

ارزیابی تابع تقاضای کلی آب (مطالعه موردی استان اصفهان)

رحمان خوش اخلاق^۱، مرضیه سادات سجادی^{۲*}، مصطفی رجبی^۳ و مهدی خاشعی^۴

۱- استاد تمام دانشکده علوم اداری و اقتصاد دانشگاه اصفهان و دانشگاه آزاد خمینی شهر

rahmankh44@yahoo.com

۲- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد اقتصاد

ma_sadjady@yahoo.com

۳- استادیار دانشگاه آزاد خمینی شهر

۴- دانشجوی دکتری رشته مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

منابع آب به همان اندازه که به عنوان منابع طبیعی در نظر گرفته می شوند، به عنوان یک کالای سرمایه ای مورد توجه هستند. از آنجایی که منابع آب خدماتی را برای بخش هایی مثل شهری، کشاورزی، فعالیت های صنعتی و تفریحاتی ایجاد می کنند، به عنوان یک کالای سرمایه ای در نظر گرفته می شوند. همچنین، به خاطر اینکه منابع آب هدیه ای طبیعی و در زمان حاضر کمیاب هستند، به عنوان منابع طبیعی در نظر گرفته می شوند. این دارایی طبیعی، کالای با ارزشی برای توسعه اقتصادی و اجتماعی جوامع است. اقتصاددانان با توجه به نهادهای تقاضا و عرضه آب می توانند برای تصمیم گیری در برخورد با کمیابی منابع آب اقدام کنند. مقالات نسبتاً قوی در مورد تقاضای آب در بخش های مختلف، مثل شهری، کشاورزی و صنعت وجود دارد، اما با توجه به اینکه آب از بخشی به بخش دیگر انتقال پذیر است، نیاز به تخمین تقاضای کل آب نسبت به تخمین مجزای توابع تقاضا در بخش های مختلف بیشتر است. در این مقاله، تقاضای کل آب، اولاً به کمک معادلات سیستم همزمان ارزیابی می شود و ثانياً تقاضای کل آب با دسته بندی متغیرهای تاثیر گذار بر تقاضا ارزیابی می شود. سپس مقدار عرضه، تقاضا و قیمت تعادلی برای سالهای ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ برای استان اصفهان پیش بینی می شود. از جمله نتایج این مقاله آن است که بین درآمد مصرف کننده و مقدار تقاضای کلی آب رابطه مثبت وجود دارد، آب و زمین نهاده های مکمل و نیروی کار و آب نهاده های جانشین هم هستند.

واژه های کلیدی: تقاضای آب، تابع تقاضای آب، تقاضای تجمیعی آب، مدیریت تقاضای آب.

۱- مقدمه

نظر سازگاری با اقلیم و بروز خشکسالی های پی در پی در سال های اخیر دسترسی به آب را با بحران شدید مواجه ساخته است؛ به طوری که تامین آب قابل دسترس برای مصارف مختلف، یکی از چالش های مهم برای دولت محسوب می شود.

در دهه های اخیر، کمیابی آب و در نتیجه ضرورت استفاده از قیمت مؤثر در تنظیم مصرف، سبب تغییر روش مدیریت منابع آب از سیاست های طرف عرضه به سیاست های طرف تقاضا شده است (بایومان^۳، ۱۹۹۸). بدیهی است که با شناخت عوامل مؤثر بر تقاضای آب می توان شرایطی را برای سیاستگذاران فراهم کرد که با توجه به ذخایر آب در دسترس، سیاست های مناسبی را برای برخورد با مشکلات کمبود آب در دهه های آتی اتخاذ نمایند.

تقاضای آب بر حسب کاربردهای وسیع آن، مانند استفاده بخش های شهری، کشاورزی، صنعتی، تفریحی و زیست - محیطی متمایز شده است، که در ادامه هر کدام به اجمال معرفی می گردند. تقاضای آب شهری، شامل انواع تقاضاهای متفاوت آب برای کاربردهای مسکونی، عمومی و تجاری است. تقاضای آب مسکونی، شامل استفاده به وسیله خانوارها در داخل یا خارج از محدوده مسکونی می شود (تقاضای آب داخل خانه، نوسان های اندکی را نشان می دهد، زیرا تا حد زیادی، تحت تاثیر تغییرات جوی نیست). تقاضای عمومی آب، شامل آب عرضه شده به پارک ها، مدارس و دیگر تسهیلات عمومی است. موارد کاربرد تجاری نیز شامل آب مصرفی انبارها،

آب کالای با ارزشی در توسعه اقتصادی، اجتماعی کشورها و یکی از مؤلفه های مهم در حفظ تعادل و پایداری اکوسیستم و محیط زیست است، بنابه دلایلی همچون:

۱. عدم ابزارهای لازم در جهت رسیدن به اهداف توسعه پایدار اقتصادی، که در راستای آن در سال ۲۰۰۷ برای اولین بار مقدار برداشت از منابع آب برای کل کره زمین بیش از توانایی ارائه آب از طریق منابع تجدیدپذیر شده است (گرباچو^۱، ۲۰۰۹)؛

۲. وجود محدودیت اقتصادی برای دسترسی به آب آشامیدنی، به ویژه در مناطق فقیر؛

۳. وجود پیوند بین تغییرات آب و هوایی با مدل های رشد اقتصادی؛

۴. وجود کشمکش بین کشورهای هم مرز آبی.

بحران آب به صورت جهانی قابل استنتاج است. در این راستا، ایران نیز کشوری خشک و نیمه خشک با میانگین بارش حدود ۲۵۰ میلی متر است که این میزان یک سوم میانگین بارش سالانه جهانی است. هم اکنون متوسط مقدار منابع آب تجدید شونده کشور در حدود ۱۳۰ میلیارد مترمکعب است، که سرانه آن در کشور در حدود ۱۹۰۰ مترمکعب در سال است، در حالی که سرانه منابع آب تجدید شونده در جهان حدود ۷۶۰۰ مترمکعب در سال بوده است که در مقایسه با سرانه منابع آب تجدید پذیر در ایران حدود ۴ برابر است (صادقی^۲، ۲۰۱۰). همچنین، توزیع غیر یکنواخت آب در سطح کشور، الگوی نامناسب شهرنشینی، نوع و شیوه تولید محصولات زراعی از

^۱ Gorbachev

^۲ Sadeghi

^۳ Baumann

می‌کنند و مستقل از هم نیستند، در این مقاله با تجمیع توابع تقاضا تعامل بین بخشی نیز مورد توجه قرار می‌گیرد.

۲- مروری بر مطالعات صورت گرفته در زمینه آب

از دیدگاه اقتصادی می‌توان تقاضا برای آب را بین دو گروه موارد استفاده خانگی و تفریحی با تصمیم‌گیری بر مبنای ملاک‌های مطلوبیت، و موارد استفاده صنعتی و کشاورزی و جز اینها، بر مبنای ملاک ارزش تولید نهایی، تقسیم بندی کرد. با در نظر گیری این تقسیم بندی، مجموعه‌های متفاوتی از توابع تقاضا که نمایشگر دو رفتار اقتصادی متفاوت: یکی حداکثر سازی مطلوبیت و دیگری حداقل سازی هزینه یا حداکثر سازی سود در چارچوب بازار، تعیین خواهد شد. با به کار گیری روند ذکر شده (حداکثر سازی مطلوبیت برای تقاضای آب شرب و حداقل سازی هزینه برای بخش‌هایی چون کشاورزی و صنعت) توابع تقاضای آب بخش‌های مختلف به صورت مجزا در مکان‌های جغرافیایی گوناگون تخمین زده شده و مورد ارزیابی قرار گرفته است.

از جمله مدل‌های اقتصادی معمول در بخش شهری برای به دست آوردن تابع تقاضای آب، ماکزیمم کردن تابع مطلوبیت استون‌گری تحت قید بودجه خانوار است. در این مورد مصرف‌کننده با سبدهای از دو کالا شامل آب و سایر کالاها رو به رو خواهد بود، که با توجه به قیمت مربوط به این کالاها و محدودیت بودجه خود، مطلوبیت خود را حداکثر می‌کند.

مدل اقتصادی معمول مورد استفاده در بخش کشاورزی در به دست آوردن کشش قیمتی آب، استفاده از تابع تولید ترانسلوگ و به دست آوردن تابع

فروشگاه‌ها، هتل‌ها و غیره است که به طور عادی تنها ۱۵ تا ۲۰ درصد کل تقاضای آب را تشکیل می‌دهد، اما به هر حال از آنجا که اقتصاد از فعالیت‌های صنعتی به سمت فعالیت‌های خدماتی ترگرایش می‌یابد، در آینده بخش خدمات نقشی بزرگتر در مصرف آب بازی خواهد کرد. تقاضای آب صنعتی نیز برای اهدافی، چون خنک‌سازی، تولید نیرو، حفاظت در مقابل حریق و غیره صورت می‌پذیرد. بهره‌گیری آب توسط کارخانه صنعتی، به عواملی از قبیل: کیفیت، نوع ماده خام مورد استفاده، طراحی کارخانه و کارایی فرایند صنعتی مورد استفاده بستگی دارد. در مورد تقاضای آب کشاورزی نیز می‌توان دو طبقه اصلی آبیاری زراعی و موارد استفاده در دامپروری را مورد توجه قرار داد. تقاضای تفریحی آب شامل شنا، قایق‌سواری در رودخانه‌ها و دریاچه‌ها، ماهیگیری، اسکی روی آب و از این قبیل است که به سبب فراهم‌آوری مطلوبیت برای مصرف‌کننده دارای ارزش است (اسپولبر، ۱۳۷۸).

در راستای شناخت عوامل مؤثر بر تقاضای آب و در جهت تعیین سیاست‌های مناسب برای مواجهه با کمبود آب، توابع تقاضای آب مربوط به بخش‌های مختلف (کشاورزی، شهری و صنعت) به صورت مجزا توسط محققان مورد توجه و ارزیابی قرار گرفته است، اما تاکنون تابع تقاضای تجمیعی آب که معرف کلیت تقاضای آب و عوامل مؤثر بر آن است، تخمین زده نشده و مورد ارزیابی قرار نگرفته است، در حالی که پیشرفت و تعمیم مدیریت تجمیعی منابع آب و رفتار با آب به عنوان یک کالای اقتصادی همواره از جمله پاسخ‌های جهانی داده شده برای حل بحران آب بوده است. از آنجا که توابع تقاضای گوناگون در بهره‌برداری آب عرضه شده به صورت رقیب عمل

هزینه متناظر با این تابع تولید با استفاده از بسط دوم سری تیلور است. معادله سهم هزینه آب با مشتق گیری از تابع هزینه نسبت به قیمت آب و استفاده از لم شپارد به دست می آید.

در بخش صنعت نیز همانند بخش کشاورزی عمل می شود؛ با این تفاوت که در به دست آوردن تابع هزینه از قیمت نهاده های تولید صنعتی (همانند قیمت انرژی، قیمت نیروی کار صنعتی و قیمت سرمایه) استفاده می شود. در سطور زیر برخی از مطالعات صورت گرفته در زمینه آب در خارج و داخل ایران به اجمال مرور شده است. شایان ذکر است در رابطه با موضوع اصلی این مقاله که تجمیع توابع تقاضای آب در بخش های مختلف است، تا کنون تحقیقی انجام نشده است.

کوکران (۱۹۸۵) مطالعه ای با عنوان "تابع تقاضای آب" انجام داده است. وی با استفاده از یک فرم خطی - لگاریتمی و با استفاده از اطلاعات مربوط به شهر اوکلاهاما و تولسا برای سال های ۱۹۶۱ تا ۱۹۸۰ تابع تقاضای آب را برآورد کرده است. متغیرهای مؤثر اثرگذار بر تقاضای آب، قیمت متوسط آب و درآمد سرانه مصرف کننده در نظر گرفته شده است. نتایج نشان می دهد که در شهر اوکلاهاما، قیمت متوسط آب و درآمد سرانه متغیرهای تعیین کننده اصلی میزان تقاضا هستند (کشش درآمدی ۰/۵۸ و کشش قیمتی ۰/۴-). در شهر تولسا نیز درآمد سرانه، عامل تاثیرگذار بر تقاضای آب است؛ به طوری که کشش درآمدی برابر ۱/۱۴ است.

رنزتی^۱ (۱۹۹۲) مطالعه ای با نام "تخمین ساختار تقاضای آب صنعتی، مطالعه موردی صنعت کانادا"

انجام داده است. وی در این مطالعه در ساختن مدل صنعتی تقاضای آب، فرض می کند که بنگاه های صنعتی نمونه، سطح مواد اولیه (از جمله آب) را به گونه ای انتخاب می کنند که هزینه تولید حداقل گردد. با فرض اینکه مصرف آب مجزا از مواد اولیه دیگر است، تابع هزینه آب مصرفی بنگاه (به فرم تابعی ترانسلوگ) تشکیل می شود. بردار قیمت این تابع هزینه، انواع قیمت های آب، شامل قیمت آب برداشتی، قیمت آبی که قبل از بهره برداری روی آن فعالیت می شود، قیمت آب در گردش و قیمت آب تصفیه شده را در بر می گیرد. با مشتق گیری از این تابع هزینه نسبت به انواع قیمت های آب و استفاده از لم شپارد معادلات سهم هزینه انواع مختلف آب محاسبه می شود. از نتایج این تحقیق است که، کشش های قیمت خودی آب برای صنایع مختلف همه منفی است. کشش های متقاطع قیمتی برای صنایع مختلف نشان می دهد که انواع مختلف آب مصرفی صنایع جانشین هم هستند، به ویژه خصوصاً در مورد آب برداشتی و آب در چرخش این مورد مشخص است.

هوفاکر^۲ (۱۹۹۸) در مقاله ای با عنوان "ارزیابی اثرات برنامه های قیمت گذاری آب بر ذخیره آن" این فرض را که محاسبه قیمت آب برداشتی برای آبیاری بوسیله بلوک های قیمتی افزایشی ابزاری در جهت حفظ و ذخیره آب است، ارزیابی می کند. با مدل بندی یک رودخانه فرضی تحت موقعیت های مختلف و تعیین معادله مقدار آب برداشتی، این فرضیه ارزیابی می گیرد. از نتایج این مقاله است که افزایش قیمت آب برداشتی در غیاب جریان های

² Huffuker

¹ Renzetti

غیرهمکاری و نزدیک بینی را ارزیابی کرده است. در حل مساله بهینه سازی روش همکاری و غیر همکاری، از روش کنترل بهینه استفاده شده است. از نتایج این تحقیق است که سودهای خالص تنزیلی جمعی برای راه حل همکاری بیشترین مقدار و بعد از آن غیر همکاری و نزدیک بینی بیشترین مقدار را خواهند داشت.

آربوس^۴ (۲۰۰۸) در مطالعه ای با عنوان "تخمین تقاضای آب مسکونی به صورت بازبینی مطالعات قبلی" متغیرهای مستقل تقاضای آب را که در مطالعات مختلف استفاده شده، ارزیابی کرده است. قیمت آب، درآمد مصرف کننده، آب و هوا، تعداد اعضای خانوار و ترکیب سنی آن، ویژگی و مشخصات خانه، کثرت و تناوب صورت حساب، از جمله متغیرهای مستقل تابع تقاضای آب مسکونی است که در این مقاله ارزیابی شده است.

زایاونگ (۲۰۰۸) در مطالعه ای با عنوان "تابع تقاضای آب مسکونی شهری غرب استرالیا" با ماکزیمم کردن تابع مطلوبیت تحت بودجه غیرخطی، تابع تقاضای آب را به دست آورده است. تابع تقاضای آب به دست آمده، تابعی از قیمت آب در هر بلوک، درآمد واقعی خانوارهای هر بلوک، تعداد خانوارهای هر بلوک، فاکتورهای جمعیت شناختی و مشخصات خانه است. با توجه به کشش قیمتی به دست آمده (۱/۰۵-) در این تحقیق، قیمت ابزار بسیار مهمی برای مدیریت تقاضای آب معرفی شده است.

صادقی^۵ (۲۰۱۰) در مطالعه خود با عنوان "تخمین تقاضای آب آبیاری برای جو در ایران" برای

بازگشتی آب^۱، افزایش جریان آب رودخانه را در پی دارد، چرا که باعث کاهش تقاضا برای آب برداشتی می شود. در زمان حضور جریان های بازگشتی آبیاری، افزایش قیمت آب برداشتی، تأثیرات متفاوتی بر میزان ذخیره آب رودخانه خواهد گذاشت. این تأثیرات متفاوت، به اندازه کشش قیمتی، کارایی آبیاری و قدرمطلق کشش قیمتی تقاضای آب برداشتی بستگی دارد.

رجرز^۲ (۲۰۰۲) در مطالعه ای با نام "آب یک کالای اقتصادی: چگونه از آب در جهت بهبود کارایی و پایداری استفاده شود" آثار سیاست های قیمتی را به صورت عمومی کاهش تقاضا، افزایش عرضه و سهولت تخصیص مجدد بین بخش ها و به صورت غیر عمومی بهبود انصاف و بهبود پایداری منابع دانسته است. در این مقاله ویژگی هایی که تعرفه های آبی باید داشته باشند، ماکزیمم کردن کارایی تخصیص منبع، عادلانه بودن نرخ ها در طبقه های مصرفی، بهبود حفظ آب، کاهش دهندگی هزینه های اجرایی و پوشش دهندگی هزینه های محیط زیستی، معرفی و ارزیابی شده است.

شرمک^۳ در سال ۲۰۰۳ در مطالعه ای با عنوان "اقتصادها و منابع آب بین مرزی" با توجه به کمیابی آب به کار بردن مدل هایی که به طور همزمان سیماهای مسائل اقتصادی، فیزیکی و بنگاهی را در بر داشته باشد، ضروری و مشکل دانسته و در این مورد در نظر گرفتن چنین مسائلی در مورد آب های مرزی را، پیچیده تر دانسته است. وی در برخورد با آب های مرزی روش های مدیریتی اقتصادی همکاری،

⁴ Arbues

⁵ Sadeghi

¹ Irrigation Return Flows

² Rogers

³ Chermak

محصولات مختلف، بیشترین مقدار را برای سیب زمینی و پس از آن به ترتیب برای گندم، چغندر، جو، آفتاب گردان و پنبه داشته است.

در این مقاله، به منظور حساسیت سنجی تقاضای کل نسبت به متغیرهای مستقل، تابع تقاضای تجمیعی برای استان اصفهان برآورد و ارزیابی شده است.

۳- مدل های توابع تقاضای آب بخش های مختلف

(کشاورزی، شهری و صنعت)

۳-۱- تابع تقاضای آب شهری

چنانکه که بیان شد، از جمله مدل های اقتصادی معمول در بخش شهری برای به دست آوردن تابع تقاضای آب، ماکزیمم کردن تابع مطلوبیت استون گری تحت قید بودجه خانوار است (با توجه به اینکه آب یک کالای نیازی و به عنوان یک حق برای افراد جامعه باید تلقی شود، کسب مطلوبیت پس از تامین مقدار نیاز اولیه اتفاق می افتد و تابع استون گری قابلیت نشان دادن این موضوع را به خوبی دارد). در این حالت، مصرف کننده با سبدي از دو کالا شامل آب (Q_1) و سایر کالاها و خدمات (Q_2) مواجه است. وی با قیمت های p_1 (قیمت آب) و p_2 (قیمت سایر کالاها و خدمات) مطلوبیت خود را با توجه به محدودیت بودجه اش حداکثر می کند. تابع مطلوبیت استون-گری و قید بودجه مصرف کننده در چنین حالتی به شکل زیر قابل بیان است (صادقی، ۲۰۱۰):

$$\begin{aligned} \text{MAX } U^* &= \beta_1 \log(Q_1 - \gamma_1) + \beta_2 \log(Q_2 - \gamma_2) \\ \text{St } M &= P_1 Q_1 + P_2 Q_2 \\ Q_i &> \gamma_i, \beta_1 + \beta_2 = 1, 0 \leq \beta_1 \leq 1, 0 \leq \beta_2 \leq 1 \\ (i &= 1, 2) \end{aligned} \quad (1)$$

که در آن γ_i حداقل مورد نیاز از کالای i ام برای ادامه زندگی (مصرف حیاتی)، M میزان درآمد مصرف

محاسبه کشش قیمتی آب، تابع تولید ترانسلوگ را در نظر می گیرد. در تشکیل تابع هزینه کل بنگاه نیز پرداختی به نیروی کار و قیمت سرمایه در نظر گرفته می شود. با تشکیل لاکرانژ برای مینیمم کردن هزینه تولید و مشتق گیری از بسط لاکرانژ و جایگزینی های مربوط کشش قیمت آب (۰/۱۷-) به دست آمده است.

ابطحی (۱۳۷۳) در مطالعه خود با عنوان "برآورد تابع تقاضای آب آشامیدنی" در تخمین تابع تقاضای آب شهری یک نمونه ۲۰۰ تایی از مناطق پنجگانه اصفهان را انتخاب نموده است. تابع تقاضای آب از طریق حداکثر کردن تابع مطلوبیت استون - گری نسبت به قید بودجه به دست می آید. نتیجه این تحقیق حاکی از بی کشش بودن تقاضای آب نسبت به قیمت و کشش پذیری آن در برخی مناطق نسبت به درآمد است. بی کشش بودن تقاضای آب نسبت به قیمت گویای آن است که در کنترل مصرف آب، سیاست افزایش قیمت به تنهایی در مصرف کمتر، موثر نبوده و سیاست های دیگری مثل آموزش و تبلیغات از طریق رسانه های گروهی باید به کار گرفته شود.

رضایی (۱۳۸۶) در مطالعه ای با نام "تخمین تقاضای آب کشاورزی حوضه زاینده رود" در تخمین کشش تقاضای آب از تابع تولید ترانسلوگ استفاده کرده است. تابع هزینه متناظر با این تابع تولید با استفاده از بسط دوم تیلور به دست آمده است (یکی از متغیر های این تابع هزینه قیمت آب است). سپس معادلات سهم هزینه با مشتق گیری این تابع هزینه نسبت به قیمت نهاده ها به دست می آید. همچنین، ارزش اقتصادی آب با استفاده از روش باقیمانده برای

بخش شهری بدست می آید. این معادله عرض از مبدأ ندارد و در نتیجه ممکن است مقدار R^2 منفی و بدون معنا باشد. بنابراین، عرض از مبدأ به معادله اضافه می شود که انتظار می رود پس از برآورد معادله بی معنا بودن آن استنتاج شود.

نهایتاً مصرف آب در بخش شهری برحسب مترمکعب به این صورت خواهد بود:

$$Q_1 = \pi_0 + \pi_1 \left(\frac{M_m}{P_{1,m}} \right) + \pi_2 \left(\frac{P_{2,m}}{P_{1,m}} \right) + \pi_3 (T_m) + \pi_4 (P_m) + u_m \quad (5)$$

۳-۲- تابع تقاضای آب کشاورزی

در بخش کشاورزی نیز که کشاورز با انتخاب ترکیب خاصی از نهاده های تولید (X) روبه روست که هزینه تولید Y (مقدار ستانده) را حداقل کند، تابع هزینه به صورت زیر تعریف می شود (صادقی، ۲۰۱۰):

$$C(Y, P) = \min PX \quad (6)$$

$$\text{st } F(X) = Y$$

که در آن P بردار قیمت نهاده های تولید، X بردار مقدار نهاده های تولید، C هزینه کل تولید، F تابع تولید می باشد.

فرم تابع تولید در بخش کشاورزی، تابع تولید ترانسلوگ به شکل زیر در نظر گرفته می شود:

$$Y = \alpha_0 \prod_{i=1}^n x_i^{\alpha_i} e^{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij} \ln x_i \ln x_j} \quad (7)$$

که در آن Y مقدار ستاده و x_i مقدار نهاده های مختلف مورد استفاده در بخش کشاورزی را نمایش می دهد. برای به دست آوردن تابع هزینه متناظر با این تابع تولید از بسط دوم سری تیلور استفاده می شود. نهایتاً تابع هزینه به شکل زیر به دست می آید:

کننده، β_1 وزن های لحاظ شده برای تجمیع مطلوبیت کل از طریق مطلوبیت های انفرادی کالاهاست.

با حل رابطه (۱) برای تقاضای آب سرانه در بخش شهری خواهیم داشت:

$$Q_1 = \beta_2 \gamma_1 + \beta_1 \left(\frac{M}{P_1} \right) - \beta_1 \gamma_2 \left(\frac{P_2}{P_1} \right) = \gamma_1 (1 - \beta_1) + \beta_1 \left(\frac{M}{P_1} \right) - \beta_1 \gamma_2 \left(\frac{P_2}{P_1} \right) = \pi_0 + \pi_1 \left(\frac{M}{P_1} \right) + \pi_2 \left(\frac{P_2}{P_1} \right) + u \quad (2)$$

از جمله ویژگی های تابع استون-گری این است که می توان γ_1 را تابعی از متغیرهای جوی و مجازی یا هر متغیری که محقق حدس بزند روی حداقل نیاز آب (جز قیمت) مؤثر است و در فرم کلی وارد نشده است، دانست.

اگر مقدار حداقل آب مورد نیاز تابعی از متغیر عامل جوی در نظر گرفته شود، خواهیم داشت:

$$\gamma_1 = \bar{\gamma}_1 + k_1 T \quad (3)$$

که در آن γ_1 حداقل آب مورد نیاز بر اساس شرایط جوی و T متغیر جوی است.

با قرار دادن این مقدار در (۲) معادله زیر حاصل می شود:

$$Q_1 = \bar{\gamma}_1 (1 - \beta_1) + \beta_1 \left(\frac{M}{P_1} \right) - \beta_1 \gamma_2 \left(\frac{P_2}{P_1} \right) = (\bar{\gamma}_1 + k_1 T) (1 - \beta_1) + \beta_1 \left(\frac{M}{P_1} \right) - \beta_1 \gamma_2 \left(\frac{P_2}{P_1} \right) = \bar{\gamma}_1 (1 - \beta_1) + \beta_1 \left(\frac{M}{P_1} \right) - \beta_1 \gamma_2 \left(\frac{P_2}{P_1} \right) + k_1 (1 - \beta_1) T = \pi_{00} + \pi_{11} \left(\frac{M}{P_1} \right) + \pi_{22} \left(\frac{P_2}{P_1} \right) + \pi_{33} (T), \pi_{33} = k_1 (1 - \beta_1) \quad (4)$$

با تخمین رابطه (۴) و دانستن $\pi_{33} = k_1 (1 - \beta_1)$ ، می توان مقدار k_1 را تخمین زد. در مورد علامت k_1 نمی توان اظهار نظر کرد، چون بر حسب نوع متغیرهای جوی می تواند مثبت یا منفی باشد. با ضرب متغیر جمعیت (P_m) در معادله (۴) تقاضای آب

۳-۳- تابع تقاضای آب بخش صنعت

در رسیدن به فرم تابع تقاضا در بخش صنعت همان قواعد به کار رفته در بخش کشاورزی مورد توجه است. با طی همان مسیر به کار گرفته شده در بخش کشاورزی، نهایتاً معادله (۷) استخراج خواهد شد. با باز کردن این معادله در بخش صنعت خواهیم داشت (رنزتی، ۱۹۹۲):

$$x_{w,i} = \frac{Y}{P_w} + \gamma_{ww} l_1 n P_{w,i} + \gamma_{wl} l_1 n P_{l,i} + \gamma_{wk} l_1 n P_{k,i} + \gamma_{we} l_1 n P_{e,i} + \gamma_{wy} l_1 n Y_{y,i} \quad (13)$$

که در آن P_w قیمت آب، P_l قیمت نیروی کار، P_k قیمت سرمایه، P_e قیمت انرژی، Y_y ارزش تولید است.

۴- تابع عرضه آب

در این مقاله، تابع هزینه درجه ۳ برای بخش تولید آب به شکل زیر در نظر گرفته می شود (نور علیزاده، ۱۳۷۸):

$$TC = \beta_0 + \beta_1 Q + \beta_2 Q^2 + \beta_3 Q^3 + \beta_4 PL + \beta_5 PK + \beta_6 RS + U_5 \quad (14)$$

که در آن TC هزینه عرضه آب، Q مقدار آب، PL قیمت نیروی کار، PK قیمت سرمایه، RS مقدار بارندگی است.

بر طبق تئوری های اقتصادی در بازار رقابتی قیمت برابر هزینه نهایی است و همچنین، آن قسمت از منحنی هزینه نهایی بلندمدت که بالای نقطه حداقل هزینه متوسط بلندمدت قرار دارد، منحنی عرضه است. با توجه به نکات ذکر شده و مشتق گیری از تابع هزینه نسبت به مقدار آب تابع هزینه نهایی به دست می آید (توجه به این نکته ضروری است که قیمت برابر هزینه نهایی است). اگر تابع هزینه نهایی به صورت معکوس نوشته شود (ارتباط متغیر تابع با

$$\begin{aligned} \ln c = \ln a + \sum_{i=1}^n a_i \ln P_i + a_Q \ln Q \\ + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij} \ln P_i \ln P_j \\ + \sum_{i=1}^n b_{iQ} \ln P_i \ln Q \\ + \frac{1}{2} b_{iQ} (\ln Q)^2 \end{aligned} \quad (8)$$

که در آن P_j در بخش کشاورزی قیمت نهاده های نیروی کار (l)، زمین (z)، ماشین آلات (m)، آب (w)، بذر (s)، سایر نهاده ها (o) و Q مقدار محصول است. معادلات سهم هزینه با استفاده از لم شپارد به شکل زیر به دست می آید:

$$\frac{\partial \ln c}{\partial \ln P_i} = \frac{\frac{\partial c}{c}}{\frac{\partial P_i}{P_i}} = \frac{\partial c}{\partial P_i} * \frac{P_i}{c} = x_i * \frac{P_i}{c} = \frac{x_i P_i}{c} = \frac{x_i P_i}{\sum x_i P_i} = S_i \quad (9)$$

$$S_i = \frac{\partial \ln c}{\partial \ln P_i} = a_i + \sum_{j=1}^n b_{ij} \ln P_j + b_{iQ} \ln Q \quad (10)$$

با باز کردن معادله بالا در بخش کشاورزی معادله سهم هزینه ها به شکل زیر استخراج خواهد شد:

$$\begin{aligned} S_i = a_i + b_{il} \ln P_l + b_{iz} \ln P_z + b_{im} \ln P_m \\ + b_{iw} \ln P_w + b_{is} \ln P_s \\ + b_{io} \ln P_o + b_{iQ} \ln Q \end{aligned} \quad (11)$$

با فرض برونزا بودن سهم عوامل تولید (به غیر از آب) و با توجه به رابطه (۶) و جایگزینی رابطه (۸) در آن تابع تقاضای آب در بخش کشاورزی به شکل زیر تعیین می گردد:

$$\begin{aligned} x_{w,ag} = \frac{c}{P_w} a_i + cb_{il} \frac{\ln P_l}{P_w} + cb_{iz} \frac{\ln P_z}{P_w} + cb_{im} \frac{\ln P_m}{P_w} \\ + cb_{iw} \frac{\ln P_w}{P_w} + cb_{is} \frac{\ln P_s}{P_w} \\ + cb_{io} \frac{\ln P_o}{P_w} + cb_{iQ} \frac{\ln Q}{P_w} \\ = \frac{\beta}{P_w} + \beta_{wl} l_1 n P_{l,ag} \\ + \beta_{wz} l_1 n P_{z,ag} + \beta_{wm} l_1 n P_{m,ag} \\ + \beta_{ww} l_1 n P_{w,ag} + \beta_{ws} l_1 n P_{s,ag} \\ + \beta_{wo} l_1 n P_{o,ag} \\ + \beta_{wQ} l_1 n Q_{ag} \end{aligned} \quad (12)$$

مقدار عرضه، مقدار تقاضا و قیمت تعادلی آب متغیرهای درونزای سیستم همزمان مطروحه (۱۶) است. به این علت که در بخش های مختلف (کشاورزی، صنعت و شهری) فرم های مختلف تقاضای آب خطی و غیرخطی در نظر گرفته می شود و از طرفی، این فرم ها روابط ریاضی قطعی نیستند (به علت وجود جزء خطا)، بنابراین، حل دستگاه معادلات همزمان (۱۶) مشکل خواهد بود. برای حل این دستگاه باید شرایط تسهیل کننده ای به وجود آورده شود. این شرایط تسهیل کننده باید منطبق بر داده های موجود و توانایی نرم افزارهای موجود باشد که موضوع بحث مقاله حاضر نیست. در ادامه، پس از معرفی و توضیح و ارزیابی عوامل مؤثر بر تقاضا در سه بخش شهری، کشاورزی و صنعت، به ساختن مدلی خطی که در قالب سیستم معادلات همزمان قابل حل باشد، پرداخته خواهد شد.

۶- ارزیابی توابع تقاضای آب هر بخش به صورت مجزا در مدل انتخابی

۶-۱- ارزیابی تابع تقاضای بخش شهری

از جمله متغیرهای مؤثر بر تقاضای آب در بخش شهری می توان به قیمت آب، قیمت کالاهای جانشین، قیمت کالاهای مکمل، درآمد مصرف کننده، آب و هوا، تعداد اعضای خانوار، تناوب صورت حساب اشاره کرد (آربوس^۱، ۲۰۰۳) که با توجه به متغیرهای انتخابی استفاده شده در تابع تقاضای بخش شهری در این مقاله به توضیح برخی از متغیرهای مطروحه پرداخته می شود: (۱) قیمت آب (P_{W1}): در دهه های اخیر استفاده از قیمت برای مدیریت

سایر متغیرهای مستقل، خطی در نظر گرفته می شود) متغیر وابسته تابع، مقدار عرضه خواهد بود که از قیمت آب (هزینه نهایی)، قیمت عوامل، بارندگی و غیره تاثیر می پذیرد. نهایتاً تابع عرضه به شکل زیر معرفی می شود:

$$Q^S = \gamma_0 + \gamma_1 P_W + \gamma_2 P_L + \gamma_3 P_K + \gamma_4 R_S + U_6 \quad (15)$$

۵- تشکیل سیستم همزمان

با جمع توابع تقاضای توضیح داده شده در بخش ۳ و در نظر گرفتن قیمت های مفروض برای آب به صورت (P_W) تابع تقاضای تجمیعی آب را خواهیم داشت (البته، از محدودیت های این تحقیق است که مقدار آب با کیفیت های متفاوت [کالاهای ناهمگن] جمع زده می شود). تابع تقاضای تجمیعی آب و تابع عرضه و اتحاد تعادلی برابری عرضه و تقاضا به شکل زیر در قالب یک دستگاه معادلات معرفی می شود (شایان ذکر است برای ساده سازی مدل، قیمت نیروی کار در بخش صنعت و بخش عرضه آب برابر فرض شده است. در مورد قیمت سرمایه نیز همین فرض برقرار است):

$$\begin{aligned} Q_{Tot} = & (\pi_0 + \gamma_w + \beta_w) + \pi_1 \left(\frac{M_m}{P_w} \right) \\ & + \pi_2 \left(\frac{P_{2,m}}{P_w} \right) + \pi_3 (T_m) \\ & + \pi_4 (P_m) + \frac{\beta}{P_w} \\ & + \beta_{w1} l_1 n P_{1,ag} + \beta_{wz} l_1 n P_{z,ag} \\ & + \beta_{wm} l_1 n P_{m,ag} \\ & + \beta_{ww} l_1 n P_{w,ag} \\ & + \beta_{ws} l_1 n P_{s,ag} + \beta_{wo} l_1 n P_{o,ag} \\ & + \beta_{wQ} l_1 n Q_{ag} + \frac{\gamma}{P_w} \\ & + \gamma_{ww} l_1 n P_{w,i} + \gamma_{wl} l_1 n P_{l,i} \\ & + \gamma_{wk} l_1 n P_{k,i} + \gamma_{we} l_1 n P_{e,i} \\ & + \gamma_{wy} l_1 n Y_{y,i} + u \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} Q_s &= \alpha_0 + \alpha_1 P_w + \alpha_2 P_l + \alpha_3 P_k + \alpha_4 R_t \\ &+ u_t \\ Q_{Tot} &= Q_s \end{aligned}$$

¹ Arbués

۶-۲- ارزیابی تابع تقاضای بخش کشاورزی

قیمت آب، قیمت نهاده های جانشین آب در بخش کشاورزی، قیمت زمین کشاورزی، قیمت محصول، مهاجرت از روستا به شهر، تغییرات تکنیکی در بخش کشاورزی و متغیرهای زیست - محیطی، مثل ویژگی های خاک و آب و هوا همگی عوامل مؤثر بر تقاضای آب در بخش کشاورزی است (خوش اخلاق^۱، ۱۹۷۷) که بر حسب مدل انتخابی در بخش کشاورزی به ارزیابی برخی از متغیرهای مطروحه پرداخته می شود: (۱) قیمت آب (P_{W2}): در صورت افزایش قیمت آب سه نوع عکس العمل از جانب کشاورز می تواند صورت گیرد: الف) بدون تغییر در الگوی کشت از اتلاف آب که به شکل های مختلف در بخش کشاورزی رخ می دهد، کاسته می شود؛ ب) تغییر نوع الگوی کشت به کاشت محصولاتی که آب بری کمتری دارد. ج) مورد استفاده قرار نگرفتن بخشی از زمین های کشاورزی به علت عدم صرفه های اقتصادی. هر سه عکس العمل ذکر شده بر کاهش مقدار آب استفاده شده در بخش کشاورزی با افزایش قیمت آب دلالت دارد. (۲) قیمت زمین کشاورزی (PEA): اگر یک زمین کشاورزی در مجاورت شهرها، واحدهای صنعتی یا راه ها واقع شده باشد که بتواند برای مصرف دیگری به کار گرفته شود، تغییر قیمت زمین برای موارد استفاده جانشین موجب تاثیرگذاری بر تقاضای آب می شود. (۳) قیمت محصول کشاورزی (PPA): قیمت محصول رابطه با مقدار تقاضای آب دارد، زیرا زارعان

تقاضای آب یک مساله مرتبط با رشد در میان سازندگان سیاست بوده است. با افزایش قیمت آب، مصرف کننده متوسط (مصرف کننده متوسط دارای مصرف متوسط آب شهری است، قیمت متوسط آب شهری پرداخت می کند و دارای متوسط درآمد شهری است) با در نظر گرفتن این که آب کالای گیفن نیست، مقدار تقاضای آب خود را کاهش می دهد که این موضوع خود ناشی از دو اثر جانشینی و درآمدی است (خوش اخلاق، ۱۳۷۸). (۲) درآمد (I): با تغییر درآمد سرانه، بودجه مصرف کننده متوسط جابجا شده و در نتیجه مقدار تقاضای آب تغییر می کند. اخیرا بسط هایی انجام شده است که به جای متغیر درآمد، سطح تحصیل سرپرست خانوار، مالکیت ماشین، ارزش دارایی و غیره استفاده می شود (آربوس، ۲۰۰۳). (۳) تعداد اعضای خانوار یا جمعیت (PO): تعداد اعضای خانوار اثر مثبتی بر تقاضای آب خانوار دارد؛ ضمن اینکه در خانوارهای صاحب فرزند انتظار مصرف آب بیشتر است. در واقع، ترکیب خانوار نیز بر مصرف آب خانوار تاثیر گذار است. (۴) متغیر آب و هوا (W): تاثیرگذاری آب و هوا بر مصرف آب بدیهی است. تأثیرات آب و هوایی در مطالعات مختلف در شکل های مختلف، مثل میزان بارندگی، درجه حرارت، دقایق تابش آفتاب، سرعت باد، تفاضل میزان ریزش باران از میزان تبخیر و یا به صورت ترکیبی از متغیرهای ذکر شده استفاده شده است. نهایتا تابع تقاضای بخش شهری به صورت زیر انتخاب می شود:

$$Q_1^D = \alpha_0 + \alpha_1 P_{W1} + \alpha_2 I + \alpha_3 W + \alpha_4 PO + U_1 \quad (17)$$

^۱ Khoshakhlagh

برابر فرض شده است. در مورد قیمت سرمایه نیز همین فرض برقرار است):

$$Q^D = (\alpha_0 + \alpha_5 + \alpha_{12}) + (\alpha_1 + \alpha_6 + \alpha_{13})PW + \alpha_2 I + \alpha_3 W + \alpha_4 PO + \alpha_7 PMA + \alpha_8 PEA + \alpha_9 PPA + \alpha_{10} PLA + \alpha_{11} PSA + \alpha_{14} PKIS + \alpha_{15} PENI + \alpha_{16} PPI + \alpha_{17} PLIS + (U_1 + U_2 + U_3 = C_1 + C_2 PW + C_3 I + C_4 W + C_5 PO + C_6 PMA + C_7 PEA + C_8 PPA + C_9 PLA + C(10)PSA + C(11)PKIS + C(12)PENI + C(13)PPI + C(14)PLIS + U \quad (20)$$

$$Q^S = C(15) + C(16)P_W + C(17)PLIS + C(18)PKIS + C(19)RS + U_4$$

تابع تقاضای تجمیعی آب در کنار تابع عرضه آب و با در نظر گرفتن جملات خطای معادلات اتحاد تساوی عرضه و تقاضای آب $Q^S = Q^D$ در نقطه تعادل، سیستم معادلات همزمان این مقاله را تشکیل خواهد داد. متغیرهای قیمت آب، مقدار عرضه و مقدار تقاضا، متغیرهای درونزای سیستم همزمان مطروحه هستند. پس از طی فرایند تشخیص، روش حداقل مربعات دو مرحله ای (2SLS) برای حل سیستم انتخاب شده است. توجه به این نکته ضروری است که، هر گاه توابع تقاضای بخش های مختلف و عرضه جداگانه تخمین زده شود، ضرایب از نظر آماری سازگار نخواهد بود. پس در نظر گرفتن دستگاه معادلات همزمان برای تخمین تابع عرضه و تقاضا نسبت به تخمین جداگانه تابع عرضه و تقاضا دارای مزیت است. همچنین، تابع تقاضای تخمینی به دست آمده از طریق سیستم همزمان، در تعیین تاثیرات قیمت بر روی تقاضای تجمیعی تاثیر عوامل موثر بر عرضه را نیز به طور غیر مستقیم لحاظ می کند. شایان ذکر است با تخمین تقاضای تجمیعی، انتقال بین بخشی آب نیز در ارزیابی لحاظ می گردد.

با توجه به شرایط بازار محصولات، برنامه کشت خود را تنظیم می کنند. ۴) قیمت نهاده های بخش کشاورزی: دستمزد نیروی کار (PLA)، قیمت ماشین آلات (PMA) و قیمت بذر (PSA) به عنوان نهاده های تولید بر تقاضای آب در بخش کشاورزی مؤثر است. این نهاده ها در جوامع و شرایط مختلف رابطه جانشینی یا مکملی با تقاضای آب را دارا خواهند بود. نهایتاً تابع تقاضای بخش کشاورزی به صورت زیر معرفی می گردد:

$$Q_2^D = \alpha_5 + \alpha_6 P_{W2} + \alpha_7 PMA + \alpha_8 PEA + \alpha_9 PPA + \alpha_{10} PLA + \alpha_{11} PSA + U_2 \quad (18)$$

۳-۶- ارزیابی تابع تقاضای بخش صنعت

در بخش صنعت نیز قیمت نهاده های تولید (مثل قیمت آب (P_{W3}) ، قیمت نیروی کار (PLIS)، قیمت سرمایه (PKIS)، قیمت انرژی (PENI) و ارزش تولید (PPI) بر تقاضای آب صنعتی مؤثر خواهد بود. نهایتاً تابع تقاضای انتخابی در این بخش هم به صورت زیر معرفی می گردد:

$$Q_3^D = \alpha_{12} + \alpha_{13} P_{W3} + \alpha_{14} PKIS + \alpha_{15} PENI + \alpha_{16} PPI + \alpha_{17} PLIS + U_3 \quad (19)$$

۷- تجمیع توابع تقاضا و تشکیل سیستم معادلات همزمان

با در نظر گرفتن قیمت آب به صورت تعادلی (PW) و جمع سه تابع تقاضا در بخش شهری، کشاورزی و صنعت، تقاضای تجمیعی آب و تابع عرضه آب (که در بخش ۴ توضیح داده شده است) به شکل زیر نمایش داده می شود (شایان ذکر است قیمت نیروی کار در بخش صنعت و بخش عرضه آب

۸- تشریح چگونگی به دست آوردن داده های

مربوط به مدل انتخابی

کلیه متغیرهای مدل انتخابی این تحقیق به صورت سالانه از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۶ اندازه گیری شده است. اصلی ترین متغیر سیستم همزمان ارائه شده در فصل قبل، قیمت آب (pw) است. برای به دست آوردن این متغیر با داشتن آب بری هر هکتار محصولات مختلف و پرداختی کشاورزان بابت آب هر هکتار (پس از واقعی شدن) از محصولات مختلف، قیمت یک متر مکعب آب برای هر محصول به دست می آید. با حذف داده های پرت، حداکثر قیمت یک مترمکعب سالانه آب محصولات مختلف، به عنوان قیمت بر حسب تومان محاسبه می شود. شایان ذکر است که بخش های صنعت و شهری نیز در این قیمت آماده خرید و مبادله آب فرض می شوند.

شاخص جایگزین درآمد (I) تولید ناخالص داخلی سالانه استان (بر حسب میلیون ریال) پس از واقعی شدن بر مبنای سال پایه ۱۳۷۶ است.

با داشتن میانگین درجه حرارت ماه به ماه هر سال بر حسب سانی گراد و میانگین گیری از آنها شاخص جایگزین متغیر آب و هوا (w) به صورت سالانه به دست آمده است.

در تعیین قیمت ماشین آلات (pma)، از قیمت یک ساعت کار تراکتور نیمه سنگین به صورت متوسط سالانه بر حسب هزار ریال استفاده شده است (مهمترین ماشین مورد استفاده در بخش کشاورزی تراکتور است که با بستن ابزار و ادوات به آن عمده فعالیت های بخش کشاورزی انجام می شود).

در تعیین قیمت بذر (psa)، ۲۵ محصول زراعی انتخاب شده است. با داشتن متوسط بذر مصرفی هر

هکتار این محصولات در استان و قیمت هر کیلو بذر و استفاده از میانگین وزنی، متوسط قیمت بذر مصرفی محصولات کشاورزی در یک هکتار به صورت سالانه برحسب هزار تومان به دست آمده و سپس واقعی شده است.

در تعیین قیمت زمین (pea) از شاخص قیمت مسکن استفاده شده است. از آنجا که می بایست قیمت زمین بدون حبابه استفاده می شد و همچنین، عمده زمین های انتقال یافته از کشاورزی برای موارد استفاده مسکونی به کار گرفته می شوند و قیمت این زمین ها در اختیار نیست، از شاخص مسکن به عنوان جایگزین برای این متغیر استفاده شده است.

ارزش ستانده (میلیون ریال) بخش کشاورزی استان در تعیین ارزش محصول (ppa) استفاده شده است.

در تعیین قیمت نیروی کار بخش کشاورزی (pla)، متوسط درآمد حاصل از حقوق بگیری روستایی (میلیون ریال) پس از واقعی شدن بر مبنای سال پایه ۱۳۷۶ استفاده شده است.

در تعیین اندازه متغیرهای تاثیر گذار بر تقاضای آب مربوط به بخش صنعت، از اطلاعات صنایع مختلف استان (همانند صنایع مواد غذایی، تولید منسوجات، تولید پوشاک، تولید کاغذ، تولید زغال کک، تولید مواد پلاستیکی، تولید ماشین آلات مولد برق و غیره) به صورت میانگین وزنی استفاده شده است. در زیر به توضیح نحوه محاسبه اندازه متغیرهای بخش صنعت پرداخته می شود.

در تعیین ارزش محصول صنعتی (ppi) ارزش محصول کلیه صنایع استان برحسب میلیون ریال به صورت سالانه با هم جمع و سپس واقعی می شود.

متوسط یک واحد انرژی به صورت سالانه برای صنایع استان به دست می آید.

در تعیین قیمت سرمایه (pkis) از شاخص جایگزین که از تجمیع نرخ سود بانکی و نرخ استهلاک (۵ درصد) به صورت سالانه به دست آمده، استفاده شده است.

برای تعیین مقدار بارندگی (rs) از میانگین میزان بارندگی در چهار ایستگاه اورگان، سدزاینده رود، اسکندری و قلعه سرخ به صورت سالانه برحسب میلی متر استفاده شده است.

در تعیین متغیر مقدار تقاضا (qd) مقدار آب مصرفی هر سه بخش (صنعت، کشاورزی و شهری) به صورت سالانه (بر حسب مترمکعب) جمع شده است.

در تعیین مقدار عرضه آب (qs) ذخیره پایان دوره هر سال از ذخیره پایان دوره سال قبل کاسته می شود. در صورت مثبت این مقدار، این مقدار از حجم ورودی سالیانه کسر و در غیر این صورت با آن جمع می گردد. سپس تلفات آب از این مقدار کم می شود.

ضمناً در تحقیق حاضر تنها آب های سطحی استان (رودخانه زاینده رود) مورد توجه است. شایان ذکر است که ظرفیت سالانه حجم آب ذخیره شده سد زاینده رود حدود ۱۴۰۰ میلیون متر مکعب است.

کلیه داده های اولیه این تحقیق از سازمان آب منطقه ای استان اصفهان، استانداری استان اصفهان و سازمان استان اصفهان، استانداری استان اصفهان و سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان جمع آوری شده است. ضمناً از آمارنامه استان، سایت بانک مرکزی و سایت هواشناسی استان نیز در تهیه داده ها استفاده شده است.

در تعیین قیمت نیروی کار صنعتی (plis) میزان پرداختی سالانه هر کدام از صنایع بابت دستمزد (برحسب میلیون ریال) واقعی شده (سال پایه ۱۳۷۶) و بر تعداد نیروی کار همان صنعت در سال مورد نظر تقسیم شده است. با این کار متوسط پرداختی به یک نیروی کار صنعتی برای هر کدام از صنایع به صورت مجزا و سالانه به دست می آید. با داشتن متوسط پرداختی به نیروی کار هر صنعت به صورت سالانه و همین طور داشتن تعداد نیروی کار هر صنعت در سال های مورد نظر و استفاده از میانگین وزنی، به صورت سالانه متوسط پرداختی سالانه به نیروی کار صنعتی استان به دست می آید.

در تعیین قیمت انرژی (peni) مقدار انرژی های مختلف (نفت سیاه، گازوئیل، بنزین، برق و غیره) به کار گرفته شده در صنایع مختلف (که بر حسب واحدهای مختلف است) به صورت سالانه با استفاده از ضرایب تبدیل واحدهای متعارف انرژی ترازنامه انرژی سال ۸۵ به ژول تبدیل می شود تا قابل جمع باشند. با داشتن میزان پرداختی هر صنعت بابت هر انرژی و واقعی کردن آن و تقسیم کردن بر مقدار آن انرژی (بر حسب ژول) قیمت یک واحد از هر نوع انرژی هر صنعت بدست آورده می شود. با توجه به قیمت یک واحد انرژی های مختلف هر صنعت و با استفاده از میانگین گیری وزنی، میانگین قیمت یک واحد انرژی به صورت کلی و سالانه برای هر صنعت به صورت مجزا به دست می آید. با داشتن قیمت متوسط یک واحد انرژی برای سال های مختلف و برای صنایع مختلف و همچنین، مقدار انرژی های مصرفی هر صنعت که به ژول تبدیل و همچنین، قابل جمع شده است، و استفاده از میانگین وزنی قیمت

۹- چگونگی برآورد مدل

$$\widehat{qd} = -1.61 * 10^9 + 3.38 * 10^7 pw + 2.90 * 10^7 w + 641543.3 pma + 1442869 pla$$

(4.32) (71.37) (-3.96) (2.64)

$$+ 168749.9 psa - 1.35544 ppa(-1) + 3.70 * 10^9 pkis + 5.74 * 10^9 peni + 1.04 * 10^7 plis$$

(4.44) (-0.69) (1.34) (1.98) (4.45)

$R^2 = 0.97$

$$\widehat{qs} = -1.45 * 10^9 + 2.81 * 10^7 pw + 3.46 * 10^7 plis + 3.43 * 10^9 pkis + 1658975 rs$$

(0.58) (3.82) (-0.35) (0.24) (4.76)

$R^2 = 0.7165$

با توجه به ضرایب برآوردی مشاهده می شود که: افزایش قیمت آب همراه با افزایش مقدار تقاضای آب بوده است. این موضوع می تواند به اشکال زیر قابل توجیه باشد که اولاً مبنای قیمت گذاری آب حداقل برای شرکت آب و فاضلاب، مقدار تقاضای آب است؛ یعنی در واقع هر چه تقاضای آب هر مصرف کننده بیشتر می شود، بر قیمت آب مربوط به آن مصرف کننده افزوده می شود؛ ثانیاً کم بودن تعداد مشاهدات و سه برابر نمودن همان مشاهدات و حذف تعداد زیاد متغیر به علت برخورد با مشکل همخطی چنین نتایجی را به وجود می آورد.

با افزایش درجه حرارت به اندازه یک درجه سانتی گراد، برآورد می شود تقاضای کلی آب به طور متوسط ۲۹ میلیون متر مکعب در سال افزایش می یابد.

افزایش قیمت یک ساعت کار ماشین آلات کشاورزی به اندازه یک هزار ریال، برآورد می شود، تقاضای کلی آب را به طور متوسط ۶۴۱۵۴۳٫۳ مترمکعب افزایش دهد. این موضوع حاکی از جانشین بودن آب و ماشین آلات کشاورزی است.

با استفاده از داده های اولیه سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۶ کلیه متغیرهای سیستم معادلات همزمان ارائه شده در این مقاله به صورتی که در قسمت قبل توضیح داده شد، به صورت سالانه اندازه گیری می شوند. به دلیل تعداد زیاد متغیرها و کمی داده های مربوطه (۱۱ سال) در حل این سیستم همزمان، در جهت رفع مشکل هم خطی و به دست آوردن ضرایب توابع عرضه و تقاضا در سیستم معادلات همزمان هر داده سالانه دو بار تکرار شده است (به علت اینکه پیدا کردن داده های سالانه بیشتر، هم زمان بیشتر، هم همکاری و مساعدت نهادها و سازمان های مربوطه را می طلبد. در ضمن، برخی از اطلاعات داده ای، به ویژه در بخش کشاورزی بیشتر از این ۱۱ سال در سازمان های مربوطه وجود نداشته است.) و همچنین، متغیرهای درآمد، جمعیت، قیمت زمین و ارزش تولید صنعتی از سیستم همزمان حذف گردیده است (در رفع مشکل هم خطی دو روش افزایش تعداد مشاهده های مربوط به هر متغیر و همچنین، حذف برخی از متغیرهای سیستم وجود دارد). مسلماً اگر تعداد سال های جمع آوری داده ها بیشتر شود، این مشکل (هم خطی) وجود نخواهد داشت. با توجه به دو بار تکرار هر داده سالانه، داده های مربوط به هر متغیر از ۱۱ مشاهده به ۳۳ مشاهده تغییر می پذیرد. پس از آن، برای برآورد سیستم معادلات همزمان به روش حداقل مربعات دو مرحله ای اقدام شده است. در برآورد سیستم همزمان (۱۹)، از نرم افزار stata در برآورد سیستم استفاده شده است. نتایج برآورد سیستم همزمان به روش حداقل مربعات دو مرحله ای در زیر آورده شده است:

در این بخش به منظور پاسخ گویی به کلیه فرضیه‌های تحقیق (از آنجا که در فرایند برآورد مدل اصلی برخی متغیرها حذف شد) از شیوه ای خاص برای برآورد تابع تقاضای کلی آب استفاده می شود؛ به این ترتیب که کلیه متغیرهای تابع تقاضای کلی آب دسته بندی می شوند. در این دسته بندی سعی شده که متغیرهای هر بخش (صنعت، کشاورزی و شهری) در یک دسته قرار گیرند. اعضای هر دسته، تحت رگرسیون خطی که متغیر وابسته آن تقاضای کلی آب است، برآورد می شود (شایان ذکر است در این بخش قیمت آب از جمله متغیرهای برونزای اثر گذار بر تقاضای آب است). به این ترتیب، چهار رگرسیون به شکل زیر خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} \widehat{QD} = & -2 * 10^9 + 8.381156 I + 97103432 W + [0.787224] \\ & (-1.34) \quad (1.47) \quad (1.72) \quad (6.57) \\ & R^2 = 0.85 \quad DW = 1.81 \end{aligned} \quad (22)$$

که در آن I درآمد مصرف کننده، W درجه حرارت است.

$$\begin{aligned} \widehat{QD} = & 2.04 * 10^8 + 37315604 PW - 8.855937 PO + [0.781289] \\ & (2.34) \quad (97.43) \quad (-0.43) \quad (5.69) \\ & R^2 = 0.98 \quad DW = 1.80 \end{aligned} \quad (23)$$

که در آن PW قیمت آب و PO جمعیت است.

$$\begin{aligned} \widehat{QD} = & -8.21 * 10^8 + 5641254 PMA \\ & - 1182459 PEA \\ & + 382.66 PPA \\ & + 4030378 PLA \\ & (-3.5) \quad (2.06) \quad (-2.82) \\ & (6.72) \quad (2.98) \\ & +166557908 PSA + [0.785604] \\ & (7.62) \quad (5.45) \\ & R^2 = 0.97 \quad DW = 1.81 \end{aligned} \quad (24)$$

که در آن PMA قیمت ماشین آلات، PEA قیمت زمین، PSA قیمت بذر، PLA قیمت نیروی کار کشاورزی، PPA ارزش محصولات کشاورزی است.

با افزایش یک میلیون ریالی قیمت نیروی کار کشاورزی، برآورد می شود، که تقاضای کلی آب ۱۴۴۲۸۶۹ مترمکعب افزایش می یابد. در واقع، آب و نیروی کار نهاده های جانشین هم هستند.

با افزایش ارزش بذر یک هکتار به اندازه هزار تومان برآورد می شود که تقاضای کلی آب را به طور متوسط ۱۶۸۷۴۹,۹ مترمکعب افزایش می دهد. در ضمن این ضریب در سطح $\alpha = 0.05$ معنادار نمی باشد.

افزایش یک واحدی شاخص قیمت سرمایه برآورد می شود، تقاضای کلی آب را به طور متوسط ۳۷۰۰۰۰۰۰۰۰ مترمکعب افزایش می دهد (این معادل آن است که اگر ۰,۰۱ واحد شاخص قیمت سرمایه افزایش یابد، به طور متوسط ۳۷۰۰۰۰۰۰۰ مترمکعب بر تقاضای آب افزوده می شود). در واقع، سرمایه و آب نهاده های جانشین هم هستند.

با افزایش یک هزار ریالی قیمت یک واحد انرژی، برآورد می شود که به طور متوسط ۵۷۴۰۰۰۰ مترمکعب، بر تقاضای کلی آب افزوده شود (این معادل آن است که اگر قیمت یک واحد انرژی یک تومان اضافه شود، به طور متوسط ۵۷۴۰۰ مترمکعب بر تقاضای آب افزوده می شود). در ضمن، این ضریب در سطح $\alpha = 0.1$ معنادار است.

با افزایش یک میلیون ریالی قیمت نیروی کارصنعتی، برآورد می شود که به طور متوسط تقاضای کلی آب ۱۰۴۰۰۰۰۰۰ مترمکعب، افزایش می یابد.

با افزایش یک میلی متری مقدار بارندگی برآورد می شود، مقدار عرضه آب به طور متوسط، ۱۶۵۸۹۷۵ مترمکعب افزوده می شود.

$$Z4 = C(9) + C(10)PLA + C(11)PPA + C(12)PMA \\ + C(13)PEA + C(14)PSA$$

رگرسیون حاصل از برآورد (۲۶) به شکل زیر

است:

$$QD = -26706801 + 0.823324 Z1 - 0.277932 Z2 \\ + 0.428635 Z3 + 0.040026 Z4 \\ (-0.382) \quad (4.411) \quad (-0.83) \quad (1.1) \quad (0.13) \\ + [0.277638] \\ (1.46) \\ R^2 = 0.93 \quad DW = 2.1$$

پس از جای گذاری $Z1, Z2, Z3, Z4$ در رگرسیون

(۲۶) ضرایب هر یک از متغیرهای این تحقیق به

دست می آید. ضرایب حاصل در جدول زیر قابل

مشاهده است:

$$\widehat{QD} = -8.21 * 10^9 + 2.89 * 10^{10} PKIS + 1.38 \\ * 10^{11} PENI + 4.420580 PPI \\ (-3.5) \quad (3.99) \quad (2.45) \quad (4.84) \quad (25) \\ + 98044347 PLIS + [0.802363] \\ (3.68) \quad (7.54) \\ R^2 = 0.97 \quad DW = 1.81$$

که در آن قیمت نیروی کار صنعتی، PPI

ارزش محصول صنعتی، PENI قیمت انرژی، PKIS

قیمت سرمایه و PO جمعیت محصول صنعتی است.

اکنون به کمک رگرسیون های برآوردی،

رگرسیون کلی زیر برآورد می شود:

$$QD = C(22) + C(23)Z1 + C(24)Z2 + C(25)Z3 \\ + C(26)Z4 + \varepsilon \quad (26)$$

که در آن داریم:

$$Z1 = C(1) + C(2)I + C(3)W \\ Z2 = C(5) + C(6)PW + C(7)PO \\ Z3 = C(16) + C(17)PLIS + C(18)PPI + C(19)PENI \\ + C(20)PKIS$$

جدول (۱): ضرایب متغیرهای مستقل تابع تقاضای تجمعی با دسته بندی متغیرها

احتمال	ضرایب	
۰	-۱۰۳۷۱۲۰۰,۴۵	PW
۰,۰۰۰۰۳۰۷۲	۶,۹۰۰۴۰۶۸۸۳	I
۰,۰۰۰۰۱۹۳۲	۷۹۹۴۷۵۸۶,۰۵	W
۰,۲۷۸۵۳۸۷۶	۲,۴۶۱۳۳۰۵۷	PO
۰,۰۴۵۰۶۵	۲۲۵۷۹۶,۸۳۲۶	PMA
۰,۰۰۸۳۸۲۰۹	-۴۷۳۲۹,۱۰۳۹۳	PEA
۰	۱۵,۳۱۶۷۴۵۴۲	PPA
۰,۰۰۵۶۷۸۱۹	۱۶۱۳۱۹,۹۰۹۸	PLA
۰	۶۶۶۶۶۴۶,۸۲۶	PSA
۰,۰۰۰۰۲۸۳	۱۲۳۸۷۵۵۱۵,۰۰	PKIS
۰,۰۰۱۲۲۲۵۶	۵۹۱۵۱۶۳۰,۰۰۰	PENI
۰,۰۰۰۰۰۵۶۶	۱,۸۹۴۸۱۵۳۰,۸	PPI
۰,۰۰۰۰۶۲۲۶	۴۲۰۲۵۲۳۸,۶۸	PLIS

از ضرایب جدول (۱) مشخص است که قیمت

آب با مقدار تقاضا رابطه معکوس دارد. با افزایش

درآمد تقاضای آب بالا می رود، افزایش درجه

حرارت، تقاضای آب را بالا می برد، ماشین آلات،

نیروی کار، انرژی و بذر با آب جانشین هستند و

زمین و آب مکمل هم هستند.

۱۰- پیش بینی مقدار تقاضای آب در ده سال آینده

در پیش بینی عرضه و تقاضا و قیمت (متغیرهای

درونزای سیستم همزمان) در ده سال بعد می توان از

گزینه های مختلفی با توجه به شرایط موجود، برای

تعیین مقدار داده های مستقل استفاده کرد. سناریوی

تعیین مقادیر متغیرهای مستقل مربوطه در سال های بعدی استفاده شده است. با داشتن ضرایب متغیرهای سیستم همزمان در جدول (۲) اقدام به پیش بینی متغیرهای درونزا شده است.

مورد استفاده در این تحقیق به این صورت تنظیم شد که برای هر متغیر میزان رشد هر سال نسبت به سال قبل به دست آمده است. سپس از این مقادیر رشد میانگین گیری شده و از عدد به دست آمده برای

جدول (۲): پیش بینی متغیرهای درونزای سیستم همزمان

year	pw	qd	qs
۱۳۸۷	۳۲,۵۱	۱,۳۸*۱۰ ^۹	۱,۱۳*۱۰ ^۹
۱۳۸۸	۳۴,۴۸	۱,۴۶*۱۰ ^۹	۱,۱۹*۱۰ ^۹
۱۳۸۹	۳۶,۵۳	۱,۵۲*۱۰ ^۹	۱,۲۵*۱۰ ^۹
۱۳۹۰	۳۸,۶۶	۱,۶*۱۰ ^۹	۱,۳۲*۱۰ ^۹
۱۳۹۱	۴۰,۸۸	۱,۶۸*۱۰ ^۹	۱,۳۹*۱۰ ^۹
۱۳۹۲	۴۳,۱۹	۱,۷۷*۱۰ ^۹	۱,۴۶*۱۰ ^۹
۱۳۹۳	۴۵,۵۹	۱,۸۵*۱۰ ^۹	۱,۵۴*۱۰ ^۹
۱۳۹۴	۴۸,۰۹	۱,۹۴*۱۰ ^۹	۱,۶۲*۱۰ ^۹
۱۳۹۵	۵۰,۶۸	۲,۰۴*۱۰ ^۹	۱,۷*۱۰ ^۹
۱۳۹۶	۵۳,۳۸	۲,۱۳*۱۰ ^۹	۱,۷۸*۱۰ ^۹
۱۳۹۷	۵۶,۱۷	۲,۲۳*۱۰ ^۹	۱,۸۷*۱۰ ^۹
۱۳۹۸	۵۹,۰۷	۲,۳۴*۱۰ ^۹	۱,۹۶*۱۰ ^۹
۱۳۹۹	۶۲,۰۸	۲,۴۴*۱۰ ^۹	۲,۰۶*۱۰ ^۹
۱۴۰۰	۶۵,۲۰	۲,۵*۱۰ ^۹	۲,۱۵*۱۰ ^۹

منبع: محاسبات محقق

آب مقادیر تقاضای آب کمتر و به مقدار عرضه آب نزدیکتر خواهد بود.

۱۱- نتایج

با برآورد تابع تقاضای تجمیعی آب تحت دو گزینه سیستم معادلات همزمان و تقسیم بندی متغیرها نتایج زیر حاصل می گردد:

- افزایش قیمت آب، در سیستم همزمان که قیمت آب درونزاست، افزایش مقدار تقاضای آب را در پی داشته است. وجود رابطه مثبت بین قیمت و مقدار تقاضا بر خلاف انتظار و تئوری های اقتصادی است، اما این موضوع با توجه به این که مبنای قیمت گذاری آب در سازمان آب منطقه، مقدار تقاضای آب

چنانکه در جدول بالا ملاحظه می شود، قیمت هر متر مکعب آب به صورت سالانه در حال افزایش است. مقدار تقاضا نیز روند صعودی به خود گرفته است. با توجه به نتایج پیش بینی فوق و دبی متوسط منابع آب سطحی رودخانه زاینده رود مقدار آب موجود سطحی تکافوی تقاضا ها را ننموده و سالانه استان ناگزیر است از منابع آب عمقی برای جانشینی تامین این مصارف استفاده کند و یا به منظور تامین تقاضا پروژه های انتقال آب بیشتری را اجرا نماید. بدیهی است در صورتی که در پیش بینی مقدار تقاضا از تابعی که با روش دسته بندی داده ها برآورد شده است، استفاده شود، با توجه به ضریب منفی قیمت

- با افزایش قیمت ماشین آلات بخش کشاورزی، تقاضای کلی آب افزایش پیدا می کند. در واقع، ماشین آلات و آب نهاده های جانشین هم هستند.

- بین قیمت نیروی کار صنعتی و تقاضای کلی آب رابطه مثبت وجود دارد. با افزایش قیمت نیروی کار صنعتی، تقاضای کلی آب افزایش می یابد. در واقع، نیروی کار صنعتی و آب نهاده های جانشین هم هستند.

- افزایش ارزش محصولات صنعتی، تقاضای کلی آب را می افزاید.

- با افزایش قیمت انرژی تقاضای کلی آب افزایش می یابد. در واقع، آب و انرژی نهاده های جانشین هم هستند.

منابع:

- ۱- خوش اخلاق، رحمان. (۱۳۷۸). اقتصاد منابع طبیعی، اصفهان: نشر جهاد دانشگاهی.
- ۲- اسپولبر، نیکلاس، اصغر صباغی. (۱۳۷۸). اقتصاد منابع آب، ترجمه تیمور محمدی، تهران: سازمان برنامه و بودجه (مرکز مدارک اقتصادی- اجتماعی).
- ۳- گجراتی، دامودار (۱۳۸۷). مبانی اقتصاد سنجی، ترجمه حمید ابریشمی، تهران: مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.
- ۴- شیرین بخشش، شمس الله، زهرا خونساری. (۱۳۸۴). کاربرد Eviews در اقتصاد سنجی، تهران: پژوهشکده امور اقتصادی.

است، قابل توجه است. در واقع، با افزایش تقاضای آب هر مصرف کننده، با توجه به تغییر بلوک مصرفی، قیمت آب بالا می رود.

- بین مقدار تقاضای آب و قیمت آب در تابع تقاضای تجمیعی برآوردی حاصل از تقسیم بندی متغیرها که قیمت آب در آن به صورت برون زاست، رابطه منفی وجود دارد.

- بین درآمد مصرف کننده و مقدار تقاضای کلی آب رابطه مثبت وجود دارد. این موضوع نشان می دهد که آب یک کالای معمولی است.

- افزایش درجه حرارت، افزایش تقاضای کلی آب را در پی دارد.

- با افزایش جمعیت، تقاضای کلی آب افزایش می یابد. در ضمن این ضریب معنادار نیست.

- بین قیمت زمین کشاورزی و تقاضای کلی آب، رابطه منفی وجود دارد. در واقع، آب و زمین نهاده های مکمل هم هستند.

- با افزایش ارزش محصول کشاورزی، تقاضای کلی آب افزایش می یابد.

- افزایش قیمت نیروی کار کشاورزی، تقاضای کلی آب را می افزاید. در واقع، نیروی کار کشاورزی و آب نهاده های جانشین هم هستند.

- افزایش قیمت بذر، تقاضای کلی آب را می افزاید. این موضوع به این شکل قابل توجه است که با افزایش قیمت بذر، کشاورزان از بذر کمتری (یا بذر با کیفیت کمتر و طبیعتاً با قیمت پایین تر) استفاده می کنند، اما در مقابل برای به دست آوردن بازدهی مناسب از این مقدار بذر، از آب بیشتری استفاده می کنند.

- ۵- ابطحی، سید احمد. (۱۳۷۳). برآورد تابع تقاضای آب آشامیدنی شهر اصفهان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان.
- ۶- رضایی، غلامرضا. (۱۳۸۶). تخمین تابع تقاضای آب کشاورزی حوضه آبخیز زاینده رود، پایان نامه کارشناسی ارشد اصفهان، دانشگاه اصفهان.
- ۷- نورعلیزاده، لیلی. (۱۳۷۸). تخمین تابع عرضه اقتصادی دراز مدت آب در حوضه آبریز رودخانه زاینده رود، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد خوراسگان.
- 8- Khoshakhlagh, Rahman. (1977). Forecasting the value of water rights: A case study of New Mexico, PhD Presentation, The University of New Mexico.
- 9- Huffaker, R, Whittlesey, N, Michelsen, A, Taylor, R, McGuckin, T. (1998). Evaluating the Effectiveness of Conservation Water-Pricing Programs, Agricultural and Resource Economics, 12-19.
- 10- Renzetti, Steven. (1992). Estimating the Structure of Industrial Water Demands: The Case of Canadian Manufacturing, Land Economics, 396-404.
- 11- Arbués, Fernando, Garc'ia-Valiñas, Mar'ia Ángeles, Espiñeira, Roberto Mart'inez. (2003). Estimation of residential water demand: a state-of-the-art review, Socio-Economics, 81-102.
- 12- Khoshakhlagh, Rahman. (2006). Economic Impact Assessment of Water in the Zayandeh Rud Basin (Working Paper), International Water Management Institute.
- 13- Gorbachev, Mikhail, Memorandum for a world Water, Conference secretariat Peace with Water, 2009.
- 14- Rogers, Peter, Silva, Rudhika, Bhetia, Ramesh. (2002). Water in an economic good: How to use prices to use prices to promote equity, efficiency, and sustainability, Water Policy, 1-17.
- 15- Sadeghi, Ahmad, Ghazali, M, Attari, J. (2010). Estimation of Irrigation Water Demand for Barley in Iran, journal of agricultural science, 31- 40.
- 16- Baumann, Duane D., John J. Boland, and W. Michael Hanemann. (1998). Urban Water

