در مصرف آب در این شهر ضروری است. زیرا از یک سوی، رشد جمعیت و مهاجرت موجب افزایش روزافزون نفوس در شهر تهران گردیده، و از سوی دیگر، گسترش محدوده شهر تهران و ایجاد فضای سبز و نیاز به آبیاری اراضی کشاورزی و افزایش مصرف آب برای صنایع، اهمیت کنترل در مصرف و صرفه‌جویی را روشن می‌سازد.

راه حل مشکل آب در شهر تهران تنها عرضه آب بیشتر نیست، بلکه راه حل مؤثرتر، اتخاذ سیاست‌ها و تدابیری است که موجب تغییر در الگوی مصرف آب شود. رفتار مصرف آب به طور محسوسی در مورد هر شخص ممکن است اختلاف داشته باشد، حتی در میان کسانی که دارای سبک‌های زندگی مشابه هستند. تلاش‌های صرفه‌جویی آب توسط مصرف‌کنندگان باید با هدف‌هایی چون کاستن تقاضای مصرف گرایانه آب و محافظت از کیفیت آب صورت گیرد و این اقدامات به ارزیابی و برنامه‌ریزی دقیق و نظارت نیاز دارد. برای مهار و جلوگیری از مصرف نامعقول آب و ایجاد تعادل بین تولید و نیاز واقعی مصرف‌کنندگان، روش‌های متعددی وجود دارد که در زیر به بعضی از آنها اشاره می‌کنیم.

الف) روش‌های بهره‌برداری

منظور از روش‌های بهره‌برداری عمدتاً روش‌هایی است که اعمال آنها از طریق کنترل بهره‌برداری از تجهیزات مصرف‌کننده آب صورت می‌گیرد. نشت‌یابی و مرمت آن در شبکه‌های توزیع شهری، کاهش و تعدیل فشار آب در لوله‌های شبکه توزیع آب، اعمال محدودیت به انواع خاصی از مصارف خانگی مانند آبیاری فضای سبز، پرکردن استخر شنا و در موارد حادتر به کل مصرف خانگی و شناسایی انشعابات غیرمجاز، از جمله روش‌های بهره‌برداری به شمار می‌رود.

ب) روش‌های فنی

منظور از روش‌های فنی در کاهش مصرف آب، نصب تجهیزات خاصی در شبکه توزیع می‌باشد که منجر به کاهش مصرف آب گردد. نصب تجهیزات کنترل جریان و فشار، ایجاد سیستم‌های گردش آب[1] و استفاده مجدد از آب[2] و استفاده از سیستم‌های دوگانه توزیع به منظور تفکیک آب آشامیدنی و بهداشتی، از این جمله است. اجرای سیستم دو شبکه‌ای که مستلزم صرف سرمایه‌گذاری کلان می‌باشد فقط در مناطقی می‌تواند تحقق پذیرد که اولاً دسترسی به آب بهداشتی و آشامیدنی از نظر کمی محدود بوده و ثانیاً از نظر هزینه‌های اجرایی توجیه اقتصادی داشته باشد. طرح سیستم‌های دوگانه توزیع برای مصارف آشامیدنی و غیرآشامیدنی در شهر تهران که دارای یک نوع آب با کیفیت بالا بوده و از طرفی نیاز به کار گذاشتن مجدد بیش از ۸۰۰۰ کیلومتر لوله‌گذاری است مقرون به صرفه نمی‌باشد.

گردش آب یا پساب[3] تصفیه‌شده، یکی از روش‌های صرفه‌جویی در مصرف آب است. در این روش، پساب تصفیه‌شده، دوباره در تجهیزاتی مصرف می‌شود که نیاز به آب با کیفیت خوب ندارند. هم اکنون طرح ایجاد شبکه جمع‌آوری پساب و تصفیه آن در شهر تهران در حال اجراست.

ج) روش‌های اقتصادی

منظور از روش‌های اقتصادی، سیاست‌های قیمت‌گذاری آب، اعمال جریمه در مورد مصارف بالا و

1. Recycling
2. Re-Use
3. Grey Water

بخشودگی در مورد مصارف کم، تخفیف‌های مالیاتی برای تجهیزات کم مصرف و تجهیزات استفاده مجدد از پساب تصفیه شده و جریمه برای آلوده‌کننده‌های صنعتی می‌باشد.

د) روش‌های مدیریتی (روش‌های سیاسی، اجتماعی و فرهنگی)

منظور از روش‌های مدیریتی، آموزش مصرف‌کننده، تبلیغ روش‌های صرفه‌جویی و تغییرات رفتاری در مصرف آب است. بدین منظور، با اجرای برنامه‌های آموزشی و تبلیغاتی از طریق رسانه‌های گروهی، برگزاری کنفرانس و سمینارهای ملی می‌توان به ارتقای سطح آگاهی عمومی جامعه کمک نمود.

منابع

الف) فارسی

اسدی. هرمز؛ سلطانی، غلامرضا. (۱۳۷۵). برآورد تابع تقاضای آب خانگی خانوارهای شهری – مطالعه موردی در شهرستان تنکابن. *فصلنامه آب و توسعه*، شماره ۱۵.

زری باف. محمود؛ علوی، سید علی اکبر. *آب تهران*. روابط عمومی سازمان آب منطقه‌ای تهران.

سعیدنیا، اسمعیل. (۱۳۷۲). *تخمین تابع تقاضا برای آب آشامیدنی و سیاستهای قیمت‌گذاری آن*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد دانشگاه تربیت مدرس.

شرکت آب و فاضلاب استان تهران. (۱۳۷۴). *عملکرد سیستم آب بهاء از سال ۱۳۴۷ لغایت ۱۳۷۲*. امور خدمات ماشینی.

شرکت آب و فاضلاب استان تهران. (۱۳۷۲). *تعرفه آب بهاء از ابتدای روز توزیع آب در شهر تهران تاکنون*. مدیریت برنامه‌ریزی و اقتصاد.

شرکت آب و فاضلاب استان تهران. (۱۳۷۵). *سیمای آب و فاضلاب استان تهران*. معاونت برنامه‌ریزی.

صدر، سیدکاظم؛ خدا رحمی، روح‌الله؛ عبدیان، مسعود. (۱۳۷۳). *برآورد تابع تقاضای آب شهر تهران*. نشر علمی و فنی آب. وزارت نیرو. شماره ۱۳.

صدر، سیدکاظم. (۱۳۷۵). *مبانی نرخ‌گذاری کارآمد و عادلانه آب*. *فصلنامه آب و توسعه*. شماره ۱۴.

عرب مازار، عباس. (۱۳۶۹). *اقتصاد سنجی عمومی*. انتشارات کویر.

فرگوسن، چارلز. (۱۳۷۰). *نظریه اقتصاد خرد. (جلد اول)*. (محمد روزبهان، مترجم). مرکز نشر دانشگاهی.

کلاهی، رضا. (۱۳۷۰). *تخمین تابع تقاضای آب شرب شیراز در سالهای ۱۳۵۱-۱۳۶۹*. پایان نامه کارشناسی ارشد اقتصاد دانشگاه شیراز.

مشایخی، تقی؛ محجوب، منوچهر. (۱۳۶۷). *تجزیه و تحلیل آمار مصرف آب در شهر تهران*.

نشریه علمی و فنی آب، وزارت نیرو، شماره ۸.

وزارت نیرو. (۱۳۷۵). *دامنه، روش و برنامه کار تهیه و ضوابط و دستورالعملهای صرفه‌جویی در مصرف آب*. امور آب، نشریه ۱۲۰ – ن.

ـــــــ . (۱۳۶۳). *مجموعه مقالات کنفرانس صرفه‌جویی در مصارف آب کشاورزی، شرب، صنعت*. امور آب.

ـــــــ . (۱۳۷۵). *روند تشکیل، استقرار، توسعه و راهبری شرکتهای آب و فاضلاب*. شرکت آب و فاضلاب کشور.

ـــــــ . (۱۳۶۳). *پیش نویس دستورالعمل تعیین مصرف سرانه آب*. طرح استانداردهای صنعت آب کشور، نشریه شماره ۸.

ـــــــ . (۱۳۶۵). *شناسنامه آب شهرهای استان تهران*. شرکت مهندسین مشاور جاماب، گزارش شماره ۴۴/۱.

ـــــــ . *فعالیتهای سازمان آب منطقه‌ای تهران*. سالهای ۱۳۶۵ لغایت ۱۳۷۰، دفتر برنامه‌ریزی و خدمات مهندسی.

۱۹- هژبر کیانی، کامبیز. (۱۳۶۸). *اقتصادسنجی و کاربرد آن*. انتشارات بخش فرهنگی جهاد دانشگاهی شهید بهشتی.

ب) انگلیسی

Agthe, D.E. & R.B. Billings. (1987). Equity, Price Elasticity and Household Income under Increasing Block Rates for Water. *The American Journal of Economics and Sociology*. Vol. 46, No.3.

Agthe, D.E. & R.B. Billings & J.L. Dobra & K. Raffiee. (1986). A Simultaneous Equation Demand Model for Block Rates. *Water Resources Research*. Vol. 22, No.1.

Berry, D.W. & G.W. Bonem. (1974). Predicting the Municipal Demand for Water.

Water Resources Research. Vol. 10, No.6.

Chow, Gregory C. (1960). Tests of Equlity Between Sets of Coefficients in Two Linear Regressions. *Econometrica* . Vol. 28, No.3.

Chicoin, D.L. & S.C. Deller & G. Ramamurthy. (1986). Water Demand Estimation under Block Rate Pricing: A Simultaneous Equation Approach. *Water Resources Research*. Vol.22, No.6.

Cochran, R. & A.W. Cotton. (1985). Municipal Water Demand Study, Oklahoma City and Tulsa, Oklahoma. *Water Resources Research*. Vol.21, No 7.

Committee for Hydrological Research TNO. (1980). *Economic Instruments for Rational Utilzation of Water Resources.* Netherlands.

Griliches, ZVI & M.D. Intriligator. (1983). *Hand Books in Economics.* Elsevier Science Publishers, Vol. 1.

Gujarati, Damodar N. (1988). *Basic Econometrics.* Mc Graw-Hill International Editions.

Gysi, M. & D. Loucks. (1971). Some Long Run Effects of Water-Pricing Policies. *Water Resources Research*. Vol. 7, No.6.

Henderson, J.M. & R.E. Guandt. (1985). *Microeconomic Theory: A Mathematical Approach*. Mc Graw-Hill Book Co.

Howe, C.W. (1982). The Impact of Price on Residential Water Demand: Some New Insights. *Water Resources Research*. Vol. 18, No. 4.

International Conference on Water and the Environment. (1991). *Demand Management.* United Nations, New York.

Moncur, J.E.T. (1987). Urban Water Pricing and Drought Management. *Water Resources Research*. Vol. 23, No.3.

Morgan, W.D. (1973). Residential Water Demand: The Case from Micro Data. *Water Resources Research*. Vol. 9, No.4.

Nieswiadomy, M.L. & D.J. Molina. (1991). A Note on Price Perception in Water Demand Models. *Land Economics* . No. 67, Vol. 3.

Nieswiadomy, M.L. (1992). Estimating Urban Residential Water Demand: Effects of Price Structure, Conservation and Education. *Water Resources Research*. Vol. 28, No. 3.

Varian Hal. (1992). *Microeconomic Analysis.* 3rd ed.

Williams, M. & B. Suh. (1986). The Demand for Urban Water by Customer Class. *Applied Economics.* Vol. 18.

ل ۷. توابع تقاضای برآورد شده در فصل‌های تابستان و زمستان در شهر تهران با استفاده از الگوهای نمایی، لگاریتمی و نیمه لگاریتمی

فصل	نوع‌مدل	مدل‌برآوردشده	R^2	D.W	
تابستان	نمایی	$LQ = ۱۸/۱۴ - ۰/۲۶\ PP + ۶/۳۹ \times ۱۰^{-۵}\ C_۳\ A + ۰/۰۱ H_۳$ (۱/۲) (−۴/۷۹) (۴/۴۵) (۱/۳۶)	۰/۵۰	۱/۷۴	-
	لگاریتمی	$LQ = ۱۴/۸۲ - ۰/۲۲\ LPP + ۰/۲۲\ LC_۳$ (۲۲/۰۲) (−۲/۹۹) (۳/۸۴)	۰/۲۵	۱/۹	
	نیمه‌لگاریتمی	$QP = ۸/۱ - ۰/۵۹\ LPP + ۰/۶۳\ LC_۳\ P$ (۸/۸۹) (−۲/۱) (۲/۷)	۰/۱۳	۱/۹۴	-
زمستان	نمایی	$LQ = ۱۵/۱۳ - ۰/۰۵\ PP + ۳/۰۴ \times ۱۰^{-۶}\ N$ (۲۲/۰۲) (−۲/۰۲) (۳/۰۹)	۰/۵۸	۲	-
	لگاریتمی	$LQ = ۱۴/۱۳ - ۰/۲۱\ LPP + ۰/۲۵\ LC_۳$ (۲۷/۵) (−۱/۹۱) (۵/۳۱)	۰/۴۳	۲/۳	-
	نیمه‌لگاریتمی	$QP = ۷/۴۸ - ۰/۷۶\ LPP + ۰/۷۳\ LC_۳\ P$ (۷/۵۶) (−۱/۹) (۳/۸۴)	۰/۳۰	۱/۹۴	-

ال مجموع آب خام آب مصرفی سد کرج سد لتیان چاه‌های عمیق

سته نظام تصاعدی پله‌ای مصرف قیمت

ل مجموع آب خام آب مصرفی سد کرج سد لتیان چاه‌های عمیق

نظام تصاعدی پله‌ای مصرف قیمت