2022, Vol.9, No.2, Pages 33 to 46
Journal of Water and Sustainable Development

سال نهم، شماره ۲، ۱۴۰۱، صفحات ۳۳ تا ۴۶
نشریه آب و توسعه پایدار

Article Type: Applied Article

نوع مقاله: پژوهش کاربردی

Determinants of Industrial Water Demand in Iran and Challenges Ahead

A. Zare[1], M. Hajamini[2*], M.A. Feizpour[3]

1,2,3- M.A. in Economics, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Economics, Yazd University, Iran.

*(Corresponding Author Email: hajamini.mehdi@yazd.ac.ir)

Received: 10-03-2022 Revised: 24-05-2022
Accepted: 24-05-2022 Available Online: 21-09-2022

عوامل موثر بر تقاضای آب صنعتی در ایران و چالش‌های پیش‌رو

آمنه زارع[1]، مهدی حاجامینی[2*]، محمدعلی فیض‌پور[3]

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد اقتصاد، استادیار و دانشیار، دانشکده اقتصاد، مدیریت و حسابداری، دانشگاه یزد، ایران.

*(نویسنده‌ی مسئول، E-Mail: hajamini.mehdi@yazd.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۹ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۳/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۳ تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۶/۳۰

Abstract

As countries seek higher per capita incomes and economic development, hence water consumption in the agricultural, industrial and domestic sectors is increasing. Due to the water crises, it is important to study the factors that increase water demand. In this regard, the present paper employs the Logarithmic Mean Divisia Index (LMDI) method to analyze the factors affecting changes in the water demand of Iran's industries. According to this method, changes in water demand (at a two-digit ISIC level) are divided into three factors economic growth, technical coefficient (inverse productivity), and structure of the industry. In the following, demand decomposition with the variable base year (1997-2001, 2001-2007, 2007-2011, 2011-2017) showed that industrial production has the largest share in increasing water demand and its share has increased from 43% to 80%. On the other hand, the share of water productivity has decreased from 45% to 7%, and the effect is reversed. Changing the structure of the industry also has a somewhat constant share of around 10%. In general, it can be concluded that the increase in industrial production has been the main driving force of the water demand in the industrial sector in Iran. While improving productivity and increasing the share of lower water-intensive industries have not been able to neutralize it, and even their impact has diminished in recent decades. Therefore, a self-sufficient strategy has not been sustainable in terms of water. The current path will lead to an escalation of the water crisis and even a choice between the survival of the industry or the reduction of water stress.

Keywords: Water Crisis, Water Demand, Industry, Logarithmic Mean Divisia Index Method.

چکیده

همگام با تلاش کشورها برای دستیابی به درآمد سرانه بالاتر و توسعه اقتصادی، مصرف آب در بخش‌های کشاورزی، صنعت و خانگی افزایش می‌یابد. باتوجه‌به محدودیت جدی در عرضه منابع آب، بررسی عوامل افزایش‌دهنده تقاضای آب اهمیت می‌یابد. در همین راستا، پژوهش حاضر نقش سه عامل تولید، ساختار و بهره‌وری را در تغییرات تقاضای آب بخش صنعت ایران (در سطح کدهای دورقمی ISIC) با استفاده از روش شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا (LMDI) بررسی کرده است. تجزیه تقاضا برای دوره‌های ۱۳۷۵-۱۳۸۰، ۱۳۸۰-۱۳۸۶، ۱۳۸۶-۱۳۹۰ و ۱۳۹۰-۱۳۹۶ نشان داد عامل تولید صنعتی بیشترین سهم را در افزایش تقاضای آب طی این دوره‌ها داشته و سهم آن از ۴۳ درصد به ۸۰ درصد افزایش یافته است. در مقابل، سهم بهره‌وری در کاهش تقاضای آب از ۴۵ درصد به ۷ درصد کاهش پیدا کرده و اثر آن نیز معکوس شده است (یعنی کاهش بهره‌وری آب مصرفی و افزایش تقاضای آب). تغییر ساختار صنعت نیز سهم تاحدودی ثابت و در حدود ۱۰ درصد به خود اختصاص داده است. در نتیجه، افزایش تولید صنعت، نیروی محرکه اصلی تقاضایِ روزافزون بخش صنعت برای آب در ایران بوده؛ و بهبود بهره‌وری و اصلاح ساختار صنایع (به نفع صنایع کم‌آب‌خواه) نتوانسته‌اند آن را خنثی کنند و حتی سهم آن‌ها در دوره‌های اخیر کاهش یافته است. بنابراین نتیجه استراتژی خودکفایی در حوزه صنعت حداقل از دید مسئله آب، پایدار نبوده و ادامه مسیر فعلی به تشدید بحران آبی و حتی انتخاب میان دوگزینه بقای صنعت یا کاهش تنش‌های آب منجر خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: بحران آب، تقاضای آب، صنعت، تجزیه میانگین لگاریتمی دیویژیا.

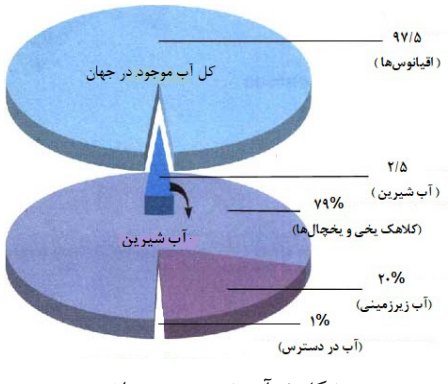
How to cite this article: Zare A., Hajamini M., Feizpour M.A. 2022. Determinants of Industrial Water Demand in Iran and Challenges Ahead. Journal of Water and Sustainable Development, 9(2): 33-46. doi: http://dx.doi.org/10.22067/jwsd.v9i2.2203.1129

مقدمه

آب نقش اساسی در رشد و توسعه اقتصادی جهان دارد. رشد اقتصادی، کاهش فقر، سلامت انسان و حفاظت از محیط‌زیست ارتباط تنگاتنگی با استفاده از منابع آب دارد. امروزه، افزایش تقاضا برای آب شیرین به یکی از پیچیده‌ترین چالش‌های جهان تبدیل شده و لازم است تعادل بین تقاضای فزاینده و عرضه محدود منابع آب برقرار شود.

کشوری چون ایران با وجود قرار گرفتن در منطقه خشک جهان، در بخش تقاضا و مدیریت منابع آب با مسائل و مشکلاتی از جمله مصرف برنامه‌ریزی‌نشده و بی‌رویه آب در بخش‌های مختلف کشاورزی، صنعتی و خانگی، افزایش جمعیت، رشد شهرنشینی، توزیع نادرست آب، برداشته بی‌رویه آب‌های زیرزمینی، سدسازی نادرست، ضعف در قانون‌گذاری و سیاست، سیستم تصفیه محدود و قیمت پایین آب مواجه است. ایران در کمربند خشک جهان قرار دارد و همه عواملی که بیان شد از جمله رشد جمعیت، تغییرات آب‌وهوایی و عدم مدیریت موجب شده تقاضای آب افزایش و برداشت از آب‌های زیرزمینی بیش از گذشته شدت یابد و همراه با رشد و توسعه، بحران و کمبود آب ایجاد شود و حتی پیش‌بینی می‌شود کمبود آب موجب درگیری در مناطقی شود که با بحران آب روبه‌رو هستند.

به هر حال کشورها به دنبال رشد و توسعه اقتصادی هستند و با رشد، مصرف آب در بخش‌های کشاورزی، صنعت و خانگی افزایش می‌یابد. پس باتوجه‌به محدودیت جدی در عرضه منابع آب شیرین، تقاضای آب اهمیت می‌یابد و ریشه‌یابی دلایل افزایش مصرف آب مهم می‌شود. هفتاد و پنج درصد سطح جهان از آب پوشیده شده است؛ اما ۲/۵ درصد آن آب شیرین است. بیشتر آب شیرین به‌صورت یخ و یخچال‌های طبیعی در دو قطب شمال و جنوب و یا در زیرزمین تجمع یافته است. بنابراین فقط کمتر از یک صدم درصد از آب‌های شیرین جهان برای استفاده انسان در دسترس است (شکل ۱).



شکل ۱- آب شیرین در جهان

توزیع منطقه‌ای آب شیرین متناسب با توزیع جمعیت نیست. در واقع سهم قاره‌ها از آب شیرین به‌صورتآمریکا ۴۵ درصد، آسیا ۲۸ درصد، اروپا ۱۵/۵درصد و آفریقا ۹ درصد است. از نظر کشوری ۶۰ درصد آب شیرین در آمریکا، اندونزی، برزیل، پرو، چین، روسیه، کانادا، کلمبیا و هند است؛ درحالی‌که امارات، اردن، بحرین، عربستان، قطر، کویت، لیبی، مالت، مالدیو و یمن کمترین منابع آبی به ازای هر نفر را در اختیار دارند (Vallee و همکاران، ۲۰۰۳).

از نظر فعالیت‌های اقتصادی، بر اساس گزارش‌های سازمان فائو در جهان، به طور میانگین بخش کشاورزی ۶۹ درصد، بخش صنعت ۱۹ درصد و مصارف خانگی ۱۲ درصد مصرف آب شیرین را به خود اختصاص دادند. البته سهم این بخش‌های اقتصادی در کشورها متفاوت است. برای نمونه سهم بخش‌های کشاورزی، صنعتی و خانگی در جنوب آسیا به ترتیب ۸۷/۶، ۵/۵ و ۶/۹ درصد و در اروپای غربی ۳۲/۴، ۵۲/۴ و ۱۵/۲ درصد است (فائو، ۲۰۰۹) که رابطه بین مصرف آب صنعتی و سطح توسعه‌یافتگی را به خوبی نشان می‌دهد. در مجموع باتوجه‌به مسائل اقتصادی آب، بررسی دقیقتر تقاضای آن بسیار بیشتر از گذشته ضروری به نظر می‌رسد. به ویژه اینکه در مورد تقاضای آب بخش صنعت در ایران مطالعات محدودی انجام گرفته است. پژوهش حاضر بر تقاضای آب بخش صنایع کشور تمرکز کرده و با استفاده از شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا به واکاوی و بررسی سهم عوامل موثر در تقاضای آب بخش صنعت می‌پردازد. بنابراین دید گستره و روش مطالعه پژوهش حاضر از مطالعات پیشین متمایز است.

بر اساس شواهدی که بیان شد، مشخص است از یک سو شکاف رو به افزایشی میان عرضه و تقاضای آب در همه کشورها و بخش‌های اقتصادی جهان وجود دارد. از سوی دیگر، افزایش تقاضای آب برای تولید صنعتی و رشد اقتصادی در کشورهای درحال‌توسعه چالش جدی‌تری برای آینده اقتصادی آن‌ها است. براین‌اساس، بررسی ابعاد تقاضای آب صنعتی برای این کشورها از جمله ایران می‌تواند بسیار مفید باشد.

در دهه‌های اخیر، با گرم شدن کره زمین، تغییرات عمده‌ای در رژیم‌های بارش جهانی و منطقه‌ای ایجاد شده است. از یک سو، افزایش تبخیر سطحی با افزایش دما تعادل منابع آب را تغییر داده و از سوی دیگر، تقاضای آب (به دلیل افزایش سریع جمعیت و فعالیت اقتصادی) افزایش شدیدی و سریعی را تجربه کرده است. این موارد موجب شده کمبود آب به یکی از چالش‌های برجسته قرن بیست و یکم تبدیل شود. این کمبود از بزرگترین چالش‌های پیش‌روی بشریت است که موجب درگیری ناشی از رقابت چندجانبه برای منابع کمیاب آب می‌شود، ممکن است مانع توسعه صنعتی و رشد اقتصادی شود و شرایط زندگی فقرا را بدتر می‌کند (Griffin، ۲۰۰۶؛ Bijl و همکاران، ۲۰۱۶؛ FAO، ۲۰۱۷؛ Li و همکاران، ۲۰۲۰). در حال حاضر، برآورد شده که ۳/۶ میلیارد نفر هر سال حداقل یک ماه کمبود آب را تجربه می‌کنند. همچنین پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ این رقم به ۵/۴ الی ۷/۸ میلیارد نفر افزایش یابد. علاوه‌برآن،

بیش از ۲ میلیارد نفر از مردم به میزان کافی به آب آشامیدنی غیرآلوده دسترسی ندارند و با کمبود سرویس بهداشتی روبه‌رو هستند. درحالی‌که در سال ۲۰۱۰ میلادی حدود ۲۷ درصد از مردم جهان در مناطقی با احتمال کمبود آب زندگی می‌کردند، در سال ۲۰۵۰ حداقل ۴۵ درصد جمعیت در این شرایط خواهند بود. بیش از ۹۰ درصد جمعیت آسیا و حدود ۱۰ درصد از جمعیت آفریقا با کمبود آب مواجه خواهند شد (سازمان ملل آب (UN-Water)، ۲۰۱۸؛ Weerasooriya و همکاران، ۲۰۲۱).

بر اساس گزارش توسعه جهانی آب سازمان ملل متحد، درصورتی‌که تغییر چشمگیری در نحوه استفاده، مدیریت و توزیع آب اتفاق افتد، مقدار آب کافی برای مواجهه با نیازهای رو به رشد جهان وجود خواهد داشت. در حال حاضر بیش از ۸۰ درصد برداشت آب آسیا و حدود ۲۹ درصد برداشت آب اروپا برای اهداف آبیاری استفاده می‌شود، درحالی‌که خاورمیانه، آفریقای شمالی و آسیای مرکزی در بحران آبی قرار دارند. (Weerasooriya و همکاران، ۲۰۲۱).

استفاده از آب شیرین برای کشاورزی، صنعت و مناطق شهری از سال ۱۹۰۰ تاکنون حدود شش برابر افزایش یافته است. اکنون مصرف جهانی آب هر ۲۰ سال دو برابر می‌شود، یعنی با نرخی بیش از دو برابر جمعیت افزایش می‌یابد. مطالعات نشان می‌دهد در صورت حفظ رشد اقتصادی و عدم بهینه‌سازی فرآیندهای صنعتی، تقاضای جهانی آب از ۴/۵ میلیارد متر مکعب فعلی در روز به ۶/۹ میلیارد متر مکعب در سال ۲۰۳۰ افزایش می‌یابد؛ این به‌آن معنی است که میزان مصرف آب در جهان حدود ۴۰ درصد بیشتر از آب در دسترس است. در برخی مناطق وضعیت به مراتب بدتر است؛ برای نمونه، ۳۳ درصد از جمعیت جهان در حوضه‌های آبخیز با کمبود آب بیش از ۵۰ درصد زندگی می‌کنند (Bazza و Najib، ۲۰۰۳؛ FAO، ۲۰۱۷؛ گروه تحقیقاتی آب (WRG)، ۲۰۰۹، نقل شده در Machado و همکاران، ۲۰۲۰).

اگرچه ۷۰ درصد از برداشت جهانی آب برای بخش کشاورزی است و به همان شکل قبلی ادامه خواهد داشت؛ اما با پیشرفت شهرنشینی و صنعتی شدن تقاضای آب برای مصارف صنعتی و خانگی بسیار سریعتر از کشاورزی افزایش می‌یابد. مصرف آب صنعتی که حدود ۲۰ درصد از برداشت جهانی آب را تشکیل می‌دهد، در اکثر نقاط جهان به استثنای اروپای غربی و جنوبی و آمریکای شمالی افزایش خواهد یافت. پیش‌بینی شده که تقاضای آب برای صنعت طی دوره ۲۰۰۰-۲۰۵۰، ۴۰۰ درصد افزایش یابد (سازمان ملل آب، ۲۰۱۸؛ Weerasooriya و همکاران، ۲۰۲۱؛ Shi و همکاران، ۲۰۲۱).

مصرف آب صنعتی در سطح جهانی طی ۵۰ سال گذشته تقریبا از ۱۰۰ به ۳۰۰ کیلومتر مکعب رسیده یعنی ۳ برابر شده است و پیش‌بینی شده که به‌طور مداوم افزایش یابد و در سال ۲۰۵۰ به ۵۵۰ کیلومتر مکعب برسد. سازمان همکاری اقتصادی و توسعه پیش‌بینی کرده که تقاضای جهانی آب از ۲۰۰۰ تا ۲۰۵۰، ۵۵ درصد افزایش یابد که بیشتر به دلیل افزایش تقاضا در صنایع کارخانه‌ای (۴۰۰ درصد)، برق (۱۴۰ درصد) و استفاده خانگی (۱۳۰ درصد) است (سازمان همکاری اقتصادی و توسعه (OECD)، ۲۰۱۲، نقل شده در Weerasooriya و همکاران، ۲۰۲۱؛ Wada و Bierkens، ۲۰۱۴، نقل شده در Wang و همکاران، ۲۰۱۸).

آب در صنعت به دلیل استفاده مستقیم در فرآیند تولید و همچنین استفاده غیرمستقیم برای سرمایش، گرمایش، تمیز کردن، حمل و نقل و غیره بسیار مهم است. کاربردهای صنعتی مانند رقیق‌سازی، شستشو، خنک‌سازی تجهیزات تولیدی، خنک‌سازی آب در نیروگاه‌های هسته‌ای و نیروگاه‌های سوخت فسیلی و تولید بخار از جمله فرآیندهای عمده‌ای است که در آن به شدت از آب استفاده می‌شود. آمریکا به‌عنوان بزرگترین مصرف‌کننده آب صنعتی، سالانه بیش از ۳۰۰ میلیارد متر مکعب آب را برداشت می‌کند؛ بسیار بیشتر از ۱۴۰ میلیارد متر مکعب چین (دومین مصرف‌کننده بزرگ آب صنعتی) است (Weerasooriya و همکاران، ۲۰۲۱).

بیش از یک سوم از برداشت‌های آب در بخش تولید انرژی استفاده می‌شود. از نظر منطقه‌ای، آسیا به‌طور متوسط تا سال ۲۰۳۰ به ۶۵ درصد برداشت آب شیرین بیشتر برای صنعت و انرژی خود نیاز دارد تا بتواند نرخ رشد اقتصادی پیش‌بینی‌شده را برآورده کند. افزایش تقاضای آب صنعتی در چین در مقایسه با سایر کشورها بارزتر است و مهمترین دلیل افزایش، صنعتی‌شدن سریع و رشد اقتصادی نزدیک به ۱۰ درصد بوده است (Wang و همکاران، ۲۰۱۸؛ Weerasooriya و همکاران، ۲۰۲۱).

پیشینه پژوهش

تقاضای آب طی دهه‌های اخیر به‌طور گسترده مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در این بخش پژوهش‌های اخیر مرور می‌شوند.

Cazcarro و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از روش تجزیه و تحلیل ساختاری (SDA) عوامل تغییرات مصرف آب در اسپانیا را طی دوره ۱۹۸۰-۲۰۰۷ بررسی کرداند. آن‌ها نتیجه گرفتند رشد تقاضا (خانوار و افزایش صادرات) عامل اصلی افزایش مصرف آب بوده؛ درحالی‌که پیشرفت فن‌آوری‌های تولید موجب کاهش مصرف آب شده است.

Incera و همکاران (۲۰۱۷) عوامل اصلی تخلیه آب خاکستری در ۱۰ کشور آلوده‌کننده آب در جهان را با استفاده از روش SDA طی دوره ۱۹۹۵-۲۰۰۹ ارزیابی کردند. نتایج نشان داد، بیش از ۸۰ درصد از فاضلاب در سراسر جهان تصفیه نمی‌شود و تولید آب خاکستری در جهان ۶۳ درصد افزایش یافته است. تقاضای داخلی برای مواد غذایی عامل اصلی افزایش آب خاکستری بوده است. البته انتقال فعالیت‌های صنعتی به کشورهای درحال‌توسعه موجب شده در کشورهای توسعه‌یافته ردپای آب خاکستری کاهش و در کشورهای درحال‌توسعه افزایش یابد.

Feng و همکاران (۲۰۱۷) با به‌کارگیری روش‌های داده-ستانده (IO) و SDA به بررسی ردپای آب شهر ژانگیه چین و عوامل محرک آن در طی دوره ۲۰۰۱-۲۰۱۱ پرداخاند. نتایج حاکی از آن است که اثر ساختاری به‌عنوان عامل اصلی افزایش ردپای آب‌های خانوار شهری و روستایی عمل کرده، اما این افزایش برای خانوارهای شهری و روستایی به ترتیب با اثر فنی و اثر مقیاس سرانه جبران شده است. بر این اساس، نوآوری‌های فنی و تنظیم ساختار تقاضای نهایی به‌عنوان اولویت برای کاهش ردپای آب پیشنهاد شده است.

Sun و همکاران (۲۰۱۹) تغییرات تقاضای آب شهر پکن چین در دوره زمانی ۱۹۹۷-۲۰۱۶ را با روش SDA بررسی کردند و نتیجه گرفته‌ند کمبود آب به دلیل جمعیت افزایش می‌یابد، اما تقاضا روند کاهشی دارد. این روند کاهشی از ساختار صنعتی، بهبود بهره‌برداری در مصرف آب، بازیابی و صرفه‌جویی در مصرف آب ناشی می‌شود.

Fan و همکاران (۲۰۱۹) با مدل‌های IO و SDA ردپای آب در چین را طی سال‌های ۲۰۰۲-۲۰۱۲ بررسی کردند. یافته‌ها نشان می‌دهد: ۱) رد پای آب، ۱۸/۳ درصد افزایش یافته که مصرف خانوارهای شهری بیشترین سهم را در آن داشته است؛ ۲) کالاهای کشاورزی با ۳۵ درصد بالاترین ردپای آبی را در سال ۲۰۱۲ داشته‌اند؛ ۳) بهره‌وری آب موجب کاهش مصرف آب و تولید ناخالص داخلی سرانه موجب افزایش مصرف آب شده است؛ ۴) مصرف خانوارهای شهری، تشکیل سرمایه ثابت و صادرات مهمترین عواملی هستند که افزایش ردپای آب را توضیح می‌دهند.

Long و همکاران (۲۰۱۹) تقاضای آب را با استفاده از روش LMDI طی دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۵ بررسی کردند. طبق نتایج به‌دست آمده اثر شدت (یعنی پیشرفت فن‌آوری صنعتی) مهمترین عامل کاهش مصرف آب و و درآمد سرانه عامل اصلی افزایش مصرف منابع آب تلقی می‌شود. علاوه‌برآن کاهش تعداد کشاورزان موجب کاهش مصرف منابع آب در بخش کشاورزی و افزایش جمعیت شهری موجب افزایش مصرف منابع آب در بخش مسکونی شده است.

Li و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی مصرف آب و انرژی در چین طی دوره ۲۰۱۱-۲۰۱۵ با روش LMDI پرداخته‌اند. بر اساس یافته‌های پژوهش، رشد جمعیت و تولید ناخالص داخلی سرانه از عوامل اصلی افزایش مصرف آب بوده‌اند، درحالی‌که افزایش شدت مصرف موجب کاهش رشد مصرف شده است.

Yao و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از مدل LMDI به تجزیه تفاوت‌های زمانی-مکانی شدت آب در منطقه اقتصادی رودخانه یانگتسه طی دوره ۲۰۰۰-۲۰۱۵ پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند ۱- شدت آب صنعتی و ساختار صنعتی به ترتیب مهمترین عوامل کاهش شدت آب هستند و ۲- شکاف بین شدت آب هر استان و سطح متوسط منطقه اقتصادی رودخانه یانگتسه به تدریج کم شده و تفاوت‌های زیادی بین اثر شدت و اثر ساختاری در هر استان وجود دارد.

Allan و همکاران (۲۰۲۰) تقاضای آب صنعتی در اسکاتلند را به روش تجزیه شاخص (IDA) طی دوره ۲۰۱۶-۲۰۱۲ بررسی کردند. در این مطالعه، تقاضای آب به سه اثر فعالیت، ساختاری و شدت تفکیک شده نتایج نشان می‌دهد اثر ساختاری تقاضای آب را کاهش می‌دهد، اما این کاهش نمی‌تواند اثر افزایش فعالیت اقتصادی را جبران کند. همچنین مشخص می‌شود که محرک اصلی کاهش مصرف آب شدت مصرف آب است.

Zhang و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از IO و SDA به بررسی سهم نسبی عوامل مختلف اجتماعی-اقتصادی در مصرف آب چین طی سال‌های ۲۰۰۲-۲۰۱۷ پرداختند. بر این اساس، میزان استفاده آب طی سال‌های ۲۰۰۲-۲۰۱۲ افزایش و سپس طی سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۱۷ کاهش یافته است. همچنین نتایج نشان می‌دهد بهره‌وری و پیشرفت‌های ساختاری، مصرف آب را کاهش داده به‌طوری که از افزایش مصرف آب ناشی از افزایش سطح تقاضای نهایی و افزایش جمعیت جلوگیری کرده است.

Naspolini و همکاران (۲۰۲۰) با IO و SDA به بررسی تقاضای آب در بخش‌های اقتصادی برزیل طی خشکسالی و رکود اقتصادی سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۱۳ پرداختند. پژوهش آن‌ها مشخص کرد آب مجازی بین سال‌های ۲۰۱۳- ۲۰۱۴، ۴۵ درصد افزایش و در سال‌های ۲۰۱۴-۲۰۱۵، ۱۰ درصد کاهش یافته است. تقاضای نهایی در همه فعالیت‌ها افزایش یافته و بخش کشاورزی، دام، جنگل‌داری و ماهیگیری اصلی‌ترین عامل در تقاضای آب مجازی است. همچنین در همه بخش‌ها سهم اثر ساختاری کم بوده که نشان دهنده تأثیر بیشتر بحران آب نسبت به رکود اقتصادی در کاهش شدت مصرف آب است.

Wang و Wang (۲۰۲۰) تقاضای آب برای ۳۱ استان چین را با LMDI در دو سطح ملی و استانی طی دوره ۲۰۰۴-۲۰۱۷ بررسی کردند و نتیجه گرفتند شدت مصرف آب و ساختار صنعتی به ترتیب مهمترین عواملی هستند که رشد مصرف آب را کاهش می‌دهند. همچنین مشخص شد توسعه اقتصادی و اندازه جمعیت بر روی مصرف آب تأثیر مثبت دارند.

در ایران پژوهش‌های محدودی با رویکرد تجزیه تقاضا انجام شده که در مورد صنعت نبودند. سلامی و شهبازی (۱۳۸۹) به اندازه‌گیری و تجزیه رشد بهره‌وری با استفاده از دو روش روند زمانی و شاخص عمومی برای گندم آبی کشور طی دوره ۱۳۸۱-۱۳۸۶ پرداختند. سپس رشد بهره‌وری به‌دست آمده از این دو روش را با رشد بهره‌وری به‌ست آمده به وسیله شاخص دیویژیا برای استان‌های کشور مقایسه کردند. از نتایج مشخص شد روش شاخص عمومی مقادیر نزدیکتری را نسبت به روش روند زمانی با شاخص دیویژیا دارد و استفاده از آن برای تعیین رشد بهره‌وری در روش پارامتری نتایج قابل مقایسه‌تری با نتایج شاخص دیویژیا فراهم می‌کند و استفاده از آن مناسبتر است.

ابونوری و مهرعلی (۱۳۹۱) تابع تقاضای آب خانگی شهر تهران را

با داده‌های فصلی ۱۳۷۹-۱۳۸۷ برآورد کردند. برآوردها نشان داد یارانه بیش از سایر متغیرها بر مصرف آب تأثیر دارد و کاهش آن موجب کاهش تقاضای آب در بخش خانگی می‌شود. همچنین حداقل مصرف آب خانگی شهروندان تهرانی ۱۷۰ لیتر در روز بوده و بیشترین مصرف آب در فصل‌های تابستان و پاییز اتفاق افتاده است.
سلطانی (۱۳۹۱) الگوی مصرف و مدیریت تقاضای آب کشاورزی در کشورهای منطقه منا را بررسی کردند. طبق تحلیل وی، امنیت غذایی که در گذشته به مفهوم خودکفایی پیوند می‌خورده، با ارتقاء کارآیی مصرف آب کشاورزی مبتنی بر مزیت نسبی در تضاد است و به هر حال کمبود آب در کشورهای خشک و نیمه‌خشک باید از طریق واردات آب مجازی برطرف شود.
رحیمی و همکاران (۱۳۹۲) با روش تحلیلی-مروری الگو مصرف متناسب با ظرفیت‌های تولید و ارزش واقعی را در کشورهای اروپایی (آلمان، هلند وبلژیک) طی دوره ۱۹۹۰-۲۰۰۷ بررسی کردند. این مطالعه نشان داد اعمال استراتژی‌های مدیریت تقاضا علاوه‌بر حفاظت منابع آبی و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی موجب کاهش هزینه‌ها، افزایش ارزش‌افزوده و بهبود کیفیت خدمات شده است. این کشورها با وجود برخورداری از منابع آب فراوان توانسته‌اند متوسط مصرف خود را به ۱۲۰ لیتر به ازای هر نفر در شبانه‌روز کاهش دهند.
اسلامی و همکاران (۱۳۹۲) کشش تولیدی و تقاضای آب در باغات انار روستای چرخاب یزد را با یک نمونه شامل ۹۵ کشاورز بررسی کردند. نتایج بهره‌وری برآوردیِ آب، مصرف بیش از حد بهینه آن را تأیید می‌کند به‌طوری‌که کشش تولیدی آن ۰/۰۶- برآورد شده است. باتوجه‌به کشش قیمتی بالای تقاضای آب، سیاست‌های قیمتی جهت کنترل مصرف آب مفید است.
کرباسی و رفیعی‌داران (۱۳۹۳) تأثیر اجزای تقاضای نهایی بر مصرف آب استان خراسان رضوی در بخش‌های مختلف اقتصادی را با روش داده-ستاده بررسی کردند. بر اساس نتایج این مطالعه، افزایش ۲۰ درصدی در اجزای تقاضای نهایی که شامل صادرات، مصرف خصوصی، مصرف دولتی و سرمایه است به ترتیب موجب افزایش ۸۶۰، ۷۱۳، ۳۰ و ۱۸ هزار مترمکعبی در مصرف آب شده است. همچنین یافته‌ها نشان داد تقاضای آب کم‌کشش است.
مظفری (۱۳۹۵) آثار سیاست قیمت‌گذاری آب بر مدیریت تقاضای آب در دشت اردلان قزوین را بررسی کرد و نتیجه گرفت قدر مطلق کشش قیمتی تقاضای آب برای یونجه و گوجه‌فرنگی که نیاز آبی بالاتری دارند، بیشتر از سایر محصولات منتخب است و تقاضای کشاورزان برای نهاده آب در تولید این محصولات کشش بیشتری دارد. همچنین افزایش قیمت آب آبیاری (۲۰۰ تا ۱۰۰۰ ریال افزایش نسبت به سال پایه) موجب کاهش ۲ تا ۹ درصد آب مصرفی در الگوی کشت و کاهش ۲ تا ۸ درصد درآمد ناخالص کشاورزان در این دشت می‌شود.
تهامی‌پور (۱۳۹۶) ارزش اقتصادی آب برای صنایع تولید مواد شیمیایی را طی دوره ۱۳۷۶-۱۳۹۲ برآورد کرد. وی با برآورد تابع تولید بر اساس داده‌های ترکیبی و روش باقی‌مانده نتیجه گرفت که تخصیص هر متر مکعب آب به فعالیت‌های صنعتی ذکر شده ارزشی معادل ۳۷۰۷۱ ریال ایجاد می‌کند، درحالی‌که هزینه خرید آن ۵۶۸۵ ریال است. بنابراین امکان افزایش تعرفه در قالب سیاست تبعیض قیمت بین کدهای صنعتی برای مدیریت تقاضای آب وجود دارد.
شهرکی و همکاران (۱۳۹۷) عوامل موثر بر تقاضای آب کشاورزی و خانگی استان سیستان و بلوچستان را بررسی کردند. در بخش خانگی از تابع مطلوبیت استون-گری و در بخش کشاورزی از مدل لاجیت استفاده شده است. ضرایب برآوردی تابع تقاضای خانگی نشان داد قیمت واقعی آب تأثیر منفی و معنی‌دار بر تقاضای آب خانگی دارد. همچنین، تقاضای سرانه ۶۱ متر مکعب در سال است که اضافه مصرف سرانه ۲۷ متر مکعب را نشان می‌دهد. کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضای خانگی آب به ترتیب ۰/۲۸ و ۰/۳۷ به‌دست آمده، بنابراین تقاضای آب کم‌کشش است. برآوردهای تقاضای آب کشاورزی نشان داد بیشترین تأثیر مربوط به متغیر سابقه و تجربه‌کاری است و سایر متغیرها در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند.
علی‌احمدی و همکاران (۱۳۹۷) با تکیه بر تابع هزینه ترانسلوگ و روش رگرسیون‌های به ظاهر نامرتبط به بررسی مدیریت تقاضای آب در تولید گندم پرداختند. داده‌های مورد نیاز از ۱۵۰ گندم کار طی دوره زمانی ۱۳۹۴-۱۳۹۵ جمع‌آوری شده است. طبق یافته‌های این مطالعه، آب با نهاده‌های نیروی کار اجاره‌ای و خانوادگی، کود و سطح زیر کشت رابطه جانشینی دارد.
قادرزاده و جزایری (۱۳۹۷) ارزش اقتصادی آب مصرفی برای محصول یونجه را از نگاه بهره‌برداران و با استفاده از تابع تولید برآورد کردند. داده‌های مورد نیاز از طریق مصاحبه و تکمیل پرسشنامه از ۱۱۰ کشاورز در دشت دهگلان برای سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ جمع‌آوری شده است. نتایج این مطالعه نشان داد ارزش تولید نهایی هر متر مکعب آب بر مبنای تابع تولید کاب-داگلاس و ترانسندنتال به ترتیب برابر با ۱۶۸۹ و ۱۰۹۳ ریال و هزینه تمام شده هر متر مکعب آب آبیاری ۶۲۵ ریال است. همچنین کشش قیمتی تقاضای آب برابر با ۲/۷۲- است که نشان‌دهنده کشش‌پذیری تقاضای این نهاده نسبت به تغییرات قیمت آب است.
بدیع‌برزین و همکاران (۱۳۹۸) آثار سهمیه‌بندی و افزایش قیمت آب بر الگوی کشت و مدیریت تقاضای آب در دشت سیستان در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۵ را بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داده اعمال سیاست‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری موجب کاهش سطح زیر کشت محصولات منتخب و کاهش بازده ناخالص کشاورزان دشت سیستان می‌شود.
تهامی‌پور رزندی و قربانی (۱۳۹۸) حجم آب صادر و وارد شده در قالب تجارت محصولات کشاورزی طی دوره ۱۳۸۰-۱۳۹۴ را ارزیابی

کردند. نتایج نشان داد ایران در سال‌های مذکور در بخش محصولات زراعی واردکننده خالص آب مجازی و در بخش محصولات باغی صادرکننده خالص آب مجازی بوده و به طور کلی، در مجموع واردکننده خالص آب مجازی بوده است.

صبوحی‌صابونی و همکاران (۱۳۹۸) آثار سیاست مدیریت تقاضا بر تعادل منابع آب زیرزمینی حوضه آبریز نیشابور طی دوره ۱۳۷۸-۱۳۹۰ را بررسی کردند. بر اساس نتایج این مطالعه، سیاست کاهش سهم آبیاری اثر مثبتی بر سطح آب زیرزمینی دارد، بدون اینکه تأثیر زیادی بر کاهش میزان کشت و سود کشاورزان منطقه داشته باشد. تنها با ۲۰ درصد کاهش آب کشاورزی، سطح آب زیرزمینی تا سال ۱۴۰۰ حدود ۴/۷ متر افزایش می‌یابد.

نهاوندی و احمدیان (۱۳۹۸) تقاضای آب شهر قم را با روش پویایی سامانه‌ها بررسی کردند. این مطالعه نتیجه گرفت با کاهش نرخ زاد و ولد از ۴ درصد به ۲ درصد، میزان تقاضای آب ۲۹ درصد در سال ۱۴۰۵ در مقایسه با روند فعلی کاهش می‌یابد. همچنین اثر تغییر قیمت بر میزان تقاضا ناچیز است و بر اساس این نتیجه سیاست کنترل جمعیت بیشترین تأثیر را بر تقاضای آب دارد.

شهیکی‌تاش و همکاران (۱۳۹۹) با استفاده از تابع هزینه ترانسلوگ به برآورد تقاضای آب صنایع کارخانه‌ای ایران طی دوره ۱۳۸۳-۱۳۹۶ پرداختند. برآوردها نشان داد کشش‌های جزئی آلن علامت منفی دارند که نشان‌دهنده رابطه منفی بین قیمت و مقدار تقاضا است. مقدار کشش قیمتی تقاضا برای نهاده آب از لحاظ قدر مطلق بیشتر از سایر نهاده‌های دیگر بوده که نشان‌دهنده حساسیت بیشتر این نهاده نسبت به قیمت است. اگرچه باتوجه‌به مقدار کم کشش قیمتی نهاده آب تأثیر سیاست‌های قیمتی در کاهش تقاضا و صرفه‌جویی آب ناچیز است.

بنابراین همانطور که مشخص شد، پژوهش‌های بسیاری در زمینه تقاضای آب صنعتی با روش تجزیه در کشورهای توسعه‌یافته و درحال‌توسعه انجام گرفتند و توانستند دورنمای خوبی از وضعیت تقاضای آب و سیاست‌های مناسب در آن کشورها ارائه دهند. اما در ایران پژوهش مشخصی با روش تجزیه تقاضای آب در حوزه صنعتی انجام نگرفته که لزوم مطالعه حاضر را نشان می‌دهد.

روش و داده‌های پژوهش

برای انجام پژوهش و بررسی عوامل موثر بر تقاضای آب صنعی ایران طی دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۶، داده‌های ارزش‌افزوده بخش صنعتی و مقدار آب مصرفی آن‌ها برای کارگاه‌های صنعتی «۱۰ نفر کارکن و بیشتر» از سالنامه‌های آماری مرکز آمار ایران (۱۳۷۵-۱۳۹۶) گردآوری شده است. بخش صنعت شامل فعالیت کارگاه‌های صنعتی در سطح کدهای ۲، ۳ و ۴ رقمی است و مطالعه حاضر به بررسی کدهای دو رقمی زیربخش‌های صنعت ۱۰ نفرکارکن و بیشتر می‌پردازد. کارگاه‌های صنعتی ده نفر کارکن و بیشتر به‌عنوان صنایع متوسط و بزرگ، در ۲۳ زیربخش صنعتی (کدهای دو رقمی ISIC) طبقه‌بندی شده است.

از آن جایی‌که فقط ارزش‌افزوده اسمی «کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر» در دسترس است، در گام اول با استفاده از آمار منتشر شده در مرکز آمار ایران، شاخص ضمنی قیمت برای هر کد دورقمی صنعتی (نسبت ارزش‌افزوده جاری کل کارگاه‌ها به ارزش‌افزوده حقیقی کل کارگاه‌ها) محاسبه و سپس با استفاده از آن، ارزش‌افزوده اسمیی «کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر» به ارزش‌افزوده حقیقیی «کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیشتر» تبدیل شد.

تحلیل‌های مربوط به تجزیه را می‌توان به تحلیل تجزیه شاخص (IDA)، تحلیل تجزیه ساختاری (SDA)، تحلیل سهم انتقال (SSA) و تحلیل حسابداری رشد (GAA) طبقه‌بندی کرد (شریفی و همکاران، ۱۳۹۶). در این پژوهش از IDA که به‌ویژه در حوزه انرژی بسیار رایج است، استفاده می‌شود. این روش از ابزارهای رایج برای بررسی و تحلیل کمی علل تغییر در تقاضا است و همان طور که شریفی و همکاران (۱۳۹۶) بیان کردند، از نظر تاریخی در ابتدا بر اساس شاخص‌های مرسومی از لاسپیرز، پاشه و مارشال-اجورث در اوایل دهه ۱۹۸۰ مطرح شد. سپس Boyd و همکاران (۱۹۸۸) با تأکید بر این مسئله که مشکلات این روش مشابه مشکلات مربوط به شاخص‌ها در اقتصاد است، شاخص دیویژیا را معرفی کردند. سپس Liu و همکاران (۱۹۹۲) روش دیویژیای تطبیقی وزنی را مطرح کردند که پایه‌ای برای ارائه روش دیویژیای پارامتریک کلی توسط Ang (۱۹۹۴) شد.

بر اساس این روش، می‌توان تقاضای آب در بخش صنایع را به عوامل موثر بر آن تجزیه کرد. تغییر زمانی متغیر W^t نسبت به دوره مبنا (پایه) برابر است با:

$$\Delta W^t = \sum_{i=1}^{k} \Delta W_i{}^t + \varepsilon^t. \qquad (۱)$$

در این معادله $\Delta W_1{}^t$ تا $\Delta W_k{}^t$ تغییراتی از متغیر x^t را نشان می‌دهند که به ترتیب به اجزای x_1 تا x_k مربوط هستند. اکنون فرض شود W میزان تقاضای آب صنعتی کشور باشد و اندیس i بخش‌های صنعت را نشان دهد (در این پژوهش شامل ۲۴ زیر بخش دو رقمی بخش صنعت است)، در نتیجه می‌توان آن را به‌صورتِ نهایی ذیل بیان کرد:

$$W = Q.\frac{\sum_{i=1}^{n} W_i}{Q} = Q.\sum_{i=1}^{n}\frac{W_i}{Q_i}.\frac{Q_i}{Q} = Q.\sum_{i=1}^{n} a_i s_i, \qquad (۲)$$

که در آن W تولید کل کشور است. W_i/Q_i ضریب فنی (معکوس بهره‌وری) تقاضای آب است که با a_i نشان داده می‌شود. Q_i/Q سهم بخش‌های تولیدی است که با s_i نشان داده می‌شود. بنابراین، می‌توان تغییرات تقاضای آب را بر اساس تغییر سه مولفه تولید، ضریب فنی (معکوس بهره‌وری) و سهم صنایع (Q، a و s) تفکیک کرد:

$$\Delta W_1 = (Q^t - Q^0)\sum_{i=1}^{n} a_i^0 s_i^0 ,$$
$$\Delta W_2 = Q^0 \sum_{i=1}^{n} (a_i^t - a_i^0) s_i^0 , \qquad (۳)$$
$$\Delta W_3 = Q^0 \sum_{i=1}^{n} a_i^0 (s_i^t - s_i^0) .$$

سه معادله بالا به ترتیب اثر رشد اقتصادی، اثر ضریب فنی (معکوس بهره‌وری) تولید و اثر تغییر ساختار تولید را نشان می‌دهند. این روش تجزیه مبنایی شبیه لاسپیرز دارد. همان طور که مشخص است $\Delta x^t = \varepsilon^t + \sum_{j=1}^{K} \Delta W_j^t$. بنابراین در این تجزیه خطا (ε^t) وجود دارد. خطا هنگامی که متغیرها در طول زمان نوسانات زیادی داشته باشند، قابل توجه خواهد بود (Sun، ۱۹۹۸؛ Ang و Zhang، ۲۰۰۰). Ang و Choi (۱۹۹۷) و سپس Ang (۲۰۰۴) پیشنهاد می‌کنند از روش میانگین لگاریتمی دیویژیا (LMD) استفاده شود. در این صورت خطا به کلی حذف خواهد شد (Wood و Lenzen، ۲۰۰۶؛ González و همکاران، ۲۰۱۴) و اثرات تجزیه‌شده به‌صورت ذیل درخواهند آمد:

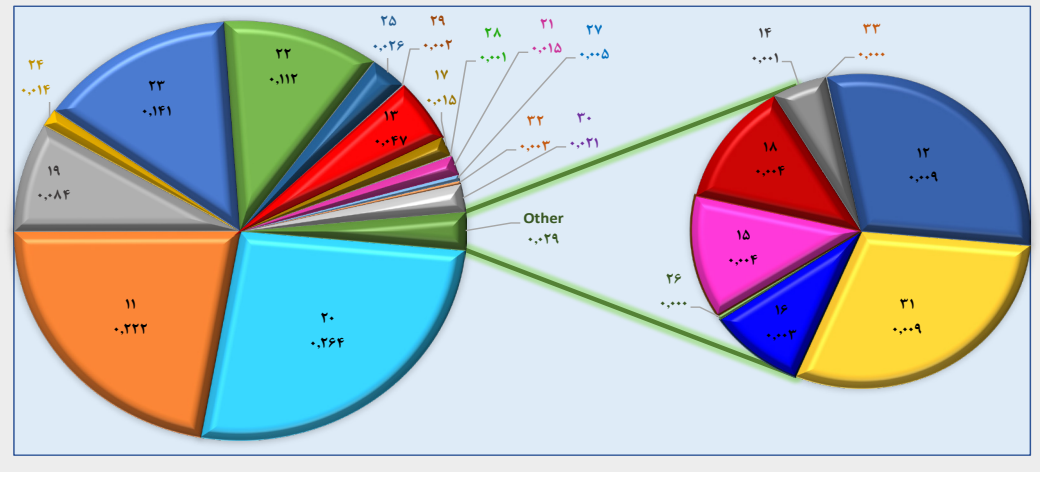
$$\widehat{\Delta W_1} = \sum_{i=1}^{n} L(W_i^0, W_i^t) Ln(Q^t/Q^0),$$
$$\widehat{\Delta W_2} = \sum_{i=1}^{n} L(W_i^0, W_i^t) Ln(a_i^t/a_i^0) , \qquad (۴)$$
$$\widehat{\Delta W_3} = \sum_{i=1}^{n} L(W_i^0, W_i^t) Ln(s_i^t/s_i^0) .$$

یافته‌های پژوهش

سهم آب مصرفی کدهای دو رقمی بخش صنعت با استفاده از داده‌های مرکز آمار ایران در سال‌های ۱۳۷۵ و ۱۳۹۶ محاسبه و نمودارهای آن رسم شده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، شش کد ۲۰ (تولید مواد شیمیایی و فرآورده‌های شیمیایی)، ۱۱ (تولید فرآورده‌های غذایی و انواع آشامیدنی‌ها)، ۱۹ (تولید کک و فرآورده های حاصل از پالایش نفت)، ۲۴ (تولید فلزات پایه)، ۲۳ (تولید سایر فرآورده‌های معدنی غیرفلزی) و ۲۲ (تولید فرآورده‌های لاستیکی و پلاستیکی) با مجموع سهم ۸۳ درصد، مصرف‌کنندگان اصلی تقاضای آب بخش صنعت بوده و ۱۷ درصد باقی‌مانده توسط سایر کدها (۱۷ کد دیگر) مصرف می‌شوند.

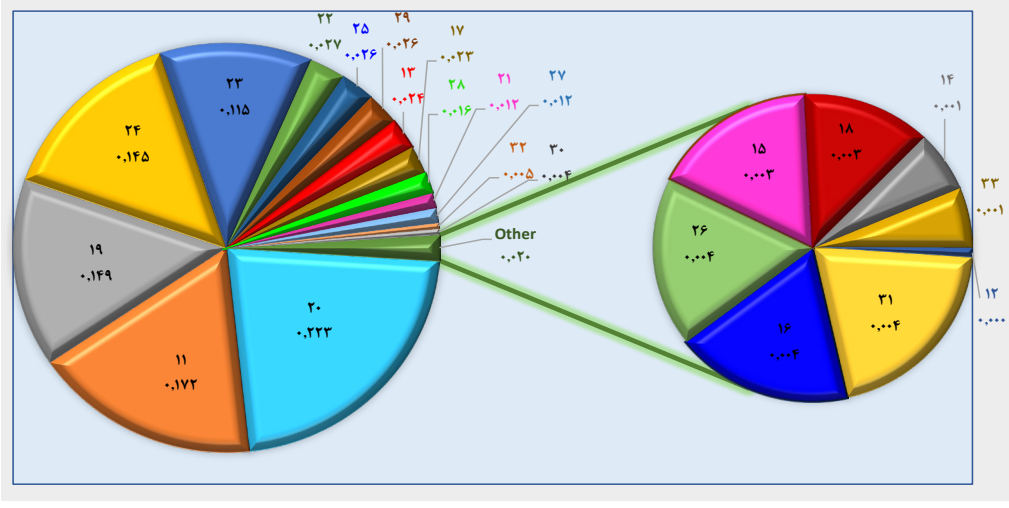
در طی این دو دهه سهم آب مصرفی این صنایع تغییراتی داشته که آن را می‌توان در سه دسته خلاصه کرد. دسته اول صنایعی هستند که افزایش قابل توجه در سهم مصرفی آب داشتند. این دسته شامل کدهای ۱۹، ۲۴، ۲۶، ۲۷، ۲۸، ۲۹ و ۳۳ به ترتیب صنایع تولید کک، فلزات پایه، محصولات رایانه‌ای، تجهیزات برقی، ماشین آلات، وسایل نقلیه موتوری و تعمیر و نصب ماشین آلات است و به‌طورکلی در حوزه مربوط به صنایع سنگین و یا کالاهای بادوام به‌شمار می‌روند. دسته دوم شامل کدهای ۱۱ (مواد غذایی و انواع آشامیدنی)، ۱۲ (فرآورده‌های توتون و تنباکو)، ۱۳ (منسوجات)، ۲۰ (مواد شیمیایی)، ۲۲ (فرآورده‌های لاستیکی و پلاستیکی)، ۲۳ (سایر فرآورده‌های معدنی غیرفلزی)، ۳۰ (سایر محصولات حمل و نقل) و ۳۱ (مبلمان) می‌شود که کاهش قابل‌توجهی در سهم مصرفی آب داشتند. این صنایع بیشتر سبک و تولیدکننده هر سه نوع کالاهای بی‌دوام (مواد غذایی)، کم‌دوام (منسوجات) و بادوام (مبلمان) هستند.

دسته سوم شامل صنایعی هستند که سهم مصرفی آب آن‌ها تقریبا ثابت بوده و تغییرات کمی داشته‌اند و تولید پوشاک، چرم، چوب، کاغذ، چاپ، دارو، محصولات فلزی به جز ماشین آلات و سایر مصنوعات طبقه‌بندی نشده (کدهای ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۲۱، ۲۵ و ۳۲) را شامل می‌شوند. این دسته شامل صنایع سبک است که هر دو نوع کالاهای بادوام (چرم و محصولات فلزی) و کالاهای کم دوام (کاغذ و دارو) را شامل می‌شود (شکل‌های ۲ و ۳).



شکل ۲- سهم آب مصرفی زیربخش‌های دو رقمی صنعت در سال ۱۳۷۵

(عدد بالا کد صنعتی دو رقمی ISIC، عدد پایین سهم آب مصرفی)



شکل ۳- سهم آب مصرفی زیربخش‌های دو رقمی صنعت در سال ۱۳۹۶

(عدد بالا کد صنعتی دو رقمی ISIC، عدد پایین سهم آب مصرفی)

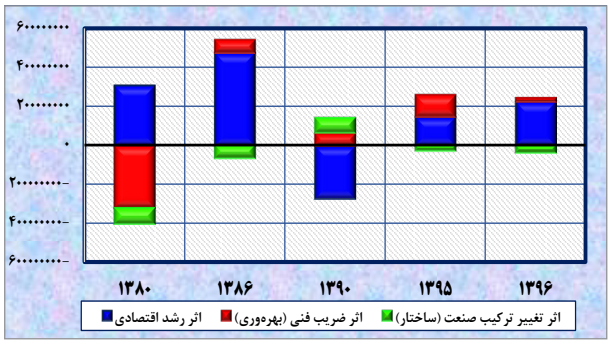
در ادامه، بر اساس تکنیک جمع‌پذیری شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا سهم سه عامل رشد اقتصادی، ضریب فنی (معکوس بهره‌وری) و تغییر ترکیب صنعت (ساختار) تقاضای آب صنعتی در طی چهار دوره نزدیک به پنج ساله ۱۳۷۵-۱۳۸۰، ۱۳۸۰-۱۳۸۶، ۱۳۸۶-۱۳۹۰ و ۱۳۹۰-۱۳۹۶ برآورد شده است.

نتایج تجزیه نشان داد در طی چهار دوره مورد بررسی تقاضای آب بخش صنعت در دو دوره ۱۳۷۵-۱۳۸۰ و ۱۳۸۵-۱۳۹۰ کاهش یافته و در دو دوره دیگر افزایش یافته است (جدول ۱). از نظر اثر عوامل محرک همانطور که در شکل(۴) مشخص است اثر رشد اقتصادی یا تولید صنعتی در همه دوره‌ها به جز دوره ۱۳۸۶-۱۳۹۰ مثبت بوده است و از نظر سهم عوامل نیز تولید صنعتی در همه دوره‌ها (به غیر از دوره اول ۱۳۷۵-۱۳۸۰) بیشترین تأثیر را در افزایش یا کاهش (دوره سوم) تقاضای آب بخش صنعت داشته است. در دوره اول ۴۲ درصد و در سایر دوره‌های پنج ساله بعدی حداقل ۵۰ درصد تغییرات تقاضای آب صنعتی ناشی از رشد صنعتی بوده است. پس در مجموع، رشد و توسعه صنعتی محرک اصلی افزایش تقاضای آب در دو دهه اخیر بوده و باید به مسئله تأمین آب ضمن توسعه صنعتی توجه ویژه شود. ضریب فنی در دوره پنج ساله اول ۱۳۷۵-۱۳۸۰ بیشترین سهم را در کاهش تقاضای آب داشته که نشان‌دهنده بهبود بهره‌وری آب طی این دوره است. اما متأسفانه این عامل در سایر دوره‌ها اثر مثبت بر تقاضای آب داشته و این معنی است که کاهش بهره‌وری آب موجب افزایش مصرف آب در بخش صنعت شده است. بهره‌وری پایین آب در دهه ۱۳۸۰ موجب ۱۰-۱۵ درصد افزایش تقاضای آب شده؛ درحالی‌که سهم این عامل در نیمه اول دهه ۱۳۹۰ با افزایش تقریبا سه برابری به ۴۰ درصد رسیده است. این مسئله به خوبی نمایانگر جهت نادرست سیاست‌گذاری‌ها و بی‌توجهی‌های جدی به بهبود بهره‌وری مصرف آب در بخش صنعتی است.

عامل سوم، اثر تغییر ترکیب یا ساختار صنعت است که به جز اثر مثبت در دوره ۱۳۸۰-۱۳۹۶، در سایر دوره‌ها اثر منفی بر تقاضای آب داشته است. سهم این عامل در کل دو دهه مورد بررسی تقریبا ۱۰ درصد بوده که منعکس‌کننده نقش محدود عامل ساختاری در کاهش تقاضای آب صنعت است. به بیان دیگر، شواهد نشان می‌دهد اقتصاد ایران نتوانسته در راستای تغییر ساختار از صنایع با شدت آب‌بری زیاد به صنایع با شدت آب‌بری کم گامی اساسی بردارد. حتی طی دوره ۱۳۸۰-۱۳۹۶ ساختار صنایع ایران به نفع صنایع پرآب‌خواه تغییر کرده است (شکل ۴).

جدول ۱- سهم عوامل مختلف در تقاضای آب صنعتی با سال پایه متغیر برحسب مترمکعب

سال	۱۳۸۰	۱۳۸۶	۱۳۹۰	۱۳۹۶
اثر رشد اقتصادی	۳۰۷۵۶۱۸۸۲ (درصد۴۳)	۴۷۳۷۶۲۰۷۴ (۷۸ درصد)	-۲۷۰۱۵۴۳۲۹ (۶۶ درصد)	۲۲۴۵۰۰۱۳۶ (۷۹ درصد)
اثر ضریب فنی (اثر بهره‌وری)	-۳۱۸۳۰۴۹۹۸ (درصد ۴۵)	۶۷۲۸۱۷۰۶ (۱۱ درصد)	۶۲۸۳۴۹۵۶ (۱۵ درصد)	۱۹۲۳۶۸۹۹ (۷ درصد)
اثر تغییر ترکیب صنعت (ساختار)	-۸۱۳۹۰۸۸۵ (درصد ۱۲)	-۶۶۱۳۴۷۸۰ (۱۱ درصد)	۷۵۵۶۳۳۷۳ (۱۹ درصد)	-۳۸۶۰۱۴۶۶ (۱۴ درصد)
اثر کل	-۹۲۱۳۴۰۰۰	۴۷۴۹۰۹۰۰۰	-۱۳۱۷۵۶۰۰۰	۲۰۵۱۳۵۵۷۰



شکل ۴- سهم عوامل مختلف در تقاضای آب صنعتی با سال پایه متغیر در طی دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۶ (بر حسب مترمکعب)

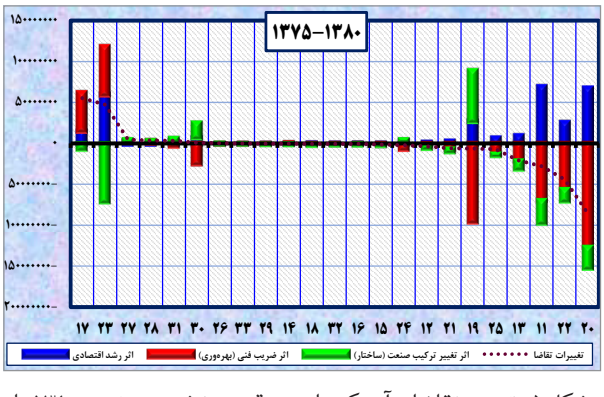
در ادامه، تغییرات تقاضای آب کدهای دورقمی بخش صنعت در طی چهار دوره تقریبا پنج‌ساله به سه اثر رشد اقتصادی، ضریب فنی (بهره‌وری) و تغییر ترکیب صنعت (اثر ساختاری) تفکیک شده است. سپس نتایج بر اساس این که در طی هر دوره مورد بررسی، کدام یک از زیربخش‌های صنعت افزایش یا کاهش تقاضای آب داشتند توضیح داده شده و سهم سه عامل محرک در تقاضای آب صنعتی توصیف شده است. در جدول (۲) صنایعی که بیشترین سهم را در تغییرات تقاضای آب داشتند، گزارش شده است.

در ادامه نمودارهای سهم عوامل موثر بر تغییرات تقاضای آب صنعتی کدهای صنعتی به‌طور جداگانه آورده شده است. در طی دوره پنج ساله ۱۳۷۵-۱۳۸۰ صنعت کاغذ و فرآورده‌های معدنی غیرفلزی بزرگترین تغییرات را در مصرف آب ایجاد کرده که ضریب فنی با سهم ۶۸ درصد موثرترین عامل در افزایش تقاضای آب این صنعت (کد ۱۷) بوده است. در صنعت فرآورده‌های معدنی سهم هر سه عامل نزدیک به هم و بالای ۳۰ درصد است و در نهایت، مجموع اثر مثبت دو عامل ضریب فنی و تولید صنعتی با غلبه بر اثر منفی تغییر سهم صنعت موجب افزایش تقاضای آب فرآورده‌های معدنی (کد ۲۳) شده است. در مقابل صنایع تولید مواد غذایی و آشامیدنی، منسوجات، کک، مواد شیمیایی، فرآورده‌های لاستیکی و محصولات فلزی (کدهای ۱۱، ۱۳، ۱۹، ۲۰، ۲۲ و ۲۵) با کاهش تقاضای آب مواجه بودند (نمودار ۵).

در صنایعی که تقاضای آب آن‌ها کاهش یافته رشد اقتصادی اثر مثبت بر تقاضای آب داشته است. اثر منفی ضریب فنی در این صنایع نمایانگر بهبود بهره‌وری آب است. عامل ضریب فنی در صنایع تولید منسوجات، کک، مواد شیمیایی، پلاستیک و محصولات فلزی سهم بالای ۵۰ درصد داشته است. در این صنایع اثر منفی تغییر سهم صنعت (به جز اثر مثبت در کد ۱۹) نشان می‌دهد که این صنایع به نفع صنایع دیگر به طور نسبی کوچکتر شده‌اند و ساختار صنایع از نظر آب‌بری تغییر کرده است. تقاضای آب سایر کدها که در میانه شکل (۵) قابل مشاهده‌اند، تغییرات قابل توجهی نداشتند (شکل ۵).

جدول ۲- تجزیه تقاضای آب کدهای دورقمی بخش صنعت بر حسب متر مکعب (صنایع با بیشترین تغییر)

کد	اثر رشد اقتصادی	اثر ضریب فنی (بهره وری)	اثر تغییر سهم صنعت (ساختار)
	(۱۳۸۰)		
۱۱	۶۸,۴۳۷,۲۴۱/۷۳۹	-۶۹,۱۴۴,۳۲۷/۶۴۵	-۲۷,۲۷۲,۹۱۴/۱۴۸
۱۷	۱۵,۱۱۷,۶۹۲/۹۸۰	۴۶,۶۰۰,۰۱۷/۶۰۶	-۶,۵۶۳,۷۱۰/۵۸۶
۲۰	۶۶,۳۵۸,۶۵۸/۰۷۱	-۱۲۶,۲۰۰,۱۳۷/۵۴۳	-۲۵,۰۴۳,۵۲۰/۵۲۷
۲۲	۲۵,۵۵۳,۵۰۵/۲۶۸	-۵۵,۹۴۲,۳۳۹/۴۲۶	-۱۳,۵۰۳,۱۶۵/۸۴۲
۲۳	۵۹,۴۳۵,۷۵۰/۸۸۶	۵۸,۵۳۲,۴۰۹/۲۳۱	-۷۰,۵۸۴,۱۶۰/۱۱۷
	(۱۳۸۶)		
۱۱	۶۶,۶۱۵,۸۱۳/۳۶۳	-۳۹,۵۹۱,۳۰۲/۵۸۴	-۵۹,۴۸۰,۵۱۰/۷۷۸
۱۹	۱۰۶,۳۶۵,۷۸۰/۹۸۰	۱۸۷,۴۸۲,۷۴۰/۳۱۰	۴۸,۷۴۹,۴۷۸/۷۱۰
۲۰	۱۰۶,۶۷۵,۵۶۶/۸۳۵	۸۰,۴۲۰,۴۵۳/۴۸۱	-۶,۸۶۴,۰۲۰/۳۱۶
۲۳	۷۸,۳۴۵,۳۴۳/۴۸۲	-۱۵۸,۴۹۲,۵۲۴/۳۱۸	۴۲,۶۵۱,۱۸۰/۸۳۷
	(۱۳۹۰)		
۱۱	-۳۶,۰۷۴,۷۵۵/۷۸۷	۵۶,۳۸۳,۲۵۰/۸۹۸	۵۷,۰۲۹,۵۰۴/۸۸۹
۱۹	-۴۸,۰۹۰,۶۳۴/۲۵۱	-۷۶,۷۸۸,۶۴۸/۶۶۲	-۲۱۹,۳۴۳,۷۱۷/۰۸۷
۲۰	-۹۳,۰۶۰,۲۴۰/۹۵۳	۲۹,۳۳۰,۶۸۲/۷۶۲	۱۶۰,۴۹۲,۵۵۸/۱۹۱
	(۱۳۹۶)		
۱۷	۸,۵۵۳,۸۹۴/۱۰۷	-۵۹,۳۴۵,۵۷۰/۵۲۳	۲۶,۷۴۱,۱۵۹/۰۲۶
۱۹	۲۲,۵۱۶,۳۰۵/۷۰۳	۱۳۱,۶۸۰,۵۴۴/۷۵۵	-۳۴,۱۱۷,۹۱۲/۷۱۶
۲۰	۷۱,۵۶۹,۷۳۴/۴۸۴	-۱۵۴,۲۹۰,۷۵۱/۲۴۰	-۳۵,۱۶۲,۰۵۳/۹۹۸
۲۲	۱۰,۴۶۹,۳۹۸/۸۶۹	۸,۳۵۹,۶۷۶/۹۶۷	-۵۰,۶۹۷,۸۱۱/۷۸۷
۲۴	۱۳,۴۶۷,۷۵۵/۲۷۳	۴۳,۳۷۴,۹۶۵/۳۵۱	۹۵,۷۶۷,۹۱۰/۸۷۸



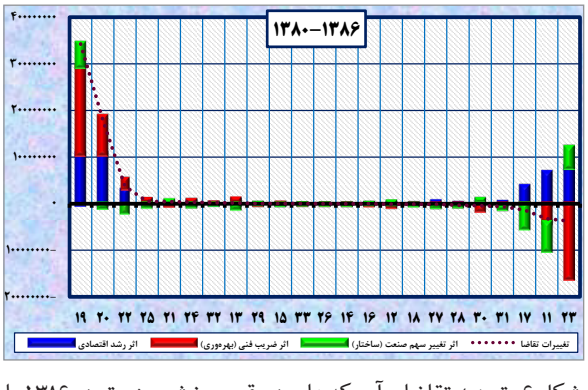
شکل ۵- تجزیه تقاضای آب کدهای دورقمی بخش صنعت در ۱۳۸۰ با پایه ۱۳۷۵ (بر حسب مترمکعب)

تجزیه تقاضای آب در سال پایه ۱۳۸۰ نشان می‌دهد، تقاضای آب صنعت تولید کک و پالایش نفت، مواد شیمیایی و فرآورده‌های لاستیکی و پلاستیکی تا سال ۱۳۸۶ به شدت افزایش یافته است.

اثر مثبت تولید صنعتی در این سه صنعت (کدهای ۱۹، ۲۰ و ۲۲) موجب افزایش مصرف آب شده که دو صنعت مواد شیمیایی و فرآورده‌های لاستیکی بزرگترین سهم را در افزایش تقاضای آب داشته‌اند. ضریب فنی در سه صنعت یاد شده اثر مثبت قابل توجهی داشته و در صنعت تولید کک با سهم ۵۵ درصد، موثرترین عامل در افزایش تقاضای آب بوده است. اثر مثبت ضریب فنی در واقع نشان‌دهنده کاهش بهره‌وری آب در این صنایع بوده که به موجب آن مصرف آب افزایش یافته است. سهم ساختار در تقاضای آب این صنایع نسبت به دو عامل رشد و ضریب فنی کم بوده و اثر آن در تقاضای آب صنایع شیمیایی و پلاستیکی منفی و در صنعت دیگر مثبت بوده است (شکل ۶).

در سال ۱۳۸۶ نسبت به سال ۱۳۸۰، تقاضای آب سه صنعت «مواد غذایی و انواع آشامیدنی»، «کاغذ» و «فرآورده‌های معدنی غیرفلزی» کاهش یافته است. البته اثر مثبت تولید صنعتی در این سه صنعت (کدهای ۱۱، ۱۷ و ۲۳) موجب افزایش تقاضای آب شده و حتی در صنعت مواد غذایی و آشامیدنی سهم ۴۰ درصدی آن، بزرگترین عامل در تغییرات تقاضای آب بوده است. اثر منفی ضریب فنی که نمایانگر بهبود بهره‌وری آب است، در صنعت فرآورده‌های معدنی بر مجموع اثر مثبت دو عامل رشد و ساختار غلبه پیدا کرده است. همچنین سهم بالای ۵۰ درصد ضریب فنی در صنعت مواد معدنی کاهش تقاضای آب این صنعت (کد ۲۳) را در پی داشته است (شکل ۶).

اثر منفی تغییر سهم صنعت در تولید «کاغذ» بیشترین سهم را در کاهش تقاضای آب داشته و به بیان دیگر این صنعت به نفع صنایع دیگر کوچکتر شده و تقاضای آب آن به طور نسبی کاهش یافته است. در صنعت مواد غذایی نیز همین اتفاق افتاده و در نتیجه تقاضای آب کاهش داشته است. تغییر سهم صنعت در صنعت «مواد معدنی» اثر مثبت بر تقاضای آب داشته و سهم آن در افزایش تقاضای آب تقریباً ۲۰ درصد است (شکل ۶).



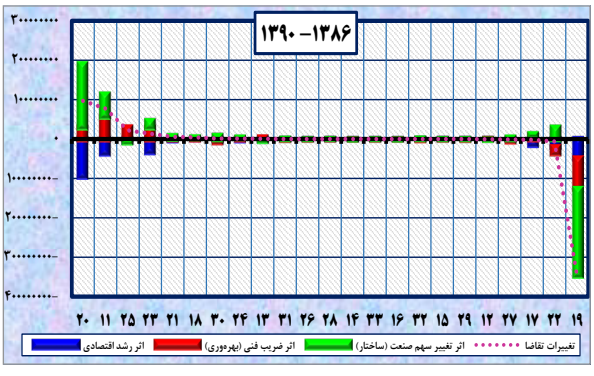
شکل ۶- تجزیه تقاضای آب کدهای دورقمی بخش صنعت در ۱۳۸۶ با پایه ۱۳۸۰ (بر حسب مترمکعب)

همان طور که در شکل (۷) مشخص است، در ۱۳۹۰ نسبت به ۱۳۸۶ صنایع تولید «مواد شیمیایی»، «مواد غذایی و آشامیدنی»، «محصولات فلزی» و «فرآورده‌های معدنی غیر فلزی» به ترتیب بیشترین افزایش تقاضای آب را داشتند و در مقابل تقاضای آب دو صنعت «تولید کک و فرآورده‌های پالایش نفت» و«تولید فرآورده‌های لاستیکی و پلاستیکی» کاهش یافته است. مصرف آب در سایر صنایع کم‌وبیش ثابت و تغییرات تقاضای آب آن‌ها ناچیز و یا نزدیک به صفر درصد بوده است.

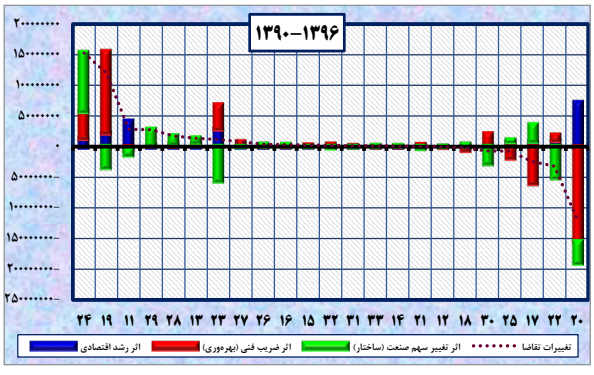
در سال ۱۳۹۰ نسبت به ۱۳۸۶ رشد اقتصادی در همه کدهای دو رقمی بخش صنعت اثر منفی بر تقاضای آب داشته و موجب کاهش تقاضای آب بخش آن صنعت شده است. تولید صنعتی در صنعت فرآورده‌های معدنی (کد ۲۳) با سهم ۴۰ درصد بزرگترین سهم را در تغییرات تقاضای آب داشته؛ درحالی‌که از نظر مقداری، بیشترین کاهش در مقدار تقاضای آب صنعت «مواد شیمیایی» (کد ۲۰) را ایجاد کرده است. ضریب فنی در صنایعی که تقاضای آب آن‌ها افزایش یافته (کدهای ۱۱، ۲۰، ۲۳ و ۲۵)، اثر مثبت داشته است. اثر مثبت ضریب فنی یا به بیان دیگر کاهش بهره‌وری آب در این صنایع موجب افزایش مصرف آب شده است. این عامل با سهم حدود ۸۰ درصد موثرترین عامل در افزایش تقاضای آب برای محصولات فلزی (کد ۲۳) بوده است. عکس این حالت در دو صنعت تولید کک و پلاستیک (کدهای ۱۹ و ۲۲) رخ داده که بهبود بهره‌وری آب موجب کاهش تقاضای آب شده و ضریب فنی اثر منفی بر مصرف آب داشته است (شکل ۷).

از صنایعی که افزایش تقاضای آب داشتند، در مواد غذایی و آشامیدنی، مواد شیمیایی و فرآورده‌های معدنی (کدهای ۱۱، ۲۰ و ۲۳) تغییر سهم صنعت اثر مثبت بر تقاضای آب گذاشته که در صنعت مواد آشامیدنی و مواد شیمیایی مهمترین عامل بوده است. به‌طورکلی، اثر مثبت تغییر سهم صنعت نشان‌دهنده بزرگتر شدن این صنایع در ساختار صنعتی ایران است که افزایش تقاضای آب را به همراه داشته است (شکل ۷).

در صنایع تولید کک (کد ۱۹) و پلاستیک (کد ۲۲) که در ۱۳۹۰ نسبت به ۱۳۸۶ کاهش تقاضای آب داشتند، تغییر سهم صنعت بیشترین نقش را در تغییرات تقاضای آب داشته است. اثر ساختاری در صنعت تولید پلاستیک مثبت و کمتر از ۵۰ درصد (غیرغالب) بوده که در مجموع تقاضای آب این صنعت کاهش یافته است. در صنعت تولید کک نیز هر سه عامل اثر منفی بر تقاضای آب داشتند و تغییر سهم صنعت با سهم بالای ۶۰ درصد، بزرگترین و موثرترین عامل در کاهش تقاضای آب کد ۱۹ می‌باشد (شکل ۷).



شکل ۷- تجزیه تقاضای آب کدهای دورقمی بخش صنعت در ۱۳۹۰ با پایه ۱۳۸۶ (بر حسب مترمکعب)



شکل ۸- تجزیه تقاضای آب کدهای دورقمی بخش صنعت در ۱۳۹۶ با پایه ۱۳۹۰ (بر حسب مترمکعب)

نتایج تجزیه تقاضای آب صنعتی سال ۱۳۹۶ در شکل (۸) مشاهده می‌شود. صنایع تولید فلزات، کک، فرآورده‌های غذایی و آشامیدنی، وسایل نقلیه موتوری، ماشین‌آلات، منسوجات، فرآورده‌های معدنی و تجهیزات برقی (کدهای ۲۴، ۱۹، ۱۱، ۲۹، ۲۸، ۱۳، ۲۳ و ۲۷) به ترتیب بیشترین افزایش تقاضای آب را تجربه کردند. در مقابل، صنایع تولید مواد شیمیایی، فرآورده‌های لاستیکی، کاغذ، محصولات فلزی و تجهیزات حمل و نقل (کدهای ۲۰، ۲۲، ۱۷، ۲۵ و ۳۰) به ترتیب بیشترین کاهش تقاضای آب را موجب شدند. تقاضای آب سایر صنایع کم‌وبیش ثابت بوده است.

در سال ۱۳۹۶ نسبت به ۱۳۹۰، تولید صنعتی در همه کدهای دو رقمی بخش صنعت اثر مثبت بر تقاضای آب داشته است. عامل رشد اقتصادی با سهم بالای ۷۰ درصد، بیشترین نقش را در افزایش تقاضای آب صنعت مواد غذایی و آشامیدنی (کد ۱۱) داشته است. در صنایعی که تقاضای آب آن‌ها افزایش یافته، ضریب فنی اثر مثبت بر تقاضای آب را نشان می‌دهد. در این صنایع کاهش بهره‌وری آب موجب افزایش مصرف آب شده که سهم آن در صنعت تولید کک به ۷۰ درصد می‌رسد. در صنایعی که تقاضای آب آن‌ها کاهش یافته، عامل ضریب فنی به غیر از دو صنعت پلاستیک و تجهیزات حمل و نقل (کدهای ۲۲ و ۳۰)، اثر منفی بر تقاضای آب داشته است. به بیان دیگر، بهبود بهره‌وری موجب کاهش مصرف آب شده است. اثر منفی ضریب فنی با سهم ۶۰ درصدی در کدهای ۱۷، ۲۰ و ۲۵ بزرگترین نقش را در کاهش تقاضای آب این صنایع داشته است (شکل ۸).

تغییر ساختار صنعت ایران به نفع کدهای ۱۳، ۲۴، ۲۸، ۲۹ بزرگترین تأثیر را در افزایش تقاضای آب صنعتی داشته است. در مقابل، تغییر ساختار در صنایع مواد شیمیایی، پلاستیک و تجهیزات حمل و نقل اثر منفی بر تقاضای آب داشته است. اثر منفی تغییر سهم صنعت در صنعت تجهیزات حمل و نقل (کد ۳۰) و پلاستیک (کد ۲۲) با سهم بالای ۵۰ درصد، موثرترین عامل در کاهش تقاضای آب صنعتی می‌باشد (شکل ۸).

نتیجه‌گیری

باتوجه‌به افزایش بحران‌ها و تنش‌های آبی در سطوح جهانی و منطقه‌ای و ملی، بررسی مولفه‌های تعیین‌کننده تغییراتِ تقاضای آب بسیار ضروری به نظر می‌رسد. در مورد تقاضای آب بخش صنعت در ایران مطالعات محدودی انجام گرفته و به همین دلیل پژوهش حاضر با استفاده از شاخص میانگین لگاریتمی دیویژیا به واکاوی آن طی دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۶ می‌پردازد.

طبق یافته‌های به‌دست آمده (خلاصه در جدول ۳)، تولید صنعتی بیشترین سهم را در تغییرات تقاضای آب بخش صنعت داشته به طوری که سهم آن از ۴۳ درصد در دوره پنج ساله اول (۱۳۷۵-۱۳۸۰) به حدود ۸۰ درصد در دوره پنج ساله چهارم (۱۳۹۰-۱۳۹۶) رسیده است. همچنین در اغلب دوره‌های مورد بررسی، اثر رشد اقتصادی بر تقاضای آب مثبت بوده است. در مقابل، سهم عامل ضریب فنی در تقاضای آب از ۴۵ درصد منفی به ۷ درصد کاهش یافته و تأثیر ان نیز معکوس شده است. این مسئله نشان‌دهنده کاهش بهره‌وری آب در صنایع است. عامل تغییر ترکیب صنعت سهمی کمتر از ۲۰ درصد در تقاضای آب به خود اختصاص داده که در همه دوره‌ها (به غیر از ۱۳۸۶-۱۳۹۰) اثر منفی بر تقاضای آب داشته است.

جدول ۳- تجزیه تقاضای آب صنعتی با سال پایه متغیر

سال	۱۳۸۰	۱۳۸۶	۱۳۹۰	۱۳۹۶
اثر رشد اقتصادی	(+)٪۴۳	(+)٪۷۸	(-)٪۶۶	(+)٪۷۹
اثر ضریب فنی (اثر بهره‌وری)	(-)٪۴۵	(+)٪۱۱	(+)٪۱۵	(+) ٪۷
اثر تغییر ترکیب صنعت (ساختار)	(-)٪۱۲	(-)٪۱۱	(+)٪۱۹	(-)٪۱۴

طبق محاسبات تجزیه تقاضای آب در ۱۳۸۰ (نسبت به سال پایه ۱۳۷۵)، صنایع کاغذ و فرآورده‌های غیرمعدنی بیشترین سهم را در افزایش تقاضای آب و صنایع مواد شیمیایی، پلاستیک و مواد غذایی بیشترین سهم را در کاهش تقاضای آب داشتند. بر این اساس،

ضریب فنی محرک اصلی کاهش تقاضای آب دوره ۱۳۷۵-۱۳۸۰ بوده است. طی دوره ۱۳۸۰-۱۳۸۶ بیشترین افزایش در تقاضای آب از صنایع مواد شیمیایی و همچنین تولید کک و و فرآورده‌های حاصل از پالایش نفت اتفاق افتاده که عامل ضریب فنی (معکوس بهره‌وری) و تولید صنعتی موثرترین عامل پیش‌برنده تقاضای این صنایع و تقاضای کل آب صنعت بودند.

تجزیه تقاضای آب سال ۱۳۹۰ مشخص کرد، صنایع مواد شیمیایی و مواد غذایی بیشترین افزایش در تقاضای آب را داشتند و اثر تغییر سهم صنعت این صنایع با افزایش آب‌بری، محرک اصلی افزایش تقاضای آب بوده است. در مقابل، بیشترین سهمِ کاهش تقاضای آب این دوره به صنعت تولید کک و پالایش نفت اختصاص داشته که اثر ساختاری آن با سهم بالای ۶۰ درصد موثرترین عامل در کاهش تقاضای آب می‌باشد.

به‌طورکلی، اثر مثبت تغییر سهم صنعت نشان‌دهنده بزرگتر شدنِ نسبی صنایع بیشتر آب‌بر در ساختار صنعتی ایران است که افزایش تقاضای آب را به همراه داشته است. سرانجام طی دوره ۱۳۹۰-۱۳۹۶ صنعت مواد شیمیایی بیشترین کاهش در مقدار تقاضای آب را داشته که به بهبود بهره‌وری آب بر می‌گردد. از سوی دیگر دو صنعت فلزات پایه و تولید کک بیشترین افزایش در مقدار تقاضای آب را داشتند که به موجب آن‌ها تقاضای کل آب صنعت افزایش یافته است. در صنعت فلزات پایه تغییر ساختار به نفع سهم بیشتر این صنعتت آب‌بر محرک اصلی در افزایش تقاضا بوده و در صنعت تولید کک نیز کاهش بهره‌وری آب به‌عنوان موثرترین عامل عمل کرده است.

توضیحات بالا به خوبی گویای آن است که در طول دو دهه مورد بررسی، سیاست‌های صنعتیی خودکفا-محور از دید مسئله آب به پایداری توجه نداشته‌اند و ادامه مسیر فعلی به تشدید بحران آبی و حتی دوگانه‌ی انتخاب میان صنعت-آب منجر خواهد شد.

در یک تحلیل کلی، تقاضای آب در بخش صنعت ایران، همواره رو به افزایش بوده و احتمالا روند افزایشی آن ادامه خواهد یافت؛ چرا که عامل تولید صنعتی نیروی محرکه اصلی آن است و با رشد جمعیت و تمایل‌های حاکمیتی همواره در جهت افزایش تقاضای آب عمل می‌کند و کنترل آن سخت است. در نتیجه همانند تجربه سایر کشورهای موفق که در بخش پیشینه پژوهش آورده شد، برای تامین آب مورد نیاز در بخش‌های مختلف صنعت می‌توان با دو عامل دیگر یعنی ضریب فنی (بهبود بهره‌وری) و تغییرات ساختاری صنایع از افزایش شدید تقاضای آب بخش صنعت جلوگیری کرد؛ تا از آسیب‌های محیط‌زیستی تغییرات ساختاریِ فرآیند توسعه در ایران کاست.

باید با استانداردهای اجباری در صرفه‌جویی مصرف آب، افزایش دسترسی به فن‌آوری‌های با بازده بالا، افزایش بازیافت و استفاده مجدد از فاضلاب، امکان صرفه‌جویی و کاهش تقاضای آب فراهم شود. همچنین لازم است ایده مزیت نسبی به‌جای سیاست‌های خودکفایی و حمایت از صنایع استراتژیکِ آب‌خواه، مد نظر قرار گیرد. این مجموعه سیاست‌ها که به بهبود بهره‌وری فنی مصرف آب و اصلاح ساختار صنایع می‌انجامند، به اندازه سیاست‌های قیمتی برای حذف رانت آب ارزان اهمیت دارند.

منابع

ابونوری، ع. ع. و مهرعلی، ا. ۱۳۹۱. تحلیل اثرات یارانه بر تقاضای آب خانگی شهر تهران. فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی (رویکرد اسلامی- ایرانی)، ۱۲(۴۵): ۱-۲۶.

اسلامی، ا.، مهرابی، ع.، زهتابیان، غ. و قربانی، م. ۱۳۹۲. برآورد تابع تقاضای آب کشاورزی باغات انار روستای چرخاب یزد. مرتع و آبخیرداری، ۶۶(۱): ۱۷-۲۶.

بدیع‌برزین، ح.، هاشمی‌تبار، م. و حسینی، م. ۱۳۹۸. اثر روش‌های قیمت‌گذاری و سهمیه‌بندی آب آبیاری بر الگوی کشت و تقاضای آب در دشت سیستان. نشریه پژوهش آب در کشاورزی، ۳۳(۳): ۴۷۸-۴۶۳.

تهامی‌پور زرندی، م. و قربانی، م. ۱۳۹۸. اندازه‌گیری و تحلیل تقاضای آب ویژه محصولات کشاورزی و جایگاه ایران در تجارت با سایر کشورها. فصلنامه اقتصاد و الگوسازی، ۱۲(۲): ۱۵۵-۱۸۳.

تهامی‌پور، م. ۱۳۹۶. ارزش اقتصادی، رویکردی برای مدیریت تقاضای آب در مصارف صنعتی مطالعه موردی: صنایع تولید مواد شیمیایی. مجله آب و فاضلاب، ۲۸(۱): ۷۴-۷۳.

سلامی، ح. و شهبازی، ح. ۱۳۸۹. اندازه‌گیری و تجزیه رشد بهره‌وری تولید گندم آبی کشور: مقایسه روش‌های روند زمانی، شاخص عمومی و شاخص دیویژیا. تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، ۲(۲): ۱۲۷-۱۳۵.

سلطانی، غ. ۱۳۹۱. بررسی تطبیقی الگوی مصرف و مدیریت تقاضای آب کشاورزی در کشورهای منطقه‌ی منا (خاورمیانه و شمال آفریقا). تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۴(۲): ۱-۲۵.

شریفی، ع.، حوری‌جعفری، ح. و سلطانیان، ر. ۱۳۹۶. تحلیل اسنادی در شاخص شدت انرژی واقعی دیویژیا (نمونه کاربردی: صنایع کارخانه‌ای ایران). مطالعه اقتصاد انرژی، ۱۳(۵۵): ۱۶۱-۱۹۳.

شهرکی، ج.، رهنما، ع. و خاکسارآستانه، ح. ۱۳۹۷. مدیریت تقاضای مصرف آب با رویکرد اقتصادی در شمال استان سیستان و بلوچستان. اکوهیدرولوژی، ۵(۳): ۱۰۳۷-۱۰۴۹.

شهیکی‌تاش، م.، موسوی، ه. و خواجه حسنی رابری، م. ۱۳۹۹. برآورد پارامتریک تابع تقاضای شرطی آب در صنایع کارخانه‌ای ایران. فصلنامه علمی پژوهش‌های اقتصاد صنعتی، ۴(۱۱): ۲۵-۳۸.

صبوحی‌صابونی، م.، جلالی‌موحد، ا.، شیرزادی لسکوکلایه، س.، ضرغامی، م. و فلفلانی، ف. ۱۳۹۸. بررسی اثر مدیریت تقاضای آبیاری بر تعادل منابع آب و رفاه اقتصادی کشاورزان (مطالعه موردی: حوضه آبریز نیشابور). آبیاری و زهکشی ایران، ۱۳(۴): ۹۹۸-۱۰۰۹.

علی‌احمدی، ن.، مرادی، ا. و حسینی، م. ۱۳۹۷. کاربرد تکنیک هزینه ترانسلوگ در برآورد تابع تقاضای آب محصول گندم منطقه سیستان. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۳(۴): ۳۳۱-۳۳۸.

قادرزاده، ح. و جزایری، آ. ۱۳۹۷. تعیین ارزش اقتصادی و تابع تقاضای آب در تولید محصول یونجه در دشت دهگلان. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۱۰(۳): ۲۳-۵۴.

کرباسی، ع. و رفیعی‌دارانی، ه. ۱۳۹۳. بررسی تغییراجزای تقاضای نهایی اقتصاد برمصرف آب در بخش کشاورزی: تحلیل داده-ستانده در استان خراسان رضوی. اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۲۲(۸۵): ۳۷-۶۳.

مرکز آمار ایران. سالنامه آماری سال‌های ۱۳۷۵ الی ۱۳۹۶. انتشار مرکز آمار ایران. تهران.

مظفری، م. ۱۳۹۵. مدیریت تقاضای آب آبیاری در دشت اردلان با تأکید بر سیاست قیمت‌گذاری. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۵(۴): ۴۷-۶۸.

نهاوندی، ن. و احمدیان، ع. ۱۳۹۸. تحلیل دینامیک تقاضای آب: مطالعه موردی شهر قم. تحقیقات منابع آب ایران، ۱۵(۱): ۳۷۲-۳۷۷.

Allan G.J., McGrane S.J., Roy G. and Bae, T. M. 2020. Scotland's industrial water use: Understanding recent changes and examining the future. Environmental Science & Policy, 106: 48-57.

Ang B. W. 1994. Decomposition of industrial energy consumption: The energy intensity approach. Energy. Economics, 16 (3): 163-174.

Ang B. and Choi K.-H. 1997. Decomposition of aggregate energy and gas emission intensities for industry: A refined Divisia index method. Energy Journal, 18(3): 59-73.

Ang B and Zhang, F. Q. 2000. A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies. Energy, 25(12): 1149-1176

Ang B. 2004. Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method? Energy policy, 32(9): 1131-1139.

Bazza M. and Najib R. 2003. Towards improved water demand management in agriculture in the Syrian Arab Republic. In First National Symposium on Management and Rationalization of Water Resources Use in Agriculture, Damascus.

Bijl D. L., Bogaart P. W., Kram T., de Vries B. J. and van Vuuren D. P. 2016. Long-term water demand for electricity, industry and households. Environmental Science & Policy, 55: 75-86.

Boyd G. A., Hanson D. A. and Sterner T. 1988. Decomposition of changes in energy intensity: A comparison of the Divisia index and other methods. Energy Economics, 10(4): 309-312.

Cazcarro I., Duarte, R. and Sánchez-Chóliz J. 2013. Economic growth and the evolution of water consumption in Spain: A structural decomposition analysis. Ecological Economics, 96: 51-61.

Fan J. L., Wang J. D., Zhang X., Kong L. S. and Song Q. Y. 2019. Exploring the changes and driving forces of water footprints in China from 2002 to 2012: a perspective of final demand. Science of the total environment, 650: 1101-1111.

FAO. 2009. Water at a Glance. The relationship between water, agriculture, food security and poverty. Water Development and Management Unit, Food and Agriculture Organization of the United Nation. Rome, Italy.

FAO. 2017. headquarters in Rome, Italy, the partners and stakeholders of the Global Framework for Action to Cope with Water Scarcity in Agriculture in a Changing Climate (the Global Framework) agree to this statement.

Feng L., Chen B., Hayat T., Alsaedi A. and Ahmad B. 2017. The driving force of water footprint under the rapid urbanization process: a structural decomposition analysis for Zhangye city in China. Journal of Cleaner Production, 163: S322-S328.

González P. F., Landajo M. and Presno M. J. 2014. The Driving Forces of Change in Environmental Indicators: An Analysis Based on Divisia Index Decomposition Techniques. Vol. 25. Springer, Spain.

Pollution Research, 28(16): 20839-20853.

Sun J.W. 1998. Changes in energy consumption and energy intensity: a complete decomposition model. Energy economics, 20(1): 85-100.

Sun S., Fu G., Bao C. and Fang C. 2019. Identifying hydro-climatic and socioeconomic forces of water scarcity through structural decomposition analysis: a case study of Beijing city. Science of the total environment, 687: 590-600.

Vallee D., Margat J., Eliasson A. and Hoogeveen J. 2003. Review of world water resources by country. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Italy.

Wang X. J., Zhang J. Y., Shahid S., Bi S. H., Elmahdi A., Liao C. H. and Li Y. D. 2018. Forecasting industrial water demand in Huaihe River Basin due to environmental changes. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 23(4): 469-483.

Wang Q. and Wang X. 2020. Moving to economic growth without water demand growth--a decomposition analysis of decoupling from economic growth and water use in 31 provinces of China. Science of The Total Environment, 726: 138362.

Water U. N. 2018. Nature-based solutions for water. The United Nations World water development Report. Nairobi, Kenya.

Weerasooriya R. R., Liyanage L. P. K., Rathnappriya R. H. K., Bandara W. B. M. A. C., Perera T. A. N. T., Gunarathna M. H. J. P. and Jayasinghe G. Y. 2021. Industrial water conservation by water footprint and sustainable development goals: a review. Environment, Development and Sustainability, 1-49.

Wood R. and Lenzen M. 2006. Zero-value problems of the logarithmic mean divisia index decomposition method. Energy Policy, 34: 1326-1331.

Yao L., Xu J., Zhang L., Pang Q. and Zhang, C. 2019. Temporal-spatial decomposition computing of regional water intensity for Yangtze River Economic Zone in China based on LMDI model. Sustainable Computing: Informatics and Systems, 21: 119-128.

Griffin R. C. 2006. Water resource economics: The analysis of scarcity, policies, and projects. MIT press. London.

Incera, A. C., Avelino, A. F., & Solís, A. F. 2017. Gray water and environmental externalities: International patterns of water pollution through a structural decomposition analysis. Journal of cleaner production, 165: 1174-1187.

Li Y., Wang S. and Chen B. 2019. Driving force analysis of the consumption of water and energy in China based on LMDI method. Energy Procedia, 158: 4318-4322.

Li J., Fei L., Li S., Xue C., Shi Z. and Hinkelmann R. 2020. Development of "water-suitable" agriculture based on a statistical analysis of factors affecting irrigation water demand. Science of The Total Environment, 744, 140986.

Liu X. Q., Ang B. W. and Ong H. L. 1992. The application of the Divisia index to the decomposition of changes in industrial energy consumption. Energy Journal, 13(4): 161-177.

Long H., Lin B., Ou Y. and Chen Q. 2019. Spatio-temporal analysis of driving factors of water resources consumption in China. Science of the Total Environment, 690: 1321-1330.

Machado C. H., Bilotta P. and do Amaral K. J. 2020. Mapping the Industrial Water Demand from Metropolitan Region of Curitiba (Brazil) for Supporting the Effluent Reuse from Wastewater Treatment Plants. In International Business, Trade and Institutional Sustainability. Springer, Cham.

Naspolini G. F., Ciasca B. S., La Rovere E. L. and Pereira Jr A. O. 2020. Brazilian Environmental-Economic Accounting for Water: a structural decomposition analysis. Journal of Environmental Management, 265: 110508.

Shi C., Zeng X., Yu Q., Shen J. and Li A. 2021. Dynamic evaluation and spatiotemporal evolution of China's industrial water use efficiency considering undesirable output. Environmental Science and