فصلنامه مدلسازی اقتصادی (سال هشتم، شماره ۲ «پیاپی ۲۶»، تابستان ۱۳۹۳، صفحات ۱۰۶-۹۱)

برآورد تابع تقاضای آب خانگی استان گلستان

مهدی ادیب‌پور،[G] رحیمه شیرآشیانی[GG]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۷/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۳/۳۱

چکیده

هدف این مقاله برآورد تابع تقاضای آب شهری استان گلستان با استفاده از تابع مطلوبیت استون-گری و با روش داده‌های تلفیقی برای دوره‌ی زمانی ۹۰-۱۳۷۸ و تعیین حداقل آب مورد نیاز برای معیشت است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که کشش قیمتی تقاضای آب ۰/۲۶- کشش درآمدی ۰/۰۰۰۹۵ و کشش متقاطع قیمتی۰/۲- است، بدین معنا که آب یک کالای ضروری و مکمل به شمار می‌آید. حداقل آب مصرفی مورد نیاز یک مشترک گلستانی نیز به میزان ۶۸۷ لیتر در روز به دست آمد.

طبقه‌بندی JEL: Q25

واژگان کلیدی: تقاضای آب شهری، تابع مطلوبیت استون گری، کشش تقاضای آب، استان گلستان.

[*]استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد فیروزکوه، گروه اقتصاد، فیروزکوه، ایران (نویسنده‌ی مسئول)، پست الکترونیکی: mhd_adibpour@yahoo.com

[**]کارشناس ارشد اقتصاد، پست الکترونیکی: rahime_shirashiani@yahoo.com

۱. مقدمه

آب یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی در اختیار بشر به شمار می‌آید. منابع آبی جهان که حدود ٤/٥ میلیارد سال پیش به وجود آمده‌اند، حدود ٦٦ تا ٧١ درصد کل سطح زمین را پوشانیده‌اند. از این حجم عظیم، حدود ۹۷/۵ درصد را آب‌های شور تشکیل می‌دهند و تنها ۲/۵ درصد آن آب شیرین است. از این مقدار آب شیرین نیز حدود ٦٨/٧ درصد به شکل توده‌های عظیم برف و یخ‌های دایمی در قطب‌ها و سرزمین‌های کوهستانی محبوس و نزدیک ۲۹/٦ درصد به صورت آب‌های زیرزمینی در اعماق زمین مدفون هستند. تنها ۲٦ درصد از مجموع آب‌های شیرین در سطح کره زمین در دریاچه‌ها، برکه‌ها و رودخانه‌ها یافت می‌شوند که برای تامین نیازهای اقتصادی و از آن مهم‌تر فعالیت‌های اکوسیستم طبیعی، بهترین نوع به شمار می‌آیند. منابع آب که یکی از با ارزش‌ترین قابلیت‌های طبیعی هر منطقه محسوب می‌شود، در بخش‌های مختلف اقتصادی بر حسب تقاضا مورد استفاده قرار می‌گیرند. تقاضای آب نیز بر حسب کاربردهای وسیع آن، به سه دسته تقاضای آب شهری، کشاورزی و صنعتی تقسیم می‌شود که به منظور مصرف در موارد متعدد در این بخش‌هامورد استفاده قرار می‌گیرد (پژویان و حسینی،٤٨:١٣٨٢).

بررسی و تحقیق پیرامون مسایل متعدد مصرف آب در اقصی نقاط جهان و تدوین الگوهایی در ارتباط با عوامل تعیین کننده مصرف آب به طور عمده در متون اقتصادی نیمه دوم قرن بیستم دیده می‌شود (خوش اخلاق و شهرکی، ٤:١٣٨٦). طی سالیان اخیر افزایش روزافزون جمعیت، گسترش شهرنشینی، توسعه‌ی بخش‌های اقتصادی وتغییر الگوی مصرفی افراد بر میزان تقاضا برای آب افزوده است که با توجه به محدود بودن منابع آب و یا محدودیت عرضه آن، بر اهمیت مطالعه و شناخت عوامل موثر بر تقاضای آب می‌افزاید. بنابراین به منظور برنامه‌ریزی در جهت پاسخ‌گویی به نیازهای مرتبط با آن وایجاد توازن میان عرضه و تقاضای آب به ویژه در بخش خانگی، لازم است ابعاد مختلف این موضوع مورد بررسی قرار گیرد. استان گلستان یکی از استان‌های منطقه‌ی شمال ایران به شمار می‌آید که ۲/۳٦ درصد از کل جمعیت و ۱/۳۳ درصد از کل مساحت کشور را به خود اختصاص می‌دهد. بر اساس اطلاعات شرکت آب و فاضلاب استان گلستان کل منابع آبی استان دو میلیارد و ٤٨٥ میلیون متر مکعب بوده که از ۸۰ درصد این منابع بهره‌برداری می‌شود. افزون بر این میانگین سرانه آبی در این استان در سال ۱۳۹۳ برابر با ۱۳۰۰ متر مکعب بوده است که از میانگین سرانه آبی کشور به میزان ١٦٠٠ متر مکعب در سال ۱۳۹۳ کم‌تر است. این وضعیت

در حالی به وجود آمده که میزان مشترکان از سال ۱۳۸٦ تا سال ۱۳۹۱ از متوسط رشد سالانه‌ای برابر با ۵/۳۹ درصد برخوردار بوده است. بنابراین با وجود بارش‌های قابل توجه، به دلیل عدم توازن در عرضه و تقاضای آب، این استان طی سال‌های آینده با مشکل تامین منابع آبی مورد نیاز مواجه خواهد بود که به همین علت توجه به مدیریت منابع آب در آن بسیار ضروری است. از این رو، در این مطالعه برآورد تابع تقاضای آب خانگی استان گلستان با توجه به اطلاعات در دسترس برای دوره‌ی ۹۰-۱۳۷۸ مورد توجه قرار گرفته است و کشش‌های قیمتی، درآمدی و متقاطع تقاضای آب به منظور آگاهی از این مطلب که آب خانگی در استان گلستان چه نوع کالایی است (ضروری، کم کشش یا بی‌کشش است) محاسبه و ارایه خواهد شد. به همین منظور در این مطالعه پاسخ‌گویی به پرسش‌های زیر مدنظر بوده است: آیا میان درآمد سرانه و تقاضای آب رابطه معناداری وجود دارد؟ آیا بین قیمت آب و تقاضای آب رابطه معناداری وجود دارد؟ لازم به ذکر است که در خصوص عوامل موثر بر مصرف آب در ایران و کشورهای گوناگون مطالعات متعددی صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به مطالعات ساندرز[1](۱۹٦۰)، در مورد عوامل تعیین کننده غیر قیمتی تقاضای آب شهری در ایالت ویرجینیای آمریکا، یانگ[2](۱۹۷۳) به منظور اندازه‌گیری کشش قیمتی تقاضای آب شهری در سال‌های بعد از جنگ جهانی دوم برای شهر تاکسون ایالت آریزونای امریکا، نای سیادمی و مولینا[3](۱۹۸۹) در مورد تابع تقاضای آب شهری، اثرات ساختار قیمت و حفاظت از منابع، عابدی (۱۳۷٦) به منظور برآورد تقاضای آب آشامیدنی برای شهر مشهد، پژویان و حسینی (۱۳۸۲) در راستای برآورد تابع تقاضای آب خانگی شهر تهران اشاره نمود. به منظور برآورد تابع تقاضای آب خانگی در استان گلستان، مقاله‌ی حاضر به شکل زیر سازمان یافته است، پس از مقدمه در بخش دوم، مبانی نظری مربوط به تقاضای آب و عوامل موثر بر آن و مطالعات انجام شده در این زمینه مورد اشاره قرار خواهد گرفت. در بخش سوم روش تحقیق معرفی شده و مدل در نظر گرفته شده برای تحقیق ارایه خواهد گردید. بخش چهارم نیز به برآورد مدل و ارایه‌ی یافته‌ها اختصاص یافته است. مقاله‌ی حاضر با ارایه بحث و نتیجه‌گیری به پایان خواهد رسید.

[1] Saunders
[2] Young
[3] Nieswiadomy and Molina.

۲. ادبیات موضوع

تقاضای آب خانگی تقاضا برای یک کالای نهایی مصرفی تلقی می‌شود. مطابق با ادبیات اقتصادی یکی از عوامل تاثیرگذار بر میزان تقاضا، قیمت است که آب خانگی نیز از این قاعده مستثنی نیست. بدین معنا که با تغییر قیمت آب میزان تقاضا برای آن تغییر می‌یابد. در بیش‌تر مطالعات انجام شده، نظیر مطالعات شرزه‌ای و کلاهی (۱۳۷۵)، هادیان (۱۳۷۹)، پژویان و حسینی (۱۳۸۲)، خوش اخلاق و شهرکی (۱۳۸٦) و سایر مطالعات مشابه تقاضای آب کم کشش برآورد شده، بدین معنا که آب کالایی ضروری و بدون جانشین است که چنانچه ضریب کشش مخالف صفر باشد، قیمت‌ها در مدیریت تقاضا نقش مهمی ایفا می‌کنند. یکی دیگر از عوامل اثرگذار بر تقاضای آب، درآمد مصرف کنندگان است. به طور معمول انتظار بر آن است که با افزایش درآمد مصرف کننده، تقاضا برای آب با افزایش مواجه شود، اما در اغلب مطالعات انجام شده که در فوق نیز بدان‌ها اشاره شد، کشش درآمدی آب رقمی کوچک‌تر از یک به دست آمده که بیانگر ضروری بودن این کالا است، بدین معنا که افزایش درآمد تا سطح مشخصی می‌تواند تقاضای آب را تحت تاثیر قرار دهد. جدای از دو عامل فوق متغیرهای دیگری نظیر متغیرهای جوی، شرایط جمعیتی و ترکیب خانوار را نیز می‌توان به عنوان عوامل اثرگذار بر تقاضای آب مدنظر قرار داد. به عنوان مثال با توجه به شرایط و تغییرات جوی، تقاضای آب نیز از یک الگوی چرخشی فصلی پیروی می‌کند. بنابراین متغیرهایی نظیر میزان بارندگی و یا درجه حرارت را نیز می‌توان به عنوان عوامل اثرگذار بر تقاضای در نظر گرفت. در مطالعه‌ی بیلینگز[1](۱۹۸۲) از متغیری که میزان بارش باران منهای تبخیر آب را نشان می‌دهد، به عنوان یکی از عوامل موثر بر تقاضای آب استفاده شده است. لیمن[2](۱۹۹۲) نیز علاوه بر قیمت و درآمد، متغیر تعداد روزهای گرم را نیز در تابع تقاضای آب مدنظر قرار داده است. مارتینز[3](۲۰۰۲) نیز معتقد است که تأثیر بارندگی بر مصرف آب بیش‌تر روانی است و از متغیر تعداد روزهای بارانی به جای میزان بارندگی در تابع تقاضای آب استفاده نموده و نشان داده که این متغیر نسبت به متغیر میزان بارندگی، متغیر توضیحی قوی‌تری است. افزون بر این بر طبق مطالعه‌ی سجادی‌فر و خیابانی (۱۳۸۹) شرایط جمعیتی نظیر بعد خانوار و

[1] Billings
[2] Lyman
[3] Martinez

ترکیب سنی و جنسی خانوار را نیز می‌توان به عنوان عوامل اثرگذار بر مصرف آب مدنظر قرار داد، زیرا میزان مصرف آب با افزایش سرانه تعداد خانوار یا جمعیت افزایش می‌یابد، اما درصد افزایش در میزان آب مصرفی همواره کم‌تر از درصد افزایش جمعیت و یا بعد خانوار است. در مطالعات تجربی گوناگونی نیز که به انجام رسیده است، تاثیر هر یک از عوامل مورد اشاره در فوق بر تقاضای آب مصرفی مورد توجه محققان خارجی و داخلی قرار گرفته است که برخی از این مطالعات در زیر مورد اشاره قرار خواهد گرفت.

پارکر و ویبی[1] (۲۰۱۳) در مطالعه‌ی خود در مورد انگلستان ضمن برآورد تابع تقاضای آب مصرفی و پیش‌بینی تقاضای آب در دوره‌ی کوتاه مدت (روزانه و فصلی) و بلندمدت (سال و دهه) نشان دادند که توجه بیش‌تر به روابط بین متغیرهای آب و هوا و تقاضای مصرفی خانواده یکی از مهم‌ترین عوامل موثر بر تقاضای آب شهری خانوارها است. در مطالعه داگنیو[2](۲۰۱۲) برای منطقه جنوب غربی اتیوپی، عوامل موثر بر تقاضای آب به شکل منابع آبی موجود در شهر، درآمد خانوارها، موقعیت تحصیلی سرپرست خانوارها، بعد خانوار، جنسیت افراد، مالکیت منزل مسکونی و آب‌بها در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که هزینه‌های ماهیانه، مالکیت منزل مسکونی و موقعیت تحصیلی سرپرست خانوارها از عوامل تعیین کننده‌ی تقاضا برای آب بوده، در حالی که سایر عوامل استفاده شده در این تحقیق از لحاظ آماری معنادار نبوده‌اند. ناگس و ویتینگتن[3] (۲۰۱۰) با استفاده از داده‌های تلفیقی تابع تقاضای آب در کشورهای توسعه یافته را برآورد نمودند و به این نتیجه رسیدند که برای استفاده بهتر از آب خانگی در کشورهای کم‌تر توسعه یافته لازم است مدیریت و توسعه سیستم آب به طور موثرتر صورت گیرد. هارماراتنا و هریس[4] (۲۰۱۰) نیز در مطالعه‌ی خود به برآورد تقاضای آب مسکونی در سریلانکا پرداختند. نتایج نشان داد که کشش قیمتی تقاضا برابر با ۰/۱۱- تا ۰/۱٤- است. اسچلیچ و هیلنبراند[5](۲۰۰۷) به شناسایی عوامل موثر بر تقاضای آب در آلمان پرداختند. برای این منظور آن‌ها از عواملی هم‌چون شرایط محیطی و اجتماعی در کنار عوامل اقتصادی هم‌چون درآمد، آب‌بهای مصرفی و قیمت کالاهای دیگر استفاده

[1] Parker &Wilby.
[2] Dagnew.
[3] Nages and Wittington.
[4] Dharmaratna and Haris.
[5] Schleich& Hillenbrand.

کردند. نتایج نشان داد که با رشد دو درصدی در آب‌بهای مصرفی تا سال ۲۰۲۰ میزان تقاضای آب به میزان ۱۰ درصد و یا به میزان حدود ۱۳ لیتر در هر روز کاهش خواهد یافت. هم‌چنین نتایج نشان داد که رشد یک درصدی در درآمد سرانه منجر به افزایش پنج درصدی یعنی حدود ٦/٥ لیتر در هر روز در میزان آب مصرفی و تقاضا برای آن خواهد شد. جانسن و اسکولز[1] (۲۰۰٦) در تحقیق خود در مورد عوامل موثر بر مصرف آب در خانوارهای شهر کاپ و آفریقای جنوبی، طی دوره‌ی زمانی ۲۰۰۳–۱۹۸۸ و با استفاده از داده‌های پنل به این نتیجه رسیدند که کشش قیمتی تقاضا برای گروه‌های کم درآمد ۰/۲۳–، در حالی که برای گروه‌های پر درآمد ۰/۹۹– است.

در داخل کشور نیز مطالعات قابل توجهی در مورد عوامل موثر بر تقاضای آب خانگی انجام شده است. به عنوان نمونه به مطالعه جبل عاملی و گودرزی فراهانی (۱۳۹۲) می‌توان اشاره نمود. این دو محقق در مطالعه‌ی خود به بررسی تاثیر یارانه‌های اعطایی برتقاضای آب شهری قم در دوره ۸۹–۱۳۸۷ که مربوط به دوره‌ی قبل از اجرای قانون هدفمندی یارانه‌ها است، پرداختند. بدین منظور با استفاده از الگوی خود رگرسیون برداری نشان دادند که کاهش یارانه‌های اعطایی به آب مصرفی منجر به کاهش در میزان آب مصرفی تا ٤۲ لیتر درروز خواهد شد. خوشبخت و همکاران (۱۳۹۰) به تخمین تابع تقاضای بخش خانگی در شهر تهران با روش حداکثر راست‌نمایی پرداختند، نتایج نشان داد که پارامترهای قیمت و درآمد، دارای علامت مورد انتظار هستند و کشش‌های محاسبه شده نیز نشان دهنده‌ی آن بودند که حساسیت مصرف‌کنندگان در برابر تغییر قیمت و درآمد در ساختار قیمت بلوکی مخالف صفر است. بنابراین می‌توان از سیاست اصلاح قیمت در ساختار قیمت بلوکی به عنوان ابزار موثری در مدیریت مصرف مازاد بر نیاز استفاده کرد. سجادی‌فر و خیابانی (۱۳۹۰) به بررسی تقاضای آب خانگی با استفاده از روش عوامل تصادفی در شهر اراک طی دوره ۸۲–۱۳۷۷ و برای فصل‌های مختلف پرداختند. نتایج نشان داد که کشش قیمتی و درآمدی فصل تابستان تقریبا دو برابر کشش قیمتی و درآمدی فصل زمستان بوده و کشش تقاضای بلندمدت از کوتاه مدت بیشتر است. خوش اخلاق و شهرکی (۱۳۸٦) در مطالعه‌ی خود به برآورد تابع تقاضای آب شرب شهر زاهدان، طی دوره زمانی ۸۵–۱۳۷۸ پرداختند. نتایج نشان داد که کشش قیمتی تقاضای آب ۰/٦– و کشش درآمدی تقاضای آن نیز ۰/۰٦۲ و حداقل مورد نیاز

[1] Jansen and Schulz.

آب مصرفی یک شهروند زاهدانی در روز ۹۵ لیتر است، به عبارت دیگر آب یک کالای کم کشش و ضروری محسوب می‌شود. پژویان و حسینی (۱۳۸۲) در مطالعه خودطی دوره‌ی ۷۹-۱۳۶۱ به برآورد تابع تقاضای آب خانگی برای شهر تهران پرداختند که در دو حالت نقطه‌ای و میانگین دوره، کشش قیمتی تقاضا ۰/۸- و ۰/۱۲- و کشش درآمدی تقاضا نیز۰/۱۳ و ۰/۲ به دست آمد و بر همین اساس مشخص شد که آب یک کالای کم کشش و ضروری است.

همان گونه که ملاحظه گردید، نتایج اغلب این مطالعات، بیانگر کم‌کشش بودن تقاضای آب نسبت به قیمت است. عمده‌ترین دلایل بی‌کشش بودن تقاضای آب نسبت به قیمت در بیش‌تر مطالعات انجام شده را می‌توان به نبودن جانشینی برای آب در بیشتر مصارف و از جمله شرب، کم بودن هزینه آب در بودجه خانوار و مکمل بودن آن در اغلب مصارف با سایر کالاها مربوط دانست.

۳. روش تحقیق

به منظور استخراج تابع تقاضای مناسب جهت برآورد تابع تقاضای آب خانگی در استان گلستان، از نظریه‌ی اقتصاد خرد و با استفاده از روش حداکثرسازی مطلوبیت مصرف‌کننده، با توجه به قید بودجه وی استفاده شده است. در این خصوص توابع مطلوبیت متعددی از سوی اندیشمندان اقتصادی ارایه شده است، از جمله تابع مطلوبیت اکانم و تابع مطلوبیت کلاین- روبین[1] و چند تابع دیگر نظیر سیستم تقاضای تقریبا ایده‌آل (AIDS). تابع اکانم بیش‌تر جهت برآورد ضرایب تابع تقاضای غیراساسی مناسب است، هرچند که در برآورد تابع تقاضای کالاهای اساسی نیز در مواردی مورد استفاده قرار گرفته است. سایر توابع نیز برای تخمین تابع تقاضای آب مناسب نیستند، بنابراین از تابع مطلوبیت استون-گری به دلایل تطبیق نتایج آن با رفتار واقعی مصرف‌کننده، توجیه نظری تابع تقاضا، در نظر گرفتن یک مقدار حداقل از هر کالا برای ادامه زندگی، کاربرد تابع یاد شده در چند مورد مشابه، امکان در نظر گرفتن متغیرهایی که می‌توانند بر تقاضای آب اثر داشته باشند، تطبیق نتایج آن با خصوصیت آب به عنوان یک کالای مصرفی ضروری برای ادامه حیات، تعیین ضریب اهمیت تقریبی هر کالا در سبد مصرفی خانوار، تخمین حداقل هزینه ضروری زندگی با در نظر گرفتن حداقل مصرف تمامی کالاها و خدمات و قیمت آن‌ها و امکان تخمین

[1] Clien-Raubin

پارامترهای تابع تقاضای حاصله با استفاده از تمامی روش‌های معمول در اقتصادسنجی خصوصا روش حداقل مربعات معمولی استفاده خواهد شد (پژویان و حسینی، ۵۶:۱۳۸۲).

شکل تقاضای هر کالا با مشخص شدن تابع مطلوبیت کالاهای گوناگون، با دقت بیش‌تر تعیین می‌شود. یکی از فرم‌های تابع مطلوبیت که موارد استفاده‌ی زیاد در تخمین آب و دیگر کالاهای مورد نیاز داشته، تابع مطلوبیت استون-گری است. در این تابع مطلوبیت فرض بر آن است که تا زمانی که حداقل نیازهای مصرفی کالایی تامین نشده فرد مصرف‌کننده از مصرف بیش‌تر کالا رضایت خاطر به دست نمی‌آورد (شهرکی و خوش اخلاق، ۷:۱۳۸۶).

استون-گری از تابع مطلوبیت کلاین-روبین برای استخراج تابع مطلوبیت خود استفاده کرده‌اند. در همین راستا تابع مطلوبیت کلاین-روبین به شکل زیر معرفی می‌شود (هندرسون و کوائت، ۱۹۸۰):

$$U = \prod_{i=1}^{n}(Q_i - S_i)^{\beta_i} \qquad i = 1,2,3,\dots,n \tag{۱}$$

که $0 < \beta_i < 1$ و $Q_i > S_i$ بوده و $\sum_{i=1}^{n}\beta_i = 1$ می‌باشد. در تابع مطلوبیت اشاره شده در رابطه‌ی فوق، Q_i میزان مصرف کالای i، S_i حداقل مصرف ضروری کالای i و β_i نیز سهم نهایی کالای i می‌باشند. با لگاریتم‌گیری از طرفین تابع مطلوبیت کلاین- روبین و با فرض این که مصرف کننده با سبدی از دو کالا، شامل آب (Q_w) و سایر کالاها و خدمات (Q_{oth}) که کالای ترکیبی فرض می‌شود، روبرو است، تابع مطلوبیت استون-گری به صورت زیر معرفی می‌شود:

$$lnU = U' = \beta_1 \ln(Q_w - S_w) + \beta_2 \ln(Q_{oth} - S_{oth}) \tag{۲}$$

که در آن U'، سطح مطلوبیت مصرف کننده، S_w، حداقل میزان مصرف آب، S_{oth}، حداقل میزان مصرف سایر کالاها، Q_w، میزان مصرف آب، Q_{oth}، میزان مصرف سایر کالاها و β_1 و β_2 نیزسهم‌های نهایی آب و کالای ترکیبی می‌باشند. با فرض این که:

$$\theta_0 = S_w(1 - \beta_1) \tag{۳}$$

$$\theta_1 = \beta_1 \tag{۴}$$

$$\theta_2 = -\beta_1 S_{oth} \tag{۵}$$

با حداکثر کردن تابع مطلوبیت نسبت به قید بودجه ($I = P_w.Q_w + P_{oth}.Q_{oth}$) و با استفاده از روش لاگرانژ، تابع تقاضای آب به شکل زیر استخراج می‌شود:

$$Q_w = \theta_0 + \theta_1 \left(\frac{I}{P_w}\right) + \theta_2 \left(\frac{cpi}{cpiw}\right) \quad (٦)$$

که در آن Q_w، مقدار تقاضا یا مصرف آب خانگی، I، بودجه یا درآمد اسمی مصرف کننده، cpiw، شاخص قیمت آب خانگی و cpi نیز شاخص قیمت کالای ترکیبی است. توجه به دو نکته در این‌جا ضروری است، اولاً در تابع مطلوبیت استون–گری تقاضای مصرف کننده از هر کالا بیش‌تر از حداقل لازم برای معیشت است، یعنی $Q_i > S_i$، بنابراین، شرط $I > \sum P_i S_i$ همواره برقرار است، ثانیاً شرط کافی برای حداکثر کردن تابع مطلوبیت نیز باید برقرار باشد. چون راه حل‌های حداکثرسازی مطلوبیت منحصر به فرد است، هرگاه در هر نقطه شرط اولیه برقرار باشد، شرط ثانویه (کافی) نیز برقرار خواهد بود (پژویان و حسینی، ۵۸:۱۳۸۲). محاسبه کشش‌های تقاضای آب نیز از روابط زیر امکان‌پذیر است:

$$EQ_W, P_W = \frac{dQ_W}{dP_W} \cdot \frac{P_W}{Q_W} = \left(-\theta_1 \frac{I}{cpiw^2} - \theta_2 \frac{cpi}{cpiw^2}\right) \frac{cpiw}{Q_W} \quad (٧)$$

$$EQ_W, I = \frac{dQ_W}{dI} \cdot \frac{I}{Q_W} = \frac{\theta_1}{cpiw} \cdot \frac{I}{Q_W} = \frac{\theta_1}{cpiw.Q_W/I} \quad (٨)$$

$$EQ_W, P_{Oth} = \frac{dQ_W}{dcpi} \cdot \frac{cpi}{Q_W} = \theta_2 \left(\frac{1}{cpiw}\right) \cdot \frac{cpi}{Q_W} \quad (٩)$$

که روابط (۷)، (۸) و (۹) به ترتیب بیانگر کشش‌های قیمتی، درآمدی و قیمتی متقاطع تقاضای آب می‌باشند. میزان حداقل مصرف نیز با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$S_W = \frac{\theta_0}{1-\theta_1} \quad (١٠)$$

که در رابطه‌ی فوق S_W حداقل مصرف، θ_0 عرض از مبدا و θ_1 نیز ضریب متغیر $\frac{I}{P_W}$ است. افزون بر این مقدار مجاز مصرف برای هر مشترک بر مبنای رابطه زیرقابل دست‌یابی است:

$$q = \frac{Q}{N} \cdot f \quad (١١)$$

که q، مقدار مجاز مصرف برای هر مشترک خانگی، Q، حداکثر آب قابل استحصال هر منطقه یا استان، N، جمعیت تحت پوشش منطقه و f نیز تعداد افراد خانوار هر مشترک خانگی به شمار می‌آید.

لازم به ذکر است دوره زمانی پژوهش با توجه به اطلاعات در دسترس سال‌های ۹۰–۱۳۷۸ بوده و شهرهای آق‌قلا، بندرگز، بندرترکمن، کلاله، کردکوی، گنبد، گرگان، گمیش تپه، خان بین، علی آباد و مراوه تپه را شامل شده است. اطلاعات مربوط به درآمد سرانه از مرکز آمار و اطلاعات

استان گلستان، میزان مصرف سرانه آب به ازای هر مشترک و شاخص قیمت هر مترمکعب آب از شرکت آب و فاضلاب استان گلستان و شاخص قیمت سایر کالاها و خدمات مصرفی نیز از سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان گلستان دریافت شده است. در بخش بعدی معادله‌ی مربوط به تقاضای آب برآورد خواهد شد.

٤. برآورد مدل و ارایه یافته‌ها

٤-١. نتایج تخمین مدل

نتایج حاصل از برآورد تابع تقاضای آب خانگی استان گلستان مطابق با رابطه‌ی (٦) در جدول (١) ارایه شده است.[1] در همین راستا ابتدا از آزمون F به منظور تعیین روش برآورد مدل از طریق روش اثرات مشترک و یا روش پانل استفاده شد. مطابق با نتایج حاصل از این آزمون مشخص شد که معادله‌ی تقاضا باید از طریق روش اثرات مشترک برآورد شود که نتایج حاصل از برآورد تابع تقاضای آب خانگی استان گلستان به روش اثرات مشترک در جدول (١) ملاحظه می‌شود.

جدول ١. ضرایب متغیرهای توضیحی برای مدل برازش شده

نام متغیر	ضریب متغیر	انحراف معیار	آماره t
$\frac{\text{مت}}{GO}$	٢٥٠/٨٦	٢٩/٦٧	٨/٤٥
$\frac{1}{(Pw)}$	٠/٠٥٦	٠/٠٠٠٨٩	٦٣/٣١
$\frac{CPI}{(CPIw)}$	-١٨٦/٠٤	٢٢/٦٨	-٨/٢٠
آماره F لیمر: ١/٢٥			
سطح احتمال: ٠/٢٦			

منبع: یافته‌های تحقیق

[1] لازم به ذکر است که علاوه بر متغیرهای مستقل در نظر گرفته شده در رابطه‌ی (٦)، عوامل دیگری نظیر ساعات آفتابی، درجه حرارت و میزان بارندگی نیز به عنوان متغیرهای تاثیر گذار بر تقاضای آب در استان گلستان در نظر گرفته شدند که به علت غیر معنادار بودن از مدل حذف شدند.

مطابق با اطلاعات ارایه شده در جدول، همگی متغیرها اثر معناداری بر میزان تقاضای آب دارند. θ_0، مقدار میانگین مصرف را در حالی‌که سایر متغیرهای مستقل صفر باشند، نشان می‌دهد. θ_1، بیانگر .آن است که هرگاه نسبت درآمد به قیمت آب یک واحد افزایش یابد، با فرض ثابت ماندن سایر عوامل، مصرف سرانه ۰/۰۵٦ واحد مترمکعب افزایش می‌یابد. θ_2، نیز بیانگر آن است که هرگاه نسبت شاخص قیمت سایر کالاها به شاخص قیمت آب یک واحد افزایش یابد، با فرض ثابت ماندن سایر عوامل، مصرف سرانه آب ۱۸٦/۰٤ واحد مترمکعب کاهش می‌یابد. لازم به ذکر است که ۹٦ درصد از تغییرات متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل توضیح داده می‌شود. در بخش بعدی کشش‌های قیمتی، درآمدی، متقاطع و حداقل مصرف آب برای هر مشترک گلستانی محاسبه خواهد شد.

٤-۲. محاسبه کشش‌ها و نتایج آن‌ها

به منظور محاسبه کشش‌ها و حداقل مصرف آب استان گلستان اگر نتایج حاصل از برآورد تابع تقاضا که در جدول (۱) بیان گردید، مد نظر قرار گیرد، مطابق با روابط (۷)، (۸) و (۹) کشش‌های قیمتی، درآمدی و متقاطع برای استان گلستان در سال ۱۳۹۰ قابل محاسبه خواهد بود که نتایج آن در جدول (۲) ارایه شده است.

جدول ۲. مقادیر انواع کشش‌ها

	کشش قیمتی	کشش درآمدی	کشش متقاطع
کشش نقطه‌ای استان گلستان سال ۱۳۹۰	-۰/۲٦	۰/۰۰۰۹۵	-۰/۲

منبع: یافته‌های تحقیق

همان گونه که ملاحظه می‌شود، علامت منفی کشش قیمتی تقاضای آب بیانگر آن است که میان مقدار تقاضای آب و قیمت آن رابطه منفی وجود دارد و افزایش قیمت آب به میزان ۱ درصد، مقدار تقاضای آب را به میزان ۰/۲٦ درصد کاهش می‌دهد. کشش درآمدی نیز نشان می‌دهد که افزایش درآمد به میزان ۱ درصد، مقدار تقاضای آب را به میزان ۰/۰۰۰۹۵ درصد

افزایش می‌دهد، یعنی آب یک کالای کم کشش و ضروری است. افزون بر این کشش متقاطع تقاضای آب به میزان ۰/۲- بیانگر رابطه‌ی مکملی میان آب و سایر کالاها است.

٤-۳. محاسبه حداقل مصرف آب و نتایج آن

یکی از ویژگی‌های مهم و مناسب تابع تقاضای به دست آمده از تابع مطلوبیت استون-گری امکان محاسبه‌ی میزان حداقل مصرف آب است که این مقدار با استفاده از رابطه (۱۰) قابل محاسبه می‌باشد. مطابق با نتایج برآورد الگوی تحقیق، مقدار θ_0 که همان عرض از مبدا است، برابر ۲۵۰.۸٦ و θ_1 نیز که ضریب متغیر $\frac{I}{PW}$ به شمار می‌آید، برابر۰/۰۵٦ محاسبه شده است. بنابراین حداقل مصرف آب (S_W) برای هر مشترک در استان گلستان حدود۲۵۱ مترمکعب (۲۵۱۰۰۰ لیتر) در سال است. بدین ترتیب حداقل مصرف آب یک مشترک گلستانی در حدود ٦۸۷ لیتر در روز است و از آن‌جا که بعد خانوار در استان گلستان ٤ نفر است، سهم هر فرد گلستانی از میزان مصرف آب روزانه ۱۷۰ لیتر می‌باشد که این میزان مصرف آب با آمار ارایه شده توسط سازمان آب و فاضلاب استان گلستان هم‌خوانی دارد.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

در این تحقیق با استفاده از تابع مطلوبیت استون-گری، تابع تقاضای آب استخراج شد و با استفاده از روش داده‌های تلفیقی تقاضای آب شهری استان گلستان مورد برآورد قرار گرفت. در ادامه کشش‌های قیمتی و درآمدی و متقاطع بر اساس روابط مربوطه برای استان گلستان برآورد شد. نتایج نشان داد که:

الف) تقاضای آب شهری با قیمت آب رابطه معکوس و با درآمد ارتباط مستقیم دارد.

ب) قدرمطلق کشش‌های قیمتی و درآمدی آب کم‌تر از یک برآورد شده‌اند و این حکایت از آن دارد که تقاضای آب نسبت به قیمت آب و هم‌چنین درآمد کم کشش است که در توجیه آن باید گفت آب یک کالای ضروری و حیاتی بوده و بنابراین تغییرات قیمت و درآمد اثر چشم‌گیری بر مقدار مصرف آن ندارد.

ج) کشش قیمتی متقاطع نیز به میزان۰/۲- به دست آمد که نشان می‌دهد آب کالای بدون جانشین بوده و سایر کالاها به عنوان نوعی کالای مکمل برای آن تلقی می‌شوند، در واقع با افزایش قیمت

سایر کالاها، تقاضا برای آب نیز کاهش می‌یابد. افزون بر این تقاضای آب نسبت به تغییر قیمت سایر کالاها بی‌کشش بوده و اگر سایر کالاها به عنوان یک کالای مرکب در نظر گرفته شوند، با افزایش یک درصدی در قیمت کالای مرکب، تقاضای آب کم‌تر از یک درصد کاهش می‌یابد.

د) بر اساس خواص تابع مطلوبیت استون-گری، میزان حداقل مصرف سالانه آب هر مشترک گلستانی برابر ۲۵۱۰۰۰ لیتر به دست آمد، به عبارت دیگر هر مشترک در استان گلستان به طور روزانه حداقل در حدود ٦٨٧ لیتر آب مصرف می‌کند. بر همین اساس پیشنهادهایی به صورت زیر ارایه می‌گردد:

۱- صفر نبودن کشش قیمتی آب نشان می‌دهد که افزایش تعرفه‌ها می‌تواند تا حدی به عنوان راهکاری در جهت کاهش مصرف آب به کار گرفته شود، به ویژه زمانی که قیمت آب به قیمت واقعی آن نزدیک است.

۲- در الگوی برآورد شده، کشش قیمتی کوچک‌تر از یک است، یعنی با افزایش ۱۰درصدی قیمت، مصرف کم‌تر از ۱۰ درصد کاهش می‌یابد. در نتیجه افزایش قیمت‌ها باعث افزایش درآمد شرکت آب و فاضلاب می‌شود و این خود یکی از بهترین نتایج حاصل از تعدیل قیمت‌ها است. افزایش درآمد، مدیران را قادر خواهد ساخت که سرمایه‌گذاری‌های لازم برای توسعه‌ی شبکه و بهبود کیفیت آن را فراهم کنند. بنابراین با افزایش قیمت‌ها ضمن کاهش مصرف، منابع لازم برای سرمایه‌گذاری نیز فراهم می‌شود.

۳- حرکت به سمت واقعی ساختن قیمت آب (اخذ قیمت تمام شده آب با توجه به هزینه استحصال، تصفیه و انتقال آب) و حساس‌تر ساختن مصرف کننده نسبت به قیمت‌ها از طریق حذف یارانه و تلاش برای کاستن از بهای تمام شده آب با افزایش بهره‌وری تولید، توزیع و انتقال آب به روش علمی از دیگر اقداماتی است که می‌تواند در راستای استفاده بهینه‌تر از منابع آبی موجود به انجام برسد.

منابع

- پژویان، جمشید، حسینی، سید شمس‌الدین (۱۳۸۲). برآورد تابع تقاضای آب خانگی (مطالعه موردی شهر تهران). *فصلنامه پژوهش‌های اقتصادی ایران*، (۱٦): ٦۷-٤۷.
- تابش، مسعود، دینی، مهدی، خوش خلق، علی‌جعفر، زهرایی، بنفشه (۱۳۸۸). برآورد مصرف روزانه آب تهران، *تحقیقات منابع آب ایران*، ٤(۲): ٦٥-٥۷.
- خوش اخلاق، رحمان، شهرکی، جواد(۱۳۸٦). برآورد تابع تقاضای آب خانگی در شهر زاهدان، رساله دکتری، دانشکده علوم اداری و اقتصادی دانشگاه اصفهان.
- خوش اخلاق، رحمان، هادی زاده خیرخواه، حسین (۱۳۸۰). بحران آب و ضرورت توجه به مدیریت تقاضای آب شهری، مطالعه موردی: ایران، سازمان مدیریت منابع آب ایران، وزارت نیرو.
- سازمان مدیریت و برنامه ریزی ، معاونت آمار و اطلاعات (۱۳۹۰). *آمارنامه استان گلستان*.
- سجادی‌فر، سیدحسین، خیابانی، ناصر (۱۳۸۹). مدل سازی تقاضای آب خانگی شهر با استفاده از روش مدل عوامل تصادفی، مطالعه موردی: شهر اراک. *فصلنامه آب و فاضلاب*، ۲۲(۲۲):٦۸-٥۹.
- سعیدی، مهدی، ابریشمی، حمید (۱۳۷٥). برآورد تابع تقاضای آب شهر مشهد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- شرزه‌ای، غلامرضا، کلاهی، رضا (۱۳۷٥). برآورد تابع تقاضای آب شهری شیراز، *مجله آب و توسعه*، ٤(۳): ٦۳-٥٦.
- صبوحی، محمود، نوبخت، مسعود (۱۳۸۷). برآورد تابع تقاضای آب شهر پردیس، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، *مجله آب و فاضلاب*: ۷٤-٦۹.
- جبل عاملی، فرخنده، گودرزی فراهانی، یزدان (۱۳۹۲). تاثیر هدفمندی یارانه بر میزان تقاضای آب مصرفی شهری در قم، *فصلنامه مدلسازی اقتصادی*، ۷(۲۲): ۱۲۰-۱۰۱.
- عبدلی، قهرمان، فرجی دیزجی، سجاد (۱۳۸۸). برآورد تابع تقاضای شهر ارومیه. *مجله دانش و توسعه*، ۱٦(۲۸): ۱۷٥-۱٥۹.
- کیانفر، محمد (۱۳۷۸). مدیریت منابع آب در استان‌های آذربایجان شرقی و اردبیل. *پایان نامه کارشناسی ارشد*، دانشگاه صنعتی شریف.

- هادیان، محمد (۱۳۷۹). تخمین تابع تقاضای آب برای شرکت‌های آب و فاضلاب کشور. حوزه معاونت برنامه‌ریزی و بهبود مدیریت، *شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور*.
- هندرسون، جیمز، کوانت، ریچارد (۱۹۸۰). نظریه اقتصاد خرد یک تقریب ریاضی.انتشارات رسا، تهران.
- Agthe.D.E., Biling.R.B. (1980). Dynamic Model of residential water demand. *WaterResources Research*, 16(3):476-480.
- Billings, R.B. (1982). Specification of Block Rate Price Variables in Demand Models .*Land Economics* ,58(3): 370-371.
- Dagnew, D. (2012). Factors determining residential water demand in north Western Ethiopia, The case of Merawi, A project paper presented to the faculty of the graduateschool of Cornell University in partial fulfillment of the requirements for the Degree of Master of professional Studies.
- Dharmaratna, D., &Haris, E. (2010). Estimating Residential water Demand using the Stone-Geary functional from: The case of Srilanka, university, working paper, 46-10.
- Howe, C.W., &Linaweaver, E.P. (1967) .The impact of price on residential water demand & its relationship to system design & price structure. *Water Resources Research*, 3(1):13-32.
- Lyman, R, A. (1992). Peak and off peak residential water demand, *Water Resource*, 28(9), 2159-2167.
- Martinez, E. (2002). An Estimation of Residential water Demand using Co-integration & Error correction Techniques, Department of Economics, st Francis Xavier University.
- Nauges, C., & Whittington, D. (2010). Estimation of water Demand in developing countries: An overview, World Bank research Observer, World Bank group, 25 (2): 263-294.
- Nieswiadomy,M., & Molina,D.J. (1989). comparing residential water estimates under decreasing and increasing block rater using household data Land Economic.65(3).280-289.
- Og, Ad J., & Schulz, C. (2006). Water Demand & the urban poor: A study of the factors influencing water consumption among households in Cape Town, South Africa. Department of Economics & Management Norwegian college of Fishery science university of Tromso Norway.No.02/06.
- Parker, J. M., &wilby, R. L. (2013). Quantifying household water demand: A review of theory and practice in the UK, water recourse manage, 27(4): 981-1011.
- Saunders, R.J. (1960). Forecasting water demand: An inter and intercommunitystudy. West Virginia university, *Business and Economic studies*.11 (2).
- Schleich, J., & Hillenbrand, T. (2007). Determinants of residential water demand in Germany,*Working paper Sustainability and Innovation*, No's3.

– Young.R.A.(1973).Price elasticity of demand for water: A case study of Tucson, Arizona. *WaterResources Research*, 9(4).1068-1072.