Journal of Iranian Economic Issues, Institute for Humanities and Cultural Studies (IHCS)
Biannual Journal, Vol. 9, No. 2, Autumn and Winter 2022-2023, 153-175
Doi: 10.30465/ce.2022.41182.1781

Factors Affecting the Water Consumption of the Industrial Sector in the Provinces of Iran:

Evidence of the Environmental Kuznets Hypothesis

Asma Shirkhani[*]

Ali Sayehmiri[**], **Mohammad Oshani**[***]

Abstract

The water crisis is one of the main problems in Iran. Therefore, the development of national policies and monitoring and control in the integrated management of water resources should be socially desirable, environmentally sustainable and economically efficient. In this study, using the data from the period 2013 to 2014 and the generalized moments method (GMM), in addition to investigating the hypothesis of the Kuznets environmental curve, taking into account the water consumption in the provinces of Iran, to investigate the effect of the value-added variables of industry and trade (As economic factors), urbanization, government size (as social factors), annual rainfall and temperature (as ecological factors) on water consumption in the industrial sector of Iran's provinces have been studied. The results of the research show that there is no significant relationship between the amount of trade, the added value of the industrial sector and its square with the water consumption of the industrial sector in the provinces of Iran and the non-confirmation of the Kuznets environmental curve hypothesis in the industrial sector. The results also show a significant inverse effect of government size

* Master of Economic Energy, Faculty of Literature and Human Science, Ilam University, asma.shirkhani2018@gmail.com

** Associate Professor, Department of Economics, Faculty of Literature and Human Science, Ilam University (Corresponding Author), a.sayehmiri@ilam.ac.ir

*** Assistant Professor, Department of Economics, Faculty of Literature and Human Science, Ilam University, oshani.ff@gmail.com

Date received: 2022/05/03, Date of acceptance: 2022/11/01

and temperature and a significant positive effect of urbanization and precipitation on water consumption in the industrial sector in Iran's provinces. Therefore, it is necessary for the industries of each province to carry out industrial planning according to their local natural, social and economic conditions and according to the capacity of water resources and be under strict supervision and stricter rules should be applied to the use of water resources.

Keywords: Sustainable Development, Kuznets Hypothesis, Water Consumption, Industry Sector.

JEL Classification: Q01, F60, Q25, L00.

بررسی مسائل اقتصاد ایران، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
دوفصل‌نامهٔ علمی (مقالهٔ پژوهشی)، سال ۹، شمارهٔ ۲، پاییز و زمستان۱۴۰۱

عوامل مؤثر در مصرف آب بخش صنعت در استان‌های ایران: شواهدی از فرضیهٔ زیست‌محیطی کوزنتس

اسما شیرخانی*

علی سایه‌میری، محمد اوشنی*****

چکیده

بحران آب یکی از مسائل اصلی ایران است. بنابراین، تدوین سیاست‌های ملی منابع آبی باید از نظر اجتماعی مطلوب، از نظر محیط‌زیستی پایدار، و از نظر اقتصادی کارآمد باشد. در این مطالعه با استفاده از داده‌های دورهٔ ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۴ و روش گشتاورهای تعمیم‌یافته، علاوه‌بر فرضیهٔ زیست‌محیطی کوزنتس با درنظرگرفتن مصرف آب در استان‌های ایران، به بررسی تأثیر متغیرهای ارزش افزودهٔ صنعت و تجارت (به‌عنوان عوامل اقتصادی)، شهرنشینی، اندازهٔ دولت (به‌عنوان عوامل اجتماعی)، میزان بارش و دمای سالانه (به‌عنوان عوامل اکولوژی) در مصرف آب بخش صنعت استان‌های ایران پرداخته شده است. نتایج تحقیق حاکی از نبود رابطهٔ معنادار بین میزان تجارت، ارزش افزودهٔ بخش صنعت، و مجذور آن با مصرف آب بخش صنعت در استان‌های ایران و تأییدنشدن فرضیهٔ زیست‌محیطی کوزنتس در بخش صنعت است. نتایج هم‌چنین نشان‌دهندهٔ تأثیر معکوس معنادار اندازهٔ دولت و میزان دما و تأثیر مثبت معنادار شهرنشینی و میزان بارش در مصرف آب بخش صنعت در استان‌های ایران است. بنابراین، لازم است صنایع هر استان باتوجه‌به شرایط طبیعی، اجتماعی، و اقتصادی محلی خود و متناسب

* کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه ایلام
asma.shirkhani2018@gmail.com
** دانشیار گروه اقتصاد، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه ایلام (نویسندهٔ مسئول)
a.sayehmiri@ilam.ac.ir
*** استادیار گروه اقتصاد، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه ایلام، oshani.ff@gmail.com
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۳، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۱۰

با ظرفیت منابع آب برنامه‌ریزی صنعتی انجام دهند و تحت نظارت دقیق قرار گیرند و قوانین سخت‌گیرانه‌تری درقبال استفاده از منابع آب اعمال شود.

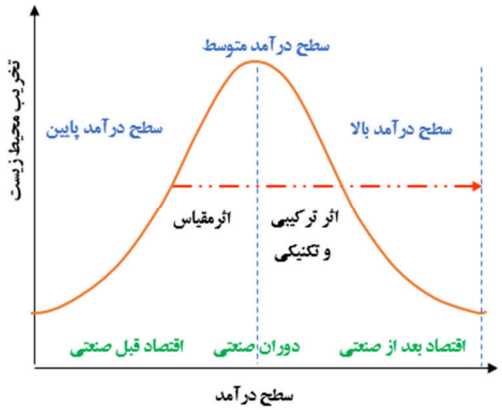
کلیدواژه‌ها: توسعهٔ پایدار، فرضیهٔ کوزنتس، مصرف آب، بخش صنعت.

طبقه‌بندی JEL: Q01، F60، Q25، L00.

۱. مقدمه

منابع طبیعی در تأمین مواد اولیه برای تولید کالاها و خدمات در نظام اقتصادی بسیار حیاتی‌اند. آن‌ها قادرند در سیستم تولید، الگوی مصرف، و رفاه استان‌ها تغییرات اساسی ایجاد کنند و جزء جدایی‌ناپذیر هر بحث درمورد رشد یا توسعهٔ اقتصادی به‌شمار می‌روند. بسیاری از مناطق جهان تضاد شدیدی بین توسعهٔ پایدار اقتصادی و دردسترس‌بودن منابع تجربه کرده‌اند (Zhang et al. 2018: 1) که ایران نیز از این قاعده مستثنا نیست. این موضوع بحث‌های قابل‌توجهی را درمورد نقش منابع طبیعی در توسعهٔ اقتصادی پایدار برانگیخته است. محققان متعددی بر این باورند که منابع طبیعی را نمی‌توان به‌راحتی با تلاش انسان جای‌گزین کرد و کل موجودی منابع طبیعی باید به بهای کاهش رشد اقتصادی حفظ شود (Selden and Song 1994; Arrow et al. 1995; Barbier 1997; Cole et al. 1997; Ekins et al. 2003; Dietz and Neumayer 2007; Dedeurwaerdere 2014)، اما برخی دیگر از محققان معتقدند که نظام اقتصادی درنهایت با بهبود کارآیی، تجدید ساختار صنعتی، و مدیریت کارآمد منابع طبیعی یا ابزارهای سیاسی بر کاهش منابع و تخریب محیط‌زیست غلبه خواهد کرد (Beckerman 1992; Lopez 1994; Panayotou 1995; Stern et al. 1996; Andreoni and Levinson 2001). امنیت آب نه‌تنها مستلزم وجود و دست‌رسی کافی به کیفیت ایمن و قابل‌قبول برای مصارف خانگی است، بلکه به توزیع عادلانهٔ آن هم مرتبط است (Mao et al. 2022). کوزنتس (Kuznets 1955) نخستین بار رابطهٔ بین نابرابری درآمدی و رشد اقتصادی را بررسی کرد و موفق به استخراج منحنی U وارونه برای ارتباط بین این دو متغیر شد. پس‌ازآن اقتصاددانان زیادی تلاش کردند با استفاده از ایدهٔ کوزنتس ارتباط بین رشد اقتصادی و تخریب محیط‌زیست را تبیین کنند. مفهوم (Environmental Kuznets Curve/ EKC) ابتدا توسط گروگر و گروسمن (Grossman and Krueger 1991) مطرح شد. در فرضیهٔ EKC بیان می‌شود که در مراحل ابتدای رشدِ اقتصادی کشورها، تخریب محیط‌زیست (در این‌جا مصرف آب) افزایش می‌یابد و این تخریب تا رسیدن به سطح درآمد متوسط ادامه دارد، اما بعدازآن ثروت‌مندترشدن کشورها

می‌تواند سبب کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی شود. مطالعات مختلفی (حیدری و دیگران ۱۳۹۹؛ Cole 2004؛ Katz 2015) بیان می‌دارند که بررسی تأثیر درآمد سرانه در مصرف سرانهٔ آب اساساً مبتنی‌بر تجزیه‌وتحلیل رابطهٔ U معکوس کوزنتس است و می‌توان با کمی اغماض منحنی کوزنتس را برای مطالعهٔ رابطهٔ درآمد و استفاده از منابع آب (در این‌جا مصرف آب) به‌کار برد. نمودار ۱ فرضیهٔ زیست‌محیطی کوزنتس را نشان می‌دهد.

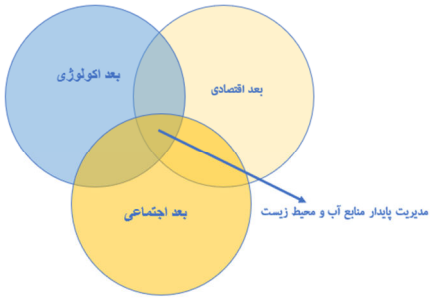


شکل ۱. منحنی زیست‌محیطی کوزنتس

منبع: Sarkodie and Strezov 2019

براساس نمودار ۱ منحنی زیست‌محیطی کوزنتس ارتباط درآمد سرانه و تخریب محیط‌زیست (در این‌جا مصرف آب) در قالب منحنی شکل وارون به سه اثر یا عامل نسبت داده می‌شود که عبارت‌اند از: اثر مقیاس (Scale Effect/ SE)، اثر ترکیبی (Composition Effect/ CE)، و اثر تکنیکی (Technical Effect/ TE). اثر مقیاس بیان‌گر حالتی است که در آن با افزایش مقیاس اقتصادی و ثابت‌بودن سایر عوامل میزان آلودگی افزایش خواهد یافت؛ قسمت صعودی منحنی کوزنتس حاصل اثر مذکور است. اثر ترکیبی دلالت بر آن دارد که هم‌گام با توسعهٔ اقتصادی و افزایش درآمد سرانه، ساختار یا سهم بخش‌های مختلف اقتصاد به‌نفع صنایع و بخش‌های پاک‌تر (مانند بخش خدمات یا صنایعی با فناوری پیشرفته) تغییر می‌کند. ازآن‌جاکه شدت به‌کارگیری استفاده از منابع طبیعی در این فعالیت‌ها پایین‌تر است، این امر به کاهش نسبی استفاده از این منابع (در این‌جا آب شیرین) منجر خواهد شد. درنهایت، مطابق اثر تکنیکی (در این‌جا آب شیرین) با افزایش درآمد، تقاضای فزاینده‌ای برای مقررات و ضوابط زیست‌محیطی شکل می‌گیرد. براثر این مقررات و ضوابطِ سخت‌گیرانه، شدت به‌کارگیری و

استفاده از منابع طبیعی نظیر منابع آب شیرین کاهش می‌یابد و به‌علاوه تکنیک تولید به‌منظور کاهش آلودگی‌ها اصلاح و تقویت می‌شود. ازاین‌رو، طیف گسترده‌ای از استراتژی‌ها ازجمله بهبود فناوری، تعدیل اقتصادی، تدوین سیاست، حکمرانی خوب، و ایجاد زیرساخت‌های مناسب برای حفاظت از منابع طبیعی در کشورهای مختلف استفاده می‌شود (Birkmann et al. 2010; Chu 2016; Hetz 2016). ساختار صنعتی یکی از عوامل اساسی است که به رشد اقتصادی با استفاده از منابع مربوط می‌شود، زیرا صنایع واحدهای نهایی مصرف‌کنندهٔ منابع در فرایند تولیدند و ترکیبات مختلف بخش‌ها با شدت منابع مختلف در مقیاس استفاده متفاوت است. چندین مطالعه بهینه‌سازی ساختار صنعتی را به‌عنوان یک معیار انطباقی در پاسخ به محدودیت‌های منابع و محیط بررسی می‌کنند (San Cristóbal 2010; Hristu-Varsakelis et al. 2010; Zhou et al. 2013; Mi et al. 2015). ارتقای ساختار صنعتی به‌معنای درجهٔ هماهنگی بین صنایع مختلف و برقراری ارتباط بین ساختار نهاده و ستاده در نظام تولید است (Hong et al. 2019: 2). درحال‌حاضر، بحران آب یکی از مسائل اصلی اقتصاد ایران محسوب می‌شود. بااین‌حال، منابع آب به‌ندرت به‌عنوان یک عامل تأثیرگذار در توسعهٔ اقتصادی در نظر گرفته شده است که نشان‌دهندهٔ ناآگاهی از اهمیت آن است. برای استان‌هایی که تضاد شدید بین رشد اقتصادی و دسترسی به آب را تجربه می‌کنند، اگرچه این تضاد لزوماً در توسعهٔ منطقه‌ای کنونی تأثیر نمی‌گذارد، اما در تأثیرگذاری در توسعهٔ پایدار در بلندمدت بسیار مهم خواهد بود (Zhang et al. 2018). نظامی و دیگران (Nizami et al. 2021) بر نقش دولت تأکید دارند و معتقدند نقش دولت در ترویج استفادهٔ پایدار از منابع آب در بخش صنعت شامل مدیریت کلی آب در سطح ملی و استانی است. آن‌ها معتقدند اگرچه وظیفهٔ دولت تأمین آب برای همه و حفاظت از محیط‌زیست منابع آبی است، عمدهٔ وظیفهٔ صنایع کاهش مصرف آب و کاهش تأثیر آن در محیط‌زیست است.



شکل ۲. دست‌یابی به مدیریت پایدار منابع آب و محیط‌زیست

منبع: Nizami et al. 2021

نظامی و دیگران (Nizami et al. 2021) با ارائهٔ شکل ۱ توضیح دادند که علاوه‌بر تدوین سیاست‌های ملی منابع آب و نظارت بر مقررات مدیریت آب، دولت‌ها اغلب مسئول تخصیص آب برای مصارف رقابتی‌اند. برای انجام‌گرفتنِ مؤثر این وظیفه و برای حمایت از تلاش‌های بخش خصوصی درجهت استفادهٔ پایدار از آبَ آن‌ها بیان داشتند که دولت‌ها ابتدا باید نحوهٔ عملکرد صنعت را برای تدوین سیاست‌ها و قوانین تشویق کارآیی و شفافیت در استفادهٔ صنعتی از آب درک کنند، زیرا هدف این سیاست‌ها یک برد سه‌گانه در مشارکت عمومی ــ خصوصی است. بنابراین، این سیاست‌ها باید از نظر اجتماعی مطلوب، از نظر محیط‌زیستی پایدار، و از نظر اقتصادی هم برای دولت و هم برای صنعت مناسب باشند. ازاین‌رو، حکمرانی آب یک موضوع مهم است که توسعه و مدیریت منابع آب را در سطوح مختلف جامعه تنظیم می‌کند و منابع را به‌سمت وضعیت مطلوب هدایت می‌کند (Pahl-Wostl 2017: 19-29). مطالعهٔ حاضر از جنبه‌های مختلف به ادبیات اقتصادی موجود کمک می‌کند؛ اول این‌که این اولین مطالعه در نوع خود است که به بررسی رابطهٔ ارزش افزودهٔ بخش صنعت و مصرف آب استان‌های ایران در چهارچوب فرضیهٔ زیست‌محیطی کوزنتس با استفاده از داده‌های پانل می‌پردازد. دوم همان‌گونه‌که در شکل ۱ نمایش داده شده است دست‌یابی به مدیریت پایدار منابع آب و محیط‌زیست تحت‌تأثیر عوامل اقتصادی، اجتماعی، و اکولوژی است که در تحقیق حاضر متغیرهای ارزش افزودهٔ بخش صنعت و تجارت (به‌عنوان نمایندهٔ عوامل اقتصادی)، جمعیت و اندازهٔ دولت (به‌عنوان نمایندهٔ عوامل اجتماعی)، و میزان بارش و دمای سالانه (به‌عنوان نمایندهٔ عوامل اکولوژی) وارد مدل مورداستفاده در تحقیق شده‌اند که تاکنون در مطالعات مرتبط با آب نادیده گرفته شده‌اند. درنهایت، در تحقیق حاضر یک بحث سیاستی در زمینهٔ موضوع تحقیق ارائه می‌شود که به سیاست‌گذاران کشور کمک خواهد کرد. تحقیق حاضر در پنج بخش سازمان‌دهی شده است. در بخش حاضر، علاوه‌بر بیان مسئله اهمیت و ضرورت انجام تحقیق ارائه شده است. در بخش دوم، ادبیات موضوع تحقیق ارائه می‌گردد. در بخش سوم به روش تحقیق و در بخش چهارم به برآورد مدل و نتایج آن پرداخته می‌شود. درنهایت، در بخش پنجم به نتیجه‌گیری و ارائهٔ پیش‌نهادهای مرتبط با نتایج تحقیق پرداخته می‌شود.

۲. ادبیات موضوع

در سال‌های اخیر مسئلهٔ کمبود آب به‌تنهایی مطرح نیست، بلکه پی‌آمدها و چالش‌های هم‌راه این موضوع هم‌چون مهاجرت، ناهنجاری‌های اجتماعی، جنگ، و پی‌آمدهای زیست‌محیطی نیز

موجبات دغدغهٔ کارشناسان شده است (حیدری و دیگران ۱۳۹۹: ۱۶۵) که این محدودیت‌های زیست‌محیطی و اقتصادی ناشی از کمبود آب می‌تواند تولید و رشد اقتصادی را محدود کند (Partha 2001; Sachs et al. 2004). بنابراین، تطبیق دردسترس‌بودن و تقاضای آب یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی در قرن بیست‌ویکم است (Vörösmarty et al. 2010; Rockström et al. 2009). آب مصرف‌شده در فرایند تولید یک محصول کشاورزی یا صنعتی را «آب مجازی» موجود در محصول می‌نامند. اگر کشوری یک محصول پرمصرف آب را به کشور دیگری صادر کند، آب را به‌صورت مجازی صادر می‌کند. به این ترتیب، برخی از کشورها از کشورهای دیگر برای آب موردنیاز خود کمک می‌گیرند. برای کشورهای کم‌آب، دست‌یابی به امنیت آبی با واردات محصولات پرمصرف آب به‌جای تولید تمام محصولات آب‌خواه در داخل می‌تواند جذاب باشد. علاوه‌براین، کشورهای غنی از آب می‌توانند از منابع آبی فراوان خود با تولید محصولات پرمصرف آب برای صادرات سود ببرند. تجارت آب واقعی بین مناطق پرآب و فقیر به‌دلیل فواصل زیاد و هزینه‌های مرتبط به‌طور کلی غیرممکن است، اما تجارت محصولات پرمصرف آب (تجارت آب مجازی) واقع‌بینانه است. بنابراین، تجارت آب مجازی بین کشورها و حتی قاره‌ها می‌تواند به‌طور ایدئال به‌عنوان ابزاری برای بهبود بهره‌وری مصرف جهانی آب، دست‌یابی به امنیت آب در مناطق کم‌آب جهان، و کاهش محدودیت‌های محیط‌زیست با استفاده از بهترین مکان‌های تولید استفاده شود (Zimmer and Renault 2003: 1). جیا و دیگران (Jia et al. 2006) معتقدند که رشد جمعیت و توسعهٔ اقتصادی دو نیروی محرکهٔ اصلی تقاضای آب به‌شمار می‌روند. آن‌ها بیان می‌دارند که در کشورهای درحال‌توسعه رشد سریع جمعیت، هم‌راه با اشتیاق برای توسعهٔ اقتصاد ملی، به‌طور معمول از طریق صنعتی‌شدن تقاضای زیادی برای آب اضافی ایجاد کرده است. این وضعیت مبنای بسیاری از پیش‌بینی‌ها درمورد افزایش قابل‌توجه استفاده از آب در صنعت بوده است (Zhang 1999). شیائو ـ جون و دیگران (Xiao-Jun et al. 2012) افزایش مداوم مصرف آب صنعتی جهانی را پیش‌بینی کردند و این نتایج توسط فلورک و دیگران (Flörke et al. 2013) تأیید شد. افزایش زیاد مصرف آب صنعت، به‌دلیل نیاز به سرمایه‌گذاری در تأسیسات تأمین آب، فشار بیش‌تری را بر منابع آبی و منابع مالی کشورها وارد می‌کند. بدیهی است که در بسیاری از کشورها رقابت برسر منابع آبی به انتقال مستمر آب کشاورزی به بخش صنعت و خانگی منجر شده است. محققان به اجماع رسیده‌اند که ارتقای صرفه‌جویی در مصرف آب و افزایش سرمایه‌گذاری در پروژه‌های حفاظت از آب اقداماتی است که به کشورهای توسعه‌یافته کمک کرده است تا بر محدودیت‌های منابع آب محدود در توسعهٔ اجتماعی ــ اقتصادی خود

غلبه کنند (Jia et al. 2006: 3). بااین‌حال، چنین پروژه‌هایی ممکن است مستلزم سرمایه‌گذاری‌های هنگفتی باشد که کشورهای درحال‌توسعه را، که با فقر درآمد روبه‌رو هستند، به‌چالش می‌کشد (Wang et al. 2015). بنابراین، کشورهای درحال‌توسعه به‌جای ساخت پروژه‌های صرفه‌جویی در مصرف آب سعی در حل بحران کم‌آبی از طریق قوانین اداری دارند (Fujii et al. 2012: 3). برای مثال، چین کنترل شدیدی را بر مصرف آب توسط صنایع اعمال کرده است و نتایج نشان می‌دهد که این کنترل‌ها مؤثرند، اما کافی نیستند (Shang et al. 2016: 2). درکنار مدیریت منابع آب، دما و بارش دو مورد از متداول‌ترین و احتمالاً مؤثرترین متغیرهای آب‌وهوایی مؤثر در مصرف آب به‌شمار می‌روند. مطالعات مختلفی بر اهمیت سطوح آستانهٔ دما و بارندگی در مدل‌سازی تقاضای آب تأکید دارند (Sarker et al. 2013: 3). برای مثال، میدمت و میائو (Maidment and Miaou 1986) بیان می‌دارند که بارندگی یک اثر پویا دارد. به این معنا که درابتدا تقاضای آب را کاهش می‌دهد، اما این اثر با گذشت زمان کاهش می‌یابد. از سال ۱۹۹۰ به بعد منحنی کوزنتس در بحث محیط‌زیست کاربرد فراوان یافت که در آن رابطهٔ آلودگی محیط‌زیست و رشد اقتصادی (تولید سرانه) ارزیابی می‌شود و تحت عنوان منحنی کوزنتس محیط‌زیست مشهور است. روک (Rock 1998) بیان می‌دارد که درخصوص مسئلهٔ مصرف آب و منابع آن، جوامع سه فاز مختلف را طی می‌کنند. در فاز اول، که مراحل اولیهٔ توسعهٔ اقتصادی و اجتماعی است، میزان منابع آب و لزوم حفظ و یا تجدید آن چندان موردنظر جوامع نیست و مدیریت هدف‌داری درمورد آن دیده نمی‌شود. در این مرحله، جامعه از میزان عرضهٔ آب و کاهش منابع آبی نگرانی ندارد. در فاز دوم، که هم‌راه با رشد و توسعهٔ اقتصادی است، افزایش جمعیت و نیاز به مواد غذایی و تولیدی در جامعه بیش‌تر می‌شود و چون حجم منابع آبی دردست‌رس ثابت‌اند، نیازهای بشری به منابع موجود آب افزایش می‌یابند. در مرحلهٔ سوم، بحث مصرف آب و نحوهٔ مدیریت آن اهمیت می‌یابد. در این مرحله، هزینهٔ دست‌رسی به آبِ شرب و تازه برای جامعه افزایش می‌یابد و جامعه به‌دنبال حل مشکلات کم‌آبی و احیای منابعِ زیرزمینی و یا حداقل مدیریت بهینهٔ منابع آبی است. مرحلهٔ اول و دوم را می‌توان در قالب منحنی کوزنتس در رابطهٔ مستقیم بین مصرف آب و تولید اقتصادی توضیح داد (معبودی و حسنوند ۱۳۹۸: ۴۴). افزایش تولید و درآمد و افزایش سطح توسعهٔ جامعه با افزایش مصرف آب هم‌راه است، اما زمانی‌که اقتصاد با مسائل بهینگی در مصرف آب و حداقل‌کردن هزینه‌های مصرف آب هم‌راه با تولید بیش‌تر روبه‌رو می‌شود، اقتصاد به نقطهٔ چرخش منحنی کوزنتس نزدیک می‌شود. اتخاذ سیاست‌های مناسب مدیریت مصرف آب در بخش‌های مختلف و استفاده از فناوری‌های مناسب باعث می‌شوند تا اقتصاد بین مصرف منابع آبی و درآمد رابطه‌ای

منفی را تجربه کند. در این مرحله، که فاز سوم روک (Rock 1998) است، هم‌راه با افزایش رشد و سطح توسعهٔ اقتصادی میزان مصرف منابع آبی کاهش می‌یابد. مطالعات مختلفی در سال‌های اخیر به بررسی فرضیهٔ زیست‌محیطی کوزنتس با درنظرگرفتن مصرف آب پرداخته‌اند (ارباب و عباسی‌فر ۱۳۸۸؛ معبودی و حسنوند ۱۳۹۸؛ حیدری و دیگران ۱۳۹۹؛ Cole 2004؛ Barbier 2004؛ Duarte et al. 2013؛ Katz 2015؛ Zhao et al. 2017؛ Hao et al. 2019). بااین‌حال، منابع آب به‌ندرت به‌عنوان یک عامل تأثیرگذار در توسعهٔ اقتصادی استان‌های کشور باتوجه‌به فرضیهٔ زیست‌محیطی کوزنتس در نظر گرفته شده است که نشان‌دهندهٔ ناآگاهی از اهمیت آن است. درادامهٔ این بخش، پیشینهٔ علمیِ پژوهش‌های نظری و تجربی مربوط با مصرف آب و رشد اقتصادی در چهارچوب فرضیهٔ زیست‌محیطی کوزنتس ارائه می‌شود.

حیدری و دیگران (۱۳۹۹) در مقالهٔ خود اثر رشد اقتصادی بر مصرف منابع آب در چهارچوب منحنی زیست‌محیطی کوزنتس را با استفاده از داده‌های بازهٔ زمانی ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۲ در شصت کشور و رویکرد داده‌های تلفیقی با اثرات ثابت بررسی کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد که میان رشد اقتصادی و مصرف آب رابطه‌ای زنگوله‌ای وجود دارد که با فرضیهٔ منحنی زیست‌محیطی کوزنتس سازگار است، به‌گونه‌ای‌که با افزایش درآمد سرانهٔ مصرف آب تا نقطهٔ بیشینه افزایش و با ادامهٔ رشد اقتصادی مصرف آب کاهش می‌یابد. دو متغیر کنترلیِ نسبت زمین‌های کشاورزی و هم‌چنین نسبت جمعیت شهرنشین به‌عنوان دو عامل کلیدی مصرف آب در پژوهش آن‌ها برای کشورهای منتخب و ایران بررسی شد که نسبت زمین‌های کشاورزی در آزمونِ انجام‌گرفته متغیری بی‌معنی درطول زمان بوده و نسبت جمعیت شهرنشین با مصرف آب رابطهٔ مثبت و معنادار داشت.

معبودی و حسنوند (۱۳۹۸) در مقالهٔ خود، با عنوان «ارتباط ارزش افزودهٔ اقتصادی و مصرف آب در بخش کشاورزی و صنعت»، با استفاده از داده‌های سری زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۵ و روش Bootstrap رگرسیون کوانتایل به بررسی رابطهٔ بین مصرف آب و ارزش افزودهٔ بخش‌های کشاورزی و صنعت برپایهٔ فرضیهٔ منحنی کوزنتس پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد که طی دورهٔ موردمطالعه رابطهٔ Uشکل بین مصرف آب و ارزش افزودهٔ بخش کشاورزی وجود دارد که با فرضیهٔ منحنی کوزنتس سازگار است، اما رابطهٔ بین ارزش افزوده و مصرف آب در بخش صنعت به‌صورت خطی مثبت و معنادار است. ازاین‌رو، فرضیهٔ منحنی کوزنتس در بخش صنعت تأیید نمی‌شود.

ارباب و عباسی‌فر (۱۳۸۸) براساس منحنی زیست‌محیطی کوزنتس رابطهٔ آلودگی آب و رشد اقتصادی در کشورهای درحال‌توسعه و توسعه‌یافته را با استفاده از روش پانل و داده‌های

بازهٔ زمانی ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۱ بررسی کردند. نتایج تحقیق او نشان می‌دهد که شرایط اقتصادی حاکم بر هردو گروه از کشورها منطبق با منحنی کوزنتس است و از آن پیروی می‌کند. آن‌ها بیان کردند که تمام کشورهای توسعه‌یافته از نقطهٔ برگشت منحنی عبور کرده‌اند. به‌بیان‌دیگر، رابطهٔ آلودگی آب و درآمد سرانهٔ آن‌ها منفی است و با افزایش رشد اقتصادی و درآمد سرانهٔ این کشورها کیفیت آب بهبود یافته است. سطح درآمد سرانهٔ کشورهای درحال‌توسعه در نقطهٔ بازگشت فنی کوزنتس ۹۰۱ دلار بوده است. بررسی آماری آن‌ها نشان می‌دهد که بسیاری از کشورهای این گروه، ازجمله ایران، هنوز به نقطهٔ برگشت فنی کوزنتسِ خود نرسیده‌اند. بنابراین، رابطهٔ درآمد ملی سرانه و آلودگی آب مثبت است و با رشد اقتصادیَ و افزایش درآمد ملی سرانه سطح آلودگی آب افزایش می‌یابد.

کول (Cole 2004) در مقالهٔ خود، با عنوان «رشد اقتصادی و مصرف آب»، سعی کرده است به این سؤالات پاسخ دهد: اول، آیا بین مصرف آب و درآمد رابطه‌ای نظام‌مند وجود دارد یا خیر؟ دوم، آیا بین مصرف آب و رشد اقتصادی رابطهٔ Uشکل معکوس وجود دارد؟ او به این نتیجه رسید که امکان وجود رابطهٔ معکوس میان رشد اقتصادی و مصرف آب وجود خواهد داشت و این مسئله برای کشورهای توسعه‌یافته صادق است، اما به‌نظر می‌رسد کشورهای درحال‌توسعه برای سال‌های زیادی در مرحلهٔ افزایش مصرف آب درمقابل افزایش رشد اقتصادی خواهند بود. به‌عبارت‌دیگر، کشورهای درحال‌توسعه تا نقطهٔ بازگشت منحنی راه درازی را در پیش خواهند داشت.

باربیر (Barbier 2004) در مقالهٔ خود، با عنوان «آب و رشد اقتصادی»، با استفاده از مدل‌های رشد و با داده‌های مقطعی کشورهای منتخب به‌دنبال پاسخ به این سؤال است که آیا کمبود آب ممکن است محدودیت‌های را بر رشد اقتصادی تحمیل کند؟ نتایج تحقیق او نشان می‌دهد که اگرچه بین مصرف آب و رشد اقتصادی رابطهٔ U معکوس وجود دارد، برای تعداد محدودی از کشورها کمبود آب ممکن است رشد اقتصادی را تحت‌تأثیر قرار دهد.

دوارت و دیگران (Duarte et al. 2013) با استفاده از روش PSTR دربین ۶۵ کشور و برای داده‌های ۱۹۶۲ تا ۲۰۰۸ به بررسی مصرف آب و درآمد سرانه پرداخته‌اند. در این پژوهش، از دو متغیر دیگر به‌غیراز درآمد سرانه برای توضیح مصرف آب استفاده شده است که عبارت‌اند از مقدار بارش و آزادی سیاسی. این پژوهش درنهایت بین مصرف سرانهٔ آب و درآمد سرانه به رابطه‌ای غیرخطی رسیده که به‌صورت U معکوس بوده است. درنتیجه، وجود منحنی زیست‌محیطی کوزنتس برای مصرف آب در این مطالعه تأیید شده است.

کاتز (Katz 2015) در مقالهٔ خود، با عنوان «استفاده از آب و رشد اقتصادی؛ بازنگری در رابطهٔ منحنی کوزنتس زیست‌محیطی»، با انتخاب سه مجموعه‌دادهٔ گوناگون اعم از ۱۴۶ کشور جهان، کشورهای OECD، و ۴۸ ایالت کشور آمریکا و با انجام روش‌های دادهٔ مقطعی و پانل در برداشت آب و به‌کارگیری هردو روش حداقل مربعات و تحلیل رگرسیون ناپارامتری وجود فرضیهٔ زیست‌محیطی کوزنتس را تأیید کرد. او هم‌چنین تأکید کرد که نتایج به مجموعه‌داده‌ها و روش‌های آماری به‌شدت وابسته است.

زو و دیگران (Zhao et al. 2017) در مقالهٔ خود، با عنوان «نوع رابطهٔ کوزنتس بین مصرف آب و رشد اقتصادی در چین»، با استفاده از داده‌های بازهٔ زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۴ رابطهٔ بین مصرف آب و رشد اقتصادی را بررسی کردند. آن‌ها از پنج عامل جمعیت، ثروت، فناوری، شهرنشینی، و ساختار صنعتی به‌عنوان محرک‌های مصرف آب استفاده کردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد که جمعیت و فناوری مهم‌ترین عوامل مصرف آب در چین هستند و هم‌چنین بین مصرف آب و رشد اقتصادی در چین رابطهٔ کوزنتس وجود دارد.

هائو و دیگران (Hao et al. 2019)، با استفاده از داده‌های ۲۹ استان کشور چین در بازهٔ زمانی ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۴ به بررسی رابطهٔ مصرف آب و رشد اقتصادی در چهارچوب فرضیهٔ محیط‌زیستی کوزنتس پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان می‌دهد که رابطهٔ بین مصرف سرانهٔ آب و تولید ناخالص داخلی در چین به‌شکل N است.

۳. روش تحقیق

مدل عمومی پژوهش‌ها در حوزهٔ منحنی کوزنتس به‌گونه‌ای است که در آن متغیر وابسته (که غالباً از انواع آلودگی است) با توان‌های گوناگون درآمد سرانه (تولید ناخالص داخلی) و متغیرهای دیگر توضیحی در ارتباط است (حیدری و دیگران ۱۳۹۹: ۱۶۶). باوجوداین، همان‌گونه‌که دونگ و هائو (Dong and Hao 2018: 210) بیان می‌دارند، استفاده از جامعهٔ آماری (کشور، استان، یا شهر) و متغیرهای متفاوت می‌تواند نتایج متفاوتی در بحث منحنی کوزنتس زیست‌محیطی به‌همراه داشته باشد. بنابراین، در پژوهش حاضر برای اولین بار علاوه‌بر بررسی فرضیهٔ زیست‌محیطی کوزنتس با درنظرگرفتن مصرف آب در سی استان ایران (شامل استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل، اصفهان، ایلام، بوشهر، تهران، چهارمحال و بختیاری، خراسان جنوبی، خراسان رضوی، خراسان شمالی، خوزستان، زنجان، سمنان، سیستان و بلوچستان، فارس، قزوین، قم، کردستان، کرمان، کرمانشاه،

کهگیلویه و بویراحمد، گلستان، گیلان، لرستان، مازندران، مرکزی، هرمزگان، همدان، و یزد) به بررسی تأثیر متغیرهای رشد اقتصادی و تجارت (به‌عنوان نمایندهٔ عوامل اقتصادی)، جمعیت و اندازهٔ دولت (به‌عنوان نمایندهٔ عوامل اجتماعی)، و میزان بارش و دمای سالانه (به‌عنوان نمایندهٔ عوامل اکولوژی) در مصرف آب بخش صنعت در این استان‌ها پرداخته می‌شود. گفتنی است که باتوجه‌به دست‌رس‌نبودن داده‌های مصرف آب برای رسیدن به این اهداف دورهٔ ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۴ در نظر گرفته شده است و استان البرز باتوجه‌به نبود داده از جامعهٔ آماری حذف شده است.

ازجمله روش‌های اقتصادسنجی مناسب برای حل یا کاهش مشکل درون‌زابودن شاخص‌ها و هم‌بستگی بین متغیرهای تحقیق تخمین مدل با استفاده از روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (Generalized Method of Moments/ GMM) داده‌های تابلویی پویا (dynamic panel data) است. به‌کاربردن روش GMM داده‌های تابلویی پویا مزیت‌هایی مانند لحاظ‌کردن ناهم‌سانی فردی و داشتن اطلاعات بیش‌تر و حذف تورش‌های موجود در رگرسیون‌های مقطعی دارد که نتیجهٔ آن تخمین‌های دقیق‌تر با کارآیی بالاتر و هم‌خطی کم‌تر در GMM خواهد بود. روش GMM داده‌های تابلویی پویا هنگامی به‌کار می‌رود که تعداد برش مقطعی (N) بیش‌تر از تعداد زمان و سال‌ها (T) باشد (N>T) که در مطالعهٔ حاضر نیز این‌گونه است؛ یعنی تعداد استان‌ها بیش‌تر از تعداد زمان است (Bond 2002; Baltagi 2008). برای برآورد مدل در شیوهٔ (GMM) پانل دیتای پویا دو روش وجود دارد: ۱. تخمین زنندهٔ روش گشتاورهای تعمیم‌یافتهٔ تفاضلی مرتبهٔ اول که شامل حذف اثرات ویژهٔ فردی مستقل از زمان با گرفتن تفاضل مرتبهٔ اول است و توسط آرلانو و باند (Arellano and Bond 1991) مطرح شد که روش (GMM) تفاضلی مرتبهٔ اول DGMM نامیده می‌شود. آرلانو و باور (Arellano and Bover 1995) و بلوندل و باند (Blundell and Bond 1998) با ایجاد تغییراتی در روش GMM تفاضلی مرتبهٔ اول روش GMM ارتگنال (متعامد) را، که با OGMM نشان داده می‌شود، ارائه کردند که در روش DGMM از تفاضل و در روش آرلانو و باور (Arellano and Bover 1995) از روش اختلاف از تعامد استفاده می‌شود. در روش آرلانو و بوند (Arellano and Bond 1991) از تمام مجموع وقفه‌های موجود به‌عنوان متغیر ابزاری استفاده می‌شود، اما در روش OGMM از سطوح وقفه‌دار به‌عنوان متغیر ابزاری استفاده می‌شود. این روش، در مقایسه با روش DGMM، مزایایی مانند افزایش دقت و کاهش تورش محدودیت حجم نمونه و تخمین‌های کارآمدتر و دقیق‌تر دارد (Baltagi 2008). بنابراین، در این تحقیق از روش مذکور برای برآورد مدل استفاده می‌شود.

سازگاری تخمین‌زنندهٔ فوق به معتبربودن ابزارها بستگی دارد که آزمون سارگان معتبربودن ابزارها را آزمون می‌کند. در این آزمون فرض H_0 نبودِ هم‌بستگی بین متغیرهای ابزاری با اجزای اخلال را نشان می‌دهد و مبتنی‌بر معتبربودن مدل است و فرض جای‌گزین H_1 هم‌بستگی بین متغیرهای ابزاری با اجزای اخلال را نشان می‌دهد و مبتنی‌بر نامعتبربودن مدل است و آزمون دوم مرتبهٔ خودهم‌بستگی جملات را بررسی می‌کند. درواقع، آزمون هم‌بستگی پس‌ماندها مرتبهٔ اول (۱) AR و مرتبهٔ دوم (۲) AR است. ردنکردن فرضیهٔ صفر هردو آزمون شواهدی را، مبنی‌بر فرض نبود خودهم‌بستگی در جملات خطای تفاضل‌گیری‌شده و معتبربودن ابزارها، فراهم خواهد کرد.

فرم کلی مدل مورداستفاده به‌صورت لگاریتمی در نظر گرفته شده است. مزیت این امر علاوه‌بر برآورد بهتر مدل این است که می‌توان نتایج حاصل را به‌صورت کشش تفسیر کرد، به‌گونه‌ای‌که ضرایب متغیرها نشان‌دهندهٔ کشش آن متغیر به متغیر وابسته (مصرف آب) است. مدل عمومی پژوهش حاضر به‌صورت زیر است.

$$WATER_{it} = B_0 + B_1 GDP_{it} + B_2 GDP_{it}^2 + B_{it} X_{it} + U_{it} \qquad .۱$$

به ترتیبی که $WATER_{it}$ نمایان‌گر آن مقدار آبی (میلیون متر مکعب) است که از منابع سطحی و زیرزمینی برداشت و در بخش صنعت استان i در زمان t استفاده و اطلاعات آن از شرکت مدیریت منابع آب ایران[۱] استخراج شده است، GDP_{it} نشان‌دهندهٔ ارزش افزودهٔ (میلیون ریال) بخش صنعت استان i در زمان t و از مرکز آمار استخراج شده است، GDP_{it}^2 نشان‌دهندهٔ مجذور ارزش افزودهٔ بخش صنعت استان i در زمان t است که برای آزمون منحنی U معکوس کوزنتس استفاده شده و اگر در این مطالعه علامت ارزش افزودهٔ بخش صنعت مثبت و علامت مجذور آن منفی باشد، این رابطه تأیید می‌شود، X_{it} نشان‌دهندهٔ متغیرهای کنترلی تحقیق ازجمله شهرنشینی (هزار نفر)، تجارت (میلیون ریال)، و اندازهٔ دولت است که براساس مطالعاتی مانند کمیجانی و دیگران (Komyjani et al. 2014) و تیموتی و دیگران (Timothy et al. 2015) به‌صورت نسبت مخارج جاری و عمرانی دولت در هر استان بر تولید ناخالص داخلی آن استان تعریف شده است که از مرکز آمار استخراج شده و دو متغیر میانگین دمای سالانه و میزان بارش برف و باران سالانهٔ استان‌ها از سایت توتیمپو[۲] استخراج شده‌اند. در جدول ۱ آمار توصیفی متغیرهای پژوهش ارائه شده است.

جدول ۱. آمار توصیفی متغیرهای پژوهش

متغیر	میانگین	میانه	بیشینه	کمینه	تعداد مشاهدات
مصرف آب	۳۱/۶۱	۲۳/۷۰	۲۰۵/۳۹	۰/۰۴۰	۴۱۸
ارزش افزودهٔ صنعت	۲۳۳۵۰۹۹۲	۷۳۲۲۸۹۵	۳۲۰۰۰۰۰۰	۱۸۳۴۲۱	۴۲۰
اندازهٔ دولت	۲/۵۹	۱/۷۴	۱۶/۶۰	۰/۰۷۰	۳۰۰
شهرنشینی	۱۷۳۱	۱۰۷۴	۱۲۲۳۱	۳۱۵	۳۰۰
بارش	۳۱۳	۲۴۶	۱۷۹۶	۲۰/۳۲	۲۸۴
دما	۱۶/۹۶	۱۶/۵۰	۲۷/۷۰	۹/۱۰	۲۸۹
تجارت	۴۷۶۵۳۴۵	۲۴۲۸۷۳۰	۴۲۶۰۰۸۰۶	۳۵۳۷۰۴	۲۷۱

منبع: یافته‌های پژوهش

۴. برآورد مدل و تحلیل نتایج

در این بخش، درابتدا به‌منظور جلوگیری از بروز مشکل رگرسیون کاذب، آزمون ایستایی متغیرها با استفاده از آزمون‌های ایم، پسران، و شین (Im, Pesaran, and Shin/ IPS)، فیشر دیکی فولر تعمیم‌یافته (Fisher-Augmented Deyki Fuller/ ADF)، و فیشر ــ فیلیپس پرون (Fisher-Phillips Peron/ PP) انجام شده است. این سه آزمونْ مهم‌ترین آزمون‌های ریشهٔ واحد در داده‌های پانل به‌شمار می‌روند. در این آزمون‌ها، روند بررسی ایستایی مشابه است و با رد فرضیهٔ H_0، ناایستایی یا وجود ریشهٔ واحد متغیرها رد می‌شود. همان‌طورکه نتایج آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته در جدول ۲ نشان می‌دهد، همهٔ متغیرهای استفاده‌شده در این پژوهش (به‌جز متغیرهای ارزش افزودهٔ صنعت و اندازهٔ دولت) در سطح مانا هستند. لذا برای این متغیرها آزمون ریشهٔ واحد مرتبهٔ اول انجام شد که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۲. نتایج آزمون ریشهٔ واحد در سطح

آزمون / متغیر	ایم، پسران، و شین		فیشر ــ دیکی فولر تعمیم‌یافته		فیشر ــ فیلیپس پرون	
	احتمال	آماره	احتمال	آماره	احتمال	آماره
مصرف آب	۰/۰۰۳۷	-۲/۶۷۴۲۴	۰/۰۰۹۳	۸۸/۷۸۲۷	۰/۱۰۱۳	۷۴/۳۰۴۲
ارزش افزودهٔ صنعت	۰/۹۹۹۹	۳/۷۹۲۷۰	۱/۰۰۰۰	۲۴/۶۶۴۹	۰/۵۱۴۶	۵۸/۹۳۷۴
اندازهٔ دولت	۱/۰۰۰۰	۳/۹۷۰۱۷	۱/۰۰۰۰	۱۴/۶۷۸۶	۱/۰۰۰۰	۱۱/۱۲۲۳
شهرنشینی	۰/۰۰۰۰	۷/۶۱۲۰۷	۰/۰۰۰۰	۱۲۸/۱۱۹	۰/۰۰۰۰	۱۵۲/۱۶۴
بارش	۰/۰۰۰۰	-۶/۶۴۲۵۰	۰/۰۰۰۰	۱۱۹/۵۲۷	۰/۰۰۰۰	۱۳۵/۹۱۷
دما	۰/۰۰۰۰	-۱۰/۷۸۱۰	۰/۰۰۰۰	۱۷۸/۳۱۷	۰/۰۰۰۰	۲۱۹/۴۲۷
تجارت	۰/۰۰۰۰	-۷/۰۶۹۰۷	۰/۰۰۰۰	۱۷۴/۷۳۷	۰/۰۰۰۰	۲۲۷/۵۷۱

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۳. آزمون ریشهٔ واحد تفاضل مرتبهٔ اول

آزمون / متغیر	ایم، پسران، و شین		فیشر ـ دیکی فولر تعمیم‌یافته		فیشر ـ فیلپس پرون	
	احتمال	آماره	احتمال	آماره	احتمال	آماره
ارزش افزودهٔ صنعت	۰/۰۰۰۰	-۱۰/۰۵۳۱	۰/۰۰۰۰	۲۰۳/۸۲۴	۰/۰۰۰۰	۲۲۸/۷۶۲
اندازهٔ دولت	۰/۰۰۰۰	-۱۲/۸۳۵۸	۰/۰۰۰۰	۲۷۴/۴۷۳	۰/۰۰۰۰	۵۰۴/۳۰۶

منبع: یافته‌های پژوهش

ازآن‌جاکه متغیرهای استفاده‌شده در تحقیق حاضر در درجات مختلفی از I(0) و I(1) پایا می‌شوند، پس از بررسی ایستایی متغیرها هم‌انباشتگی (هم‌گرایی) پانلی برای بررسی روابط بلندمدت اقتصادی متغیرها و نبود رگرسیون کاذب آزمون می‌شود. در پژوهش حاضر، از آزمون کائو استفاده شده است که در این آزمون فرضیهٔ صفر نبود هم‌انباشتگی است.

جدول ۴. نتایج آزمون هم‌انباشتگی

نام آزمون	احتمال	آمارهٔ t
آزمون هم‌انباشتگی کائو	۰/۰۴۸۴	-۱/۶۶۰۲۰۹

منبع: یافته‌های پژوهش

مطابق نتایج جدول ۴، فرضیهٔ صفر رد شده است و بین متغیرها رابطهٔ بلندمدت وجود دارد. دراین‌صورت، رگرسیون برآوردی کاذب نیست. بعد از بررسی ایستایی و هم‌انباشتگی متغیرها، نتایج برآورد مدل به‌روش گشتاورهای تعمیم‌یافتهٔ متعامد (OGMM) در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵. نتایج برآورد مدل به روش گشتاورهای تعمیم‌یافتهٔ متعامد (OGMM)

نام متغیر	ضریب رگرسیون	خطای استاندارد	آمارهٔ t	مقدار احتمال
وقفهٔ مصرف آب	۰/۳۲۰۹۳۵*	۰/۱۴۷۳۶۳	۲/۱۷۷۸۴۹	۰/۰۳۰۷
ارزش افزوده	-۲/۹۱۲۱۳۸	۲/۴۵۵۱۳۸	-۱/۱۸۶۱۴۰	۰/۲۳۷۱
مجذور ارزش افزوده	۰/۰۶۲۸۶۳	۰/۰۷۶۴۳۱	۰/۸۲۲۴۸۵	۰/۴۱۱۹
اندازهٔ دولت	-۰/۲۸۷۳۶۵*	۰/۱۳۳۵۶۵	-۲/۱۵۱۵۰۴	۰/۰۳۲۷
شهرنشینی	۷/۰۹۱۶۹۹*	۳/۴۱۱۰۳۳	۲/۰۷۹۰۴۸	۰/۰۳۹۰
بارش	۰/۰۹۵۶۸۳**	۰/۰۵۶۴۳۵	۱/۶۹۵۴۶۱	۰/۰۹۱۷

نام متغیر	ضریب رگرسیون	خطای استاندارد	آمارهٔ t	مقدار احتمال
دما	-۱/۸۲۰۳۴۹*	۰/۹۱۳۶۹۷	-۱/۹۹۲۲۸۹	۰/۰۴۷۸
تجارت	۰/۰۴۲۳۲۰	۰/۰۹۱۹۰۵	۰/۴۶۰۴۷۷	۰/۶۴۵۷
J-statistic	۱۸/۷۸۷۴۶			
Prob (J-statistic)	۰/۵۹۸۷۷۲			
AR (1)	۰/۹۸۱۰	AR (2)	۰/۶۵۶۶	
سارگان	۰/۵۸			

منبع: یافته‌های پژوهش

*** و ** به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ معناداری در سطح ۹۵ و ۹۰ درصدند.**

بعد از تخمین مدل برای تأیید اعتبار متغیرهای ابزاری آزمون سارگان انجام شد که نتیجهٔ این آزمون (احتمال ۰/۵۸) بیان‌گر نبود هم‌بستگی سریالی بین ابزارها و جملهٔ خطاست. علاوه‌برآن، آزمون هم‌بستگی پس‌ماندهای مرتبهٔ اول AR(1) و مرتبهٔ دوم AR(2) نیز صحت اعتبار نتایج مدل را تأیید می‌کند. بنابراین، مدل با موفقیت برازش شده و نتایج آن قابل‌اتکاست.

نتایج جدول ۵، نشان‌دهندهٔ تأثیر معکوس ارزش افزودهٔ بخش صنعت در مصرف آب در مراحل اولیهٔ توسعهٔ اقتصادی است. به این معنی که با افزایش رشد اقتصادیْ مصرف آب کاهش می‌یابد. ازسوی‌دیگر، نتایج نشان می‌دهد که مجذور ارزش افزوده تأثیر مثبت در مصرف آب دارد (اگرچه این روابط معنادار نیستند). بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که فرضیهٔ منحنی زیست‌محیطی کوزنتس (رابطهٔ U معکوس) بین رشد اقتصادی و مصرف آب برای استان‌های موردمطالعه اثبات نمی‌شود. این نتیجه با نتیجهٔ مطالعهٔ معبودی و حسنوند (۱۳۹۹) مشابهت دارد و با مطالعهٔ حیدری و دیگران (۱۳۹۹) در تضاد است. همان‌گونه‌که دونگ و هائو (Dong and Hao 2018) بیان می‌دارند، استفاده از جامعهٔ آماری (کشور، استان، یا شهر)، روش، و متغیرهای متفاوت می‌تواند نتایج متفاوتی در بحث منحنی کوزنتس به‌همراه داشته باشد. بنابراین، دلیل این امر را می‌توان استفاده از جامعهٔ آماری، روش (پانل دیتا)، و بازهٔ زمانی متفاوت در این مطالعات بیان کرد. نتایج جدول ۵ هم‌چنین نشان‌دهندهٔ تأثیر معکوس و معنی‌دار اندازهٔ دولت بر مصرف آب بخش صنعت است، به‌گونه‌ای‌که با افزایش یک‌درصدی اندازهٔ دولت، مصرف آب بیش از ۰/۲۸ درصد کاهش می‌یابد. این نتیجه با نتیجهٔ ما و لی (Ma and Li 2022) مشابهت دارد. شهرنشینی تأثیر مثبت و معنادار در مصرف آب دارد، به‌گونه‌ای‌که با افزایش یک درصد شهرنشینی میزان مصرف آب بیش از ۷ درصد افزایش

می‌یابد. این نتیجه با نتیجهٔ مطالعهٔ زو و دیگران (Zhao et al. 2017) (برای کشور چین) و حیدری و دیگران (۱۳۹۹) مشابهت دارد. میزان بارش سالانه تأثیر مثبت و معنادار در مصرف آب دارد، به‌گونه‌ای‌که با افزایش یک‌درصدی میزان بارش میزان مصرف آب بیش از ۰/۰۹ درصد افزایش می‌یابد. این نتیجه با نتیجهٔ مطالعهٔ دوارت و دیگران (Duarte et al. 2013) مشابهت دارد، همان‌گونه‌که آن‌ها بیان می‌دارند، کشورهایی (در این‌جا استان‌هایی) که با کمبود آب مواجه‌اند، سرانهٔ آب کم‌تری مصرف می‌کنند. میزان دما تأثیر معکوس و معنادار در مصرف آب دارد، به‌گونه‌ای‌که با افزایش یک درصد میزان دما مصرف آب بیش از ۱/۸۲ درصد کاهش می‌یابد. درنهایت، نتایج تحقیق نشان می‌دهد که میزان تجارت تأثیر معنادار در مصرف آب ندارد.

۵. نتیجه‌گیری و پیش‌نهادها

منابع آب به‌ندرت به‌عنوان یک عامل تأثیرگذار در توسعهٔ اقتصادی در نظر گرفته شده‌اند که نشان‌دهندهٔ ناآگاهی از اهمیت آن است. برای استان‌هایی که تضاد شدید بین رشد اقتصادی و دست‌رسی به آب را تجربه می‌کنند، اگرچه این تضاد لزوماً در توسعهٔ منطقه‌ای کنونی تأثیر نمی‌گذارد، در تأثیرگذاری در توسعهٔ پایدار در بلندمدت بسیار مهم خواهد بود. دولت‌ها، علاوه‌بر تدوین سیاست‌های ملی منابع آب و نظارت بر مقررات مدیریت آب، اغلب مسئول تخصیص آب برای مصارف رقابتی‌اند که این سیاست‌ها باید از نظر اجتماعی مطلوب، از نظر محیط‌زیستی پایدار، و از نظر اقتصادی هم برای دولت و هم برای صنعت مناسب باشند. مطالعات مختلفی (حیدری و دیگران ۱۳۹۹؛ Cole 2004؛ Katz 2015) بیان می‌دارند که بررسی تأثیر درآمد سرانه در مصرف سرانهٔ آب اساساً مبتنی‌بر تجزیه‌وتحلیل رابطهٔ U معکوس کوزنتس است و می‌توان با کمی اغماض منحنی کوزنتس را برای مطالعهٔ رابطهٔ درآمد و استفاده از منابع آب (در این‌جا مصرف آب) به‌کار برد. در پژوهش حاضر برای اولین بار با استفاده از داده‌های بازهٔ زمانی ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۴ و روش گشتاورهای تعمیم‌یافته (GMM)، علاوه‌بر بررسی فرضیهٔ زیست‌محیطی کوزنتس، با درنظرگرفتن مصرف آب در استان‌های ایرانْ به بررسی تأثیر متغیرهای تجارت، رشد اقتصادی (به‌عنوان عوامل اقتصادی)، جمعیت، اندازهٔ دولت (به‌عنوان عوامل اجتماعی)، میزان بارش، و دمای سالانه (به‌عنوان عوامل اکولوژی) در مصرف پرداخته شد. نتایج تحقیق حاکی از تأییدنشدن فرضیهٔ زیست‌محیطی کوزنتس برای رابطهٔ ارزش افزودهٔ بخش صنعت و مصرف آب است. نتایج هم‌چنین نشان‌دهندهٔ تأثیر معکوس و معنی‌دار اندازهٔ

دولت بر مصرف آب بخش صنعت است، به‌گونه‌ای‌که با افـزایش یـک‌درصـدی انـدازهٔ دولـت، مصرف آب بیش از ۰/۲۸ درصد کاهش می‌یابد. شهرنشـینی تـأثیر مثبـت و معنـادار در مصـرف آب دارد، به‌گونه‌ای‌که با افزایش یک درصـد شهرنشـینی میـزان مصـرف آب بـیش از ۷ درصـد افزایش می‌یابد. میزان بارش سالانه تأثیر مثبت و معنادار در مصـرف آب دارد، بـه‌گونـه‌ای‌کـه بـا افزایش یک‌درصدی میزان بارش میزان مصرف آب بیش از ۰/۰۹ درصد افزایش می‌یابـد. میـزان دما تأثیر معکوس و معنادار در مصرف آب دارد، به‌گونه‌ای‌که با افزایش یـک درصـد میـزان دمـا مصرف آب بیش از ۱/۸۲ درصد کاهش می‌یابد. درنهایت، نتایج تحقیق نشان می‌دهد کـه میـزان تجارت تأثیر معنادار در مصرف آب ندارد. بنابراین، پیش‌نهاد می‌شود هر استان و شهرسـتان‌هـای آن متناسب با شرایط طبیعی، اجتماعی، و اقتصادی محلی خود به فناوری‌هـای مـدیریت سـهمیهٔ آب مجهز شوند و سهمیه‌بندی آب تحت نظـارت دقیـق قـانونی انجـام شـود و در مسـیر رشـد شهرنشـینی بـه پـی‌آمـدهای آن بـر مصـرف آب و ضـرورت تـأمین و منـابع آن توجـه شـود. علاوه‌براین، پیش‌نهاد می‌شود که مجازات سخت‌تری برای اسـتفادهٔ فراتـر از سـهمیهٔ آب اعمـال شود و درعین‌حال، فعالیت‌های اقتصادی با هدف بهبـود بهـره‌وری آب ماننـد صـرفه‌جـویی در مصرف آب و استفادهٔ مجدد از پساب تشویق شود.

پی‌نوشت‌ها

1. <http://www.wrbs.wrm.ir>.

2. <https://www.Tutiempo.net>.

کتاب‌نامه

ارباب، حمیدرضا و زهره عباسی‌فر (۱۳۸۸)، «بررسی رابطهٔ آلودگی آب و رشد اقتصـادی در کشـورهای درحال‌توسعه و توسعه‌یافته»، *پژوهش‌نامهٔ اقتصاد انرژی ایران*، دورهٔ ۱، ش ۳.

حیدری، محمد، امیر خادم علیزاده، و مرتضی خورسندی (۱۳۹۹)، «بررسی اثر رشد اقتصادی بر مصـرف منابع آب؛ در چهارچوب منحنی زیست‌محیطی کوزنتس EKC (مطالعهٔ موردی: کشـورهای منتخـب ۱۹۹۲–۲۰۱۲)»، فصل‌نامهٔ علمی ـ پژوهشی *تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، دورهٔ ۱۲، پیاپی ۴۵.

معبودی، رضا و داریوش حسنوند (۱۳۹۸)، «ارتبـاط ارزش افـزودهٔ اقتصـادی و مصـرف آب در بخـش کشاورزی و صنعت»، *علوم و مهندسی آب و فاضلاب*، دورهٔ ۴، ش ۱.

Andreoni, J. and A. Levinson (2001), "The Simple Analytics of the Environmental Kuznets Curve", *Journal of Public Economics*, vol. 80, no. 2.

Arellano, M. and O. Bover (1995), "Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-Components Models", *Journal of Econometrics*, vol. 68, no. 1.

Arellano, M. and S. Bond (1991), "Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations", *The Review of Economic Studies*, vol. 58, no. 2.

Arrow, K. et al. (1995), "Economic Growth, Carrying Capacity, and the Environment", *Ecological Economics*, vol. 15, no. 2.

Baltagi, B. H. (2008), *Econometric Analysis of Panel Data*, Springer.

Barbier, E. B. (1997), "Introduction to the Environmental Kuznets Curve Special Issue", *Environment and Development Economics*, vol. 2, no. 4.

Barbier, E. B. (2004), "Water and Economic Growth", *Economic Record*, vol. 80, no. 248.

Beckerman, W. (1992), "Economic Growth and the Environment: Whose Growth? Whose Environment?", *World Development*, vol. 20, no. 4

Birkmann, J. et al. (2010), "Adaptive Urban Governance: New Challenges for the Second Generation of Urban Adaptation Strategies to Climate Change", *Sustainability Science*, vol. 5, no. 2.

Blundell, R. and S. Bond (1998), "Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models", *Journal of Econometrics*, vol. 87, no. 1.

Bond, S. R. (2002), "Dynamic Panel Data Models: a Guide to Micro Data Methods and Practice", *Portuguese Economic Journal*, vol. 1, no. 2.

Chu, E. (2016), "The Political Economy of Urban Climate Adaptation and Development Planning in Surat, India", *Environment and Planning C: Government and Policy*, vol. 34, no. 2.

Cole, M. A. (2004), "Economic Growth and Water Use", *Applied Economics Letters*, vol. 11, no. 1.

Cole, M. A., A. J. Rayner, and J. M. Bates (1997), "The Environmental Kuznets Curve: An Empirical Analysis", *Environment and Development Economics*, vol. 2, no. 4.

Dedeurwaerdere, T. (2014), *Sustainability Science for Strong Sustainability*, Edward Elgar Publishing.

Dietz, S. and E. Neumayer (2007), "Weak and Strong Sustainability in the SEEA: Concepts and Measurement", *Ecological Economics*, vol. 61, no. 4.

Dong, X.-Y. and Y. Hao (2018), "Would Income Inequality Affect Electricity Consumption? Evidence from China", *Energy*, vol. 142.

Duarte, R., V. Pinilla, and A. Serrano (2013), "Is There an Environmental Kuznets Curve for Water Use? A Panel Smooth Transition Regression Approach", *Economic Modelling*, vol. 31.

Ekins, P. et al. (2003), "A Framework for the Practical Application of the Concepts of Critical Natural Capital and Strong Sustainability", *Ecological Economics*, vol. 44, no. 2-3.

Flörke, M. et al. (2013), "Domestic and Industrial Water Uses of the Past 60 Years as a Mirror of Socio-Economic Development: A Global Simulation Study", *Global Environmental Change*, vol. 23, no. 1.

Fujii, H., S. Managi, and S. Kaneko (2012), "A Water Resource Efficiency Analysis of the Chinese Industrial Sector", *Environmental Economics*, vol. 3, no. 3.

Grossman, G. M. and A. B. Krueger (1995), "Economic Growth and the Environment", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 110, no. 2.

Hao, Y., X. Hu, and H. Chen (2019), "On the Relationship between Water Use and Economic Growth in China: New Evidence from Simultaneous Equation Model Analysis", *Journal of Cleaner Production*, vol. 235.

Hetz, K. (2016), "Contesting Adaptation Synergies: Political Realities in Reconciling Climate Change Adaptation with Urban Development in Johannesburg, South Africa", *Regional Environmental Change*, vol. 16, no. 4.

Hong, H., J. Liu, and A.-X. Zhu (2020), "Modeling Landslide Susceptibility Using Logit Boost Alternating Decision Trees and Forest by Penalizing Attributes with the Bagging Ensemble", *Science of the Total Environment*, vol. 718, no. 137231.

Hristu-Varsakelis, D. et al. (2010), "Optimizing Production with Energy and GHG Emission Constraints in Greece: An Input-Output Analysis", *Energy Policy*, vo.l. 38, no. 3.

Jia, S. et al. (2006), "Industrial Water Use Kuznets Curve: Evidence from Industrialized Countries and Implications for Developing Countries", *Journal of Water Resources Planning and Management*, vol. 132, no. 3.

Katz, D. (2015), "Water Use and Economic Growth: Reconsidering the Environmental Kuznets Curve Relationship", *Journal of Cleaner Production*, vol. 88.

Komyjani, A., H. Kyani, and H. Hagshenas (2014), "Investigating the Impact of Government Size and Quality on Economic Growth in Iran ARDL Model", *Journal of Quantity Economic*, vol. 4, no. 1.

Kuznets, S. (1955), "Economic Growth and Income Inequality", *The American Economic Review*, vol. 45, no. 1.

Lopez, R. (1994), "The Environment as a Factor of Production: the Effects of Economic Growth and Trade Liberalization", *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 27, no. 2.

Ma, W. and X. Li (2022), "Impact of Government Subsidy on the Optimal Strategies of Improving Water Use Efficiency for a High-Water-Consumption Manufacturer", Kybernetes.

Maidment, D. R., and S. P. Miaou (1986), "Daily Water Use in Nine Cities", *Water Resources Research*, vol. 22, no. 6.

Mao, F. et al. (2022), "Inequality of Household Water Security Follows a Development Kuznets Curve", *Nature Communications*, vol. 13, no. 1.

Mi, Z.-F. et al. (2015), "Potential Impacts of Industrial Structure on Energy Consumption and CO2 Emission: A Case Study of Beijing", *Journal of Cleaner Production*, vol. 103.

Nizami, A., J. Ali, and S. Nguyen-Khoa (2021), "Government-Industry Partnership for Sustainable Water Use: Insights from Pakistan", *Sustainable Industrial Water Use: Perspectives, Incentives, and Tools*, vol. 115.

Pahl-Wostl, C. (2017), "An Evolutionary Perspective on Water Governance: From Understanding to Transformation", *Water Resources Management*, vol. 31, no. 10.

Panayotou, T. (1995), "Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development", in: *Beyond Rio: The Environmental Crisis and Sustainable Livelihoods in the Third World*, New York: ILO Studies Series, St. Martin's Press.

Partha, D. (2001), *Human Well-Being and the Natural Environment*, Oxford University Press.

Rock, M. T. (1998), "Freshwater Use, Freshwater Scarcity, and Socioeconomic Development", *The Journal of Environment & Development*, vol. 7, no. 3.

Rockström, J. et al. (2009), "A Safe Operating Space for Humanity", *Nature*, vol. 46, no. 1.

Sachs, J. et al. (2004), "Ending Africa's Poverty Trap", *Brookings Papers on Economic Activity*, no. 1.

San Cristóbal, J. R. (2010), "An Environmental/Input-Output Linear Programming Model to Reach the Targets for Greenhouse Gas Emissions Set by the Kyoto Protocol", *Economic Systems Research*, vol. 22, no. 3.

Sarker, R., S. Gato-Trinidad, and M. Imteaz (2013), "Temperature and Rainfall Thresholds Corresponding to Water Consumption in Greater Melbourne, Australia",in: *20th International Congress on Modelling and Simulation (MODSIM2013)*, Adelaide, Australia.

Sarkodie, S. A. and V. Strezov (2019), "A Review on Environmental Kuznets Curve Hypothesis Using Bibliometric and Meta-Analysis", *Science of the Total Environment*, vol. 649.

Selden, T. M. and D. Song (1994), "Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?", *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 27, no. 2.

Shang, Y. et al. (2016), "Decomposition Methods for Analyzing Changes of Industrial Water Use", *Journal of Hydrology*, vol. 543.

Stern, D. I., M. S. Common, and E. B. Barbier (1996), "Economic Growth and Environmental Degradation: The Environmental Kuznets Curve and Sustainable Development", *World Development*, vol. 24, no. 7.

Timothy, M. et al. (2015), "Comparative Impact of Public Expenditure on Agricultural Growth: Error Correction Model for South Africa and Zimbabwe", *Journal of Human Ecology*, vol. 50, no. 3.

Vörösmarty, C. J. et al. (2010), "Global Threats to Human Water Security and River Biodiversity", *Nature*, vol. 467, no. 7315.

Wang, Z. et al. (2015), "Impact Analysis of Government Investment on Water Projects in the Arid Gansu Province of China", *Physics and Chemistry of the Earth*, Parts A/B/C 79.

Xiao-jun, W. et al. (2012), "Water Resources Management Strategy for Adaptation to Droughts in China", *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, vol. 17, no. 8.

Zhang, G. (1999), *China's Water Supply and Demand in the 21st Century*, *Water and Hydropower*, Beijing.

Zhang, Z., X. Zhang, and M. Shi (2018), "Urban Transformation Optimization Model: How to Evaluate Industrial Structure Under Water Resource Constraints?", *Journal of Cleaner Production*, vol. 195.

Zhao, X., X. Fan, and J. Liang (2017), "Kuznets Type Relationship between Water use and Economic Growth in China", *Journal of Cleaner Production*, vol. 168.

Zhou, M., Q. Chen, and Y. Cai (2013), "Optimizing the Industrial Structure of a Watershed in Association with Economic-Environmental Consideration: An Inexact Fuzzy Multi-Objective Programming Model", *Journal of Cleaner Production*, vol. 42.

Zimmer, D. and D. Renault (2003), "Virtual Water in Food Production and Global Trade: Review of Methodological Issues and Preliminary Results",in: *Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*, Value of Water Research Report Series.