تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال بیستم، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۳
Volume 20, No. 4, Winter 2024 (IR-WRR)
۱۶-۱

بررسی و تحلیل روشهای قیمت‌گذاری پساب و پیشنهاد روش مناسب برای ایران

مرتضی تهامی پور زرندی*[۱]، فاطمه وحدتی[۲]

چکیده

کشور ایران باتوجه به اقلیم خشک با کمبود منابع آب دست و پنجه نرم می‌کند. استفاده از پساب به عنوان یکی از راهکارهای مدیریت منابع آب و کمک به حل بحران کمبود آب می‌تواند مفید واقع شود. این پژوهش، ابتدا ادبیات و روش‌های قیمت‌گذاری پساب را مورد تحلیل قرار داده است. سپس با انتخاب روش قیمت‌گذاری اقتصادی، جهت تعیین قیمت طرف عرضه به برآورد هزینه تمام شده تولید پساب در یک تصفیه‌خانه فاضلاب در تهران در سال ۱۴۰۲ با استفاده از روش اقتصاد مهندسی می‌پردازد. سپس با توجه به اینکه پساب به عنوان نهاده تولید بخش صنعت است، برای تعیین قیمت طرف تقاضا، درآمد نهایی یا ارزش اقتصادی پساب با استفاده از روش پسماند و کمک گرفتن از جدول داده-ستانده سال ۱۳۹۹ در بخش صنعت محاسبه شده است. نتایج نشان داد که هزینه تمام شده یک مترمکعب پساب در مدل ثابت معادل ۱۷۴,۲۱۴ ریال و در مدل جاری (با لحاظ تورم) معادل ۵۴۰,۵۹۵ ریال است. هم‌چنین ارزش اقتصادی هر متر مکعب پساب در کل صنعت معادل ۹۷۳,۹۶۵ ریال است. لذا با توجه به اینکه در حال حاضر قیمت پایه پساب در کشور ۱۶۸,۱۸۳ ریال بر متر مکعب عنوان شده است، در این پژوهش، مشاهده می‌شود کف قیمت به دست آمده در مدل ثابت از قیمت پساب در بازار بیشتر است و لذا پیشنهاد می‌شود با اصلاح نظام قیمت گذاری این نهاده و با تبعیض قیمت بین صنایع، قیمت‌ها به مقدار واقعی و تعادلی خود نزدیک شوند.

کلمات کلیدی: قیمت‌گذاری، روش پسماند، هزینه متوسط، استفاده مجدد از پساب، تصفیه‌خانه فاضلاب.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۵/۱۴
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۱۸

۱- استادیار گروه اقتصاد دانشکده اقتصاد و علوم سیاسی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
۲- کارشناسی ارشد اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم سیاسی دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.
*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان بهار ۱۴۰۴ امکان‌پذیر است.

Reviewing and Analyzing Wastewater Pricing Methods and Proposing a Suitable Method for Iran

M. Tahamipour Zarandi[1] and F. Vahdati[2]*

Abstract

Due to its arid and semi-arid climate the water resources are scare in Iran. In this regard the use of wastewater can be useful as one of the water resource management strategies which helps tackling the water shortage crisis. This study analyzed the literature and wastewater pricing methods. Then, by choosing the economic pricing method, it estimated the cost of wastewater production in a wastewater treatment plant in Tehran in 2023 using the engineering economics method to determine the supply-side price. Then, considering that wastewater as a production input to the industrial sector and in order to determine the demand-side price, the final income or economic value of wastewater was calculated using the Residual method and the input-output table for the year 2020 in the industrial sector. The results showed that the cost of one cubic meter of wastewater in the fixed model and in the current model (with inflation) is respectively equivalent to 174,214 Rials and 540,595 Rials. Also, the economic value of each cubic meter of wastewater in the entire industry sector is equivalent to 973,965 Rials. Therefore, considering that the current base price of wastewater in the country is 168,183 Rials per cubic meter, it is observed that the floor price obtained in the fixed model is higher than the price of wastewater in the market, and therefore it is suggested to bring the prices to their real and equilibrium values by reforming the pricing system of this input and by price discrimination between industries.

Keywords: Pricing, Residual Method, Average Cost, Reuse of Wastewater, Wastewater Treatment Plant.
Received: August 4, 2024
Accepted: January 7, 2025

1- Assistant Professor, Faculty of Economics and Political Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. Email: m_tahami@sbu.ac.ir
2- Master in Economics, Faculty of Economics and Political Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. Email: fatemevahdati1085@gmail.com

*- Corresponding Author

Doi: 10.22034/IWRR.2025.471562.2775

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

۱- مقدمه

آب یکی از ارزشمندترین منابع جهان است، اما به دلیل تغییرات اقلیمی و خشکسالی ناشی از آن، رشد انفجاری جمعیت و اتلاف، در معرض تهدید دائمی قرار دارد. یکی از امیدوارکننده ترین تلاش‌ها برای مهار بحران جهانی آب، احیاء و استفاده مجدد از آب صنعتی و شهری است (Angelakis & Snyder, 2015). استفاده مجدد از آب به جوامع اجازه می‌دهد تا کمتر به منابع آب زیرزمینی و سطحی وابسته شوند و می‌تواند انحراف آب از اکوسیستم‌های حساس را کاهش دهد. علاوه بر این، استفاده مجدد از آب ممکن است بار مواد مغذی ناشی از تخلیه فاضلاب به آبراه‌ها را کاهش دهد و در نتیجه آلودگی را کاهش داده و از آن جلوگیری کند. این منبع آب «جدید» هم‌چنین برای تجدید قوای منابع تجدیدپذیر که قبلاً تخریب شده‌اند، استفاده می‌شود (Jhansi & Mishra, 2013).

۱-۱- وضعیت منابع آب و پساب در ایران

بررسی آمار و داده‌های بارش وزارت نیرو نشان می‌دهد متوسط بارش سالیانه طی ۱۳ سال اخیر به میزان ۹ درصد نسبت به دوره بلندمدت ۵۳ ساله کاهش یافته و به ۲۲۶ میلی متر در سال رسیده است. در همین دوره بلند مدت، دمای کشور به طور متوسط ۱/۱ درجه افزایش پیداکرده و به ۱۸/۵ درجه سانتی گراد رسیده است (Asadi et al., 1400). براساس پیش بینی‌ها، در افق ۱۴۲۰ با فرض جمعیت ۱۰۶ میلیون نفری و در دسترس بودن ۱۰۳ میلیارد مکعب آب تجدید پذیر، سرانه آب به ۹۷۶ متر مکعب در سال می‌رسد که بیانگر وضعیت بحران آبی در کشور است (Asadi et al., 1400).

بخش اعظم منابع آبی کشور در سه بخش کشاورزی، خانگی و صنعت و معدن مصرف می‌شود. حدود ۳۳ درصد از آب مصرفی کشاورزی به صورت آب برگشتی و بیش از ۶۶ درصد آب مصرفی در بخش‌های خانگی و صنعت و معدن به صورت فاضلاب‌ها به محیط برگشته و به نوعی موجب آلودگی منابع آبی (اعم از آب‌های سطحی و زیرزمینی) خاک و غیره می‌شود. دولت به منظور مقابله با بحران کم آبی، برنامه‌های متعددی را به عمل آورده است. استفاده از پساب به عنوان یکی از راهکارهای مدیریت منابع آبی و کمک به حل بحران کمبود آب می‌تواند مفید واقع شود (Ministry of Energy, 2015).

شهرنشینی، رشد جمعیت، به همراه سایر عوامل باعث افزایش تولید و مصرف، همگی این‌ها منجر به تقاضای روز افزون آب شده است. طبق سالنامه آماری سال ۱۴۰۱، مصارف آب سدهای مخزنی بزرگ به صورت شکل ۱ است.

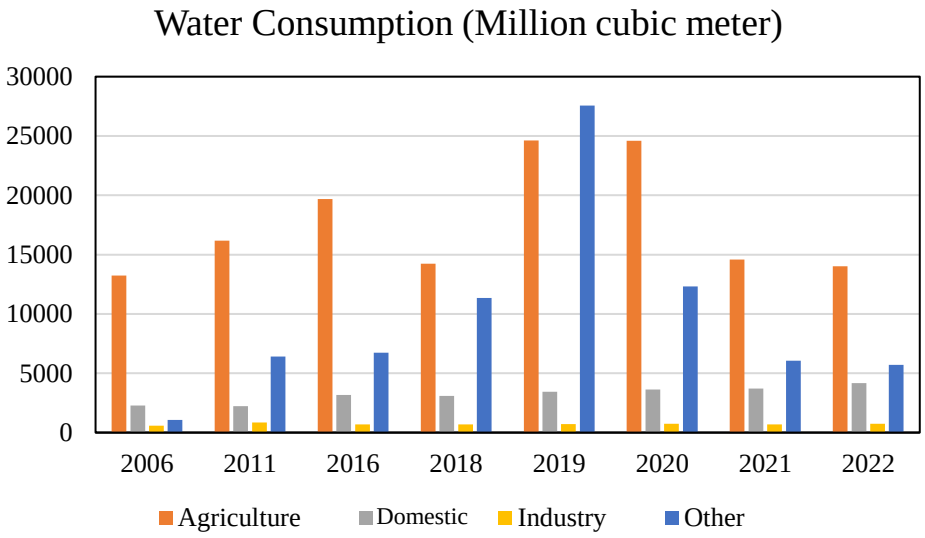

Fig. 1- Water consumption of different economic sectors in Iran (source: research findings)
شکل ۱- مصارف آب بخش‌های مختلف اقتصادی (منبع: یافته‌های پژوهش)

مشاهده می‌شود در سال ۱۴۰۱، بیش‌ترین مصرف آب را بخش کشاورزی با رقم ۱۴،۰۰۷ میلیون متر مکعب دارا بوده است. افزایش تولید صنعتی نیز منجر به افزایش استفاده از آب و هم‌چنین سبب ایجاد اثرات سوء بالقوه بر کیفیت منابع آب می‌شود. در گزارش کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر مرکز آمار ایران، مقدار آب مصرفی کل صنعت طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۰ مطابق شکل ۲ است.

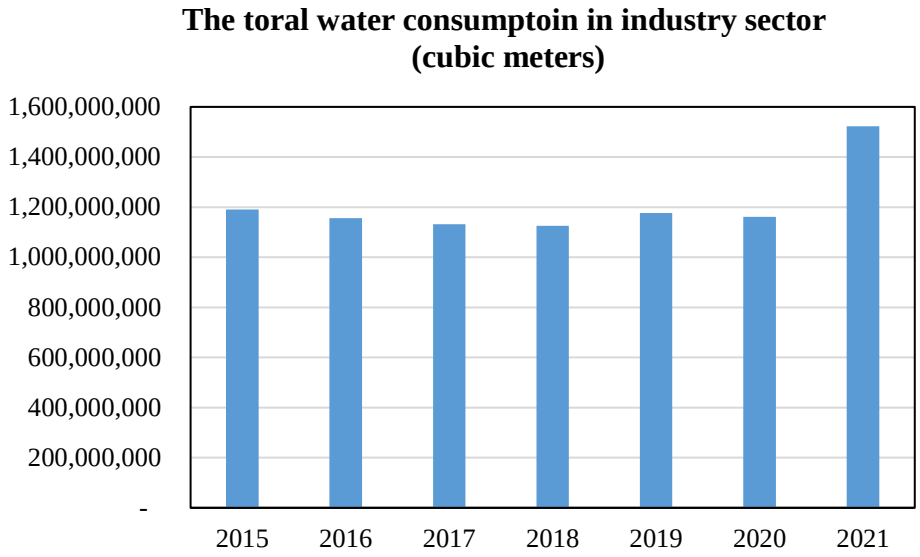

Fig. 2- Amount of total water consumption in industry sector (source, research findings)
شکل ۲- مقدار آب مصرفی کل صنعت (منبع، یافته‌های پژوهش)

مشاهده می‌شود طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۹ مصرف آب صنعت روند تقریبا ثابتی داشته ولی از سال ۱۳۹۹ به بعد دارای افزایش بوده است. حال جهت اجتناب از مشکلات آبی، پساب می‌تواند منبعی جایگزین برای صنعت باشد.

کشورهای در حال توسعه، آب لوله کشی با یارانه بالا را به صنعت نمی‌دهند و پیشنهاد ساخت تصفیه‌خانه و استفاده از پساب را به آن‌ها می‌دهند. با توجه به محدودیت منابع آب ایران، به خصوص در بخش صنعت، جهت رفع و مدیریت منابع آبی منبعی جدید و در دسترس با قابلیت اطمینان بالا به نام "پساب" مطرح می‌شود. پس صنایع و شرکت‌ها به خصوص در مناطق خشک کشور به سوی استفاده از این کالای جانشین می‌روند. صنایع به عنوان متقاضی آب (به عنوان نهاده) همانند سایر نهاده‌ها ارزشی برای آن در نظر دارند. حال پساب به عنوان یک کالای جانشین برای صنایع به عنوان نهاده می‌تواند تا حد توانایی پرداخت صنایع برای نهاده آب قیمت گذاری شود. در جدول ۱، گزارش وضعیت موجود تاسیسات فاضلاب خرداد ماه ایران در سال ۱۴۰۲ آورده شده است:

Table 1- Current status of facilities based on June 2023 report (Tehran Sewage Company, 2023)
جدول ۱- گزارش وضعیت موجود تأسیسات خرداد ماه سال ۱۴۰۲ (Tehran Sewage Company, 2023)

طول خطوط شبکه جمع‌آوری شده (کیلومتر)	**افق طرح**	**۸۰۶۴**
	اجرا شده	۷۰۴۴
	در مدار بهره‌برداری	۶۳۳۳
	تحویل داده شده به مناطق	۶۸۴۵
طول خطوط انتقال (کیلومتر)	افق طرح	۲۵۰
	اجرا شده	۱۹۴
	در مدار بهره‌برداری	۱۸۵
تصفیه‌خانه‌های فاضلاب	افق طرح	۱۰۴۳۶۵
	اجرا شده	۵۴۲۲۳
	در مدار بهره‌برداری	۳۹۴۲۳

در ادامه به بررسی تجارب کشورها در استفاده از پساب پرداخته شده است. در بسیاری از کشورها، تصفیه‌خانه‌های فاضلاب موجود (WWTP[2]s) عمدتاً شرکت‌هایی هستند که پول از دست می‌دهند و برای بهره‌برداری به بودجه عمومی متکی هستند. تأسیسات تصفیه فاضلاب اغلب به دلیل سیستم‌های جمع‌آوری فاضلاب ضعیف با ظرفیت کامل خود کار نمی‌کنند. در بسیاری از کشورها و مناطق

کم‌آب، فاضلاب اغلب مستقیماً برای آبیاری استفاده می‌شود که باعث نگرانی‌های بهداشتی می‌شود (Yang & Abbaspour, 2006).
در طول ۳۰ سال گذشته آمریکا در کنترل و استفاده مجدد از پساب‌ها موفقیت‌های چشم‌گیری داشته است. تأمین مالی بخش عظیمی از سرمایه و هزینه‌های لازم خدمات بخش آب و پساب از استفاده کنندگان و مودیان محلی است. نکته مهمی که وجود دارد این هست که تعرفه‌گذاری آب و پساب در مناطق مختلف آمریکا لزوما یکسان نیست (Ministry of Energy, 2015).
در اسرائیل، پروژه‌های استفاده مجدد از آب برای مقاصد کشاورزی به شدت یارانه می‌گیرند. دولت اسرائیل برای انتقال، پمپاژ و حوضچه آب احیا شده و ارتقاء آن به «سطح کیفیت بالا» هزینه می‌پردازد. در هر صورت، یارانه هزینه کمتری نسبت به تصفیه فاضلاب با کیفیت مناسب برای تخلیه به آب‌های سطحی دارد (Hanjra et al., 2015).
قیمت‌گذاری‌های متعددی برای پساب در دنیا مطرح شده است و لذا این پژوهش قصد دارد این روش‌ها را بررسی کند و روش متناسب با شرایط ایران و پروژه‌های پساب در ایران را ارائه دهد. بنابراین اهداف مورد نظر پژوهش، اولا بررسی شیوه‌های قیمت‌گذاری پساب در جهان و دوماً پیشنهاد روش قیمت‌گذاری مناسب پساب در ایران است.
در این بخش ابتدا به اهمیت منابع آب و مسئله کمبود آب در جهان پرداخته شده است. سپس آمارهایی در مورد وضعیت منابع آب و پساب ایران ارائه کرده است. مشاهده می‌شود به دلیل کم آبی کشورهای جهان به سمت استفاده از پساب رفته‌اند و چند نمونه مثال آورده شد. لازم به ذکر است که پساب هنوز در ایران بازار ندارد و برای اینکه سرمایه گذاران خصوصی به سمت این محصول و بازار آن بیایند نیاز به قیمت‌گذاری مناسب است.

۱-۲- پیشینه پژوهش

- منابع داخلی

مقاله Najafian et al. (1402)، با عنوان مدیریت منابع آب و استفاده مجدد از پساب، به موضوع تأمین منابع آب پایدار در استان البرز پرداخته است. با توجه به کمبود منابع آبی بیش از ۳۳۴ میلیون متر مکعبی در افق ۱۴۲۵، استفاده حداکثری از کل ظرفیت‌های تأمین آب از جمله جایگزینی بخشی از مصارف فعلی در بخش‌های صنعت، کشاورزی و فضای سبز با پساب تصفیه‌خانه‌های فاضلاب استان و استفاده از پتانسیل پساب انتقالی از استان تهران برای تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی امری ضروری است. همچنین، Yazdani et al. (2021) در مقاله‌ای با عنوان تعیین تعرفه بهینه پساب تصفیه شده در بخش کشاورزی جنوب استان تهران بررسی شد که برای دستیابی به هدف این مقاله از روش بهینه‌سازی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP[3]) و روش ارزش‌گذاری مشروط (CVM[4]) برای برآورد ارزش حفاظتی استفاده شد. در نهایت با بررسی شرایط شکل‌گیری بازار، تعرفه بهینه فاضلاب تصفیه شده به ازای هر متر مکعب ۱۰۱۱۴ ریال تعیین شد. باتوجه به بالا بودن قیمت تمام شده هر متر مکعب پیشنهاد می‌شود بخش خصوصی وارد بازار تصفیه فاضلاب شود.
Deh-Haghi et al. (2020) به موضوع پذیرش و تمایل کشاورزان، به پرداخت هزینه برای استفاده از پساب تصفیه شده در آبیاری محصولات کشاورزی پرداختند. این مطالعه با استفاده از روش ارزش-گذاری مشروط و مدل پروبیت باینری، پذیرش کشاورزان از پساب تصفیه شده، یعنی تمایل آن‌ها به استفاده و پرداخت هزینه برای استفاده از پساب تصفیه شده در آبیاری محصولات کشاورزی و عوامل مؤثر بر تمایل کشاورزان به استفاده و پرداخت را در خرم آباد بررسی کرد. آزمایشات پساب تصفیه شده در منطقه مورد مطالعه نشان داد برای آبیاری سطحی محصولات مناسب است. تمایل کشاورزان به استفاده از فاضلاب تصفیه شده براساس کیفیت متمایز شد. Nazarpuri & Ghadi (2021) به ارزیابی هزینه‌های اقتصادی جایگزینی فاضلاب شهری تصفیه شده با آب تازه در بخش کشاورزی شهرستان بروجرد پرداختند. با استفاده از روش هزینه منفعت انواع هزینه‌ها و منافع شامل هزینه‌ها و منافع خصوصی و اجتماعی محاسبه و به سوالات تحقیق پاسخ داده شده است. یافته‌های تحقیق نشان داد که از لحاظ اقتصادی جایگزینی فاضلاب تصفیه شده شهری با آب تازه در کشاورزی شهرستان بروجرد قابل توجیه است. با انجام تحلیل حساسیت واکنش جواب‌های تحقیق به متغیرهای اصلی و اثرگذار اندازه‌گیری شده است. افزایش نرخ تنزیل به بیش از ۸ درصد موجب می‌شود که سوددهی طرح به شدت کاهش یافته و بخش خصوصی از ورود و سرمایه‌گذاری در این طرح روی‌گردان شود. Kalukhi et al. (2020) روش تصفیه فاضلاب و نقش آن بر قیمت پساب را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها دریافتند با توجه به هزینه‌های بهره‌برداری تصفیه‌خانه‌های فاضلاب مدرن باید جنبه اقتصادی موضوع مدنظر قرار گیرد تا ضمن رغبت مصرف کنندگان پساب، هزینه‌های تصفیه نیز تأمین شود.
Sajjadifar et al. 2017) آثار اقتصادی و مالی قیمت‌گذاری آب و فاضلاب ایران با فرانسه از جوانب گوناگون اثرات اقتصادی و مالی را نقد و بررسی کردند. در این خصوص، برای تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اقتصادی و مالی دو کشور، از شیوه‌های روندیابی، مقایسه مقطعی و تطبیقی استفاده شده است. نتایج نشان دهنده قدرت نقدینگی بالا، ریسک‌پذیری پایین، ایجاد ارزش افزوده اقتصادی، سودآوری مطلوب، کارآمدی بالا، قیمت‌گذاری اقتصادی، فعالیت‌های گسترده اقتصادی بین‌المللی، رضایت مشترکان و غیره در صنعت آب و فاضلاب فرانسه، به دلیل استفاده از رویکردهای اقتصادی قیمت‌گذاری آب و فاضلاب در مقایسه با بهره گیری از شیوه قیمت گذاری با رویکرد هزینه متوسط

در ایران دارد. Sajjadifar et al. (2017) به بررسی رویکردهای اقتصاد چرخشی فاضلاب در توسعه پایدار پرداختند. آن‌ها با استفاده از ارزش اقتصادی آب در بخش‌های مختلف اقتصادی کشور و پساب تخصیص داده شده به این بخش‌ها، سهم پساب فاضلاب در ایجاد ارزش افزوده اقتصادی کشور در سال ۱۳۹۴ را محاسبه کردند. نتایج نشان داد اقتصاد چرخشی پساب سبب ایجاد ارزش افزوده اقتصادی به میزان ۲،۲۵۱ میلیارد شده است. همچنین، Rezaei & Sarafzadeh (2017) امکان بازیافت پساب در شهر تهران را مورد بررسی قرار دادند و سپس به مرور چالش‌ها و فرصت‌های موجود پرداختند. مصرف سالانه آب شهری در تهران ۱۳۰۰ میلیون متر مکعب برآورد می‌شود که در حال حاضر حدود ۸۰۰ میلیون متر مکعب از آن از طریق مخازن سدهای اطراف شهر و مابقی از طریق چاه‌های مجاز وغیرمجاز در آبخوان دشت تهران تأمین می‌شود. در افق ۱۴۱۰، مجموع پساب تصفیه‌خانه‌های شهر تهران ۸۵۲/۵۵ میلیون‌متر مکعب در سال پیش‌بینی می‌شود، لذا می‌بایست برای مصرف این حجم آب برای بخش‌های کشاورزی، صنعت، فضای سبز، تغذیه آبخوان وغیره تدبیری اندیشیده شود. جهت رفع موانع و اثرات بازیافت پساب، استفاده از فناوری‌های مناسب، حرکت به سمت سیستم‌های تصفیه غیر متمرکز پساب و افزایش پذیرش اجتماعی ضروری خواهد بود.

- منابع خارجی

مقاله Salgado & Cunha (2023) با موضوع چالش‌های قیمت‌گذاری آب بازیافتی[5]، به بررسی چالش‌های فعلی در سیاست‌های قیمت‌گذاری آب بازیافتی بر اساس مطالعات موردی موجود در سراسر جهان می‌پردازد. هم‌چنین دستورالعملی برای قیمت‌گذاری آب بازیافتی بر اساس موانع، محرک‌ها و شیوه‌ها در اطراف تجربیات جهانی و ادبیات دانشگاهی یافت می‌شود را ارائه می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که شرایط محیطی محلی، ترتیبات سازمانی، ویژگی‌های فنی و اقتصادی عواملی هستند که تصمیم‌گیرندگان باید هنگام تعیین هزینه‌های آب بازیافتی درنظر بگیرند. از منظر اقتصادی، کم بودن یا نبود هزینه‌های آب شیرین و قیمت‌های یارانه‌ای شدید آب آشامیدنی، تعرفه‌های بازیابی کامل هزینه را برای آب بازیافتی غیرعملی می‌سازد. Villar& García-López (2023) پتانسیل استفاده مجدد از آب در اسپانیا و اهمیت تصمیم‌گیری آگاهانه را بر اساس اطلاعات مربوط به تنش آب، استفاده مجدد از فاضلاب و مطالعه موردی کانال دایزابل (مادرید) مورد مطالعه قرار می‌دهد. نتایج پتانسیل استفاده مجدد از فاضلاب را تأیید می‌کند. کشاورزی بهره‌وری آب کمتر از ۱ یورو در هر متر مکعب دارد و صنعت و خدمات به منابع آب خود نیاز دارند، اما محدودیت‌های مالی مانع از استفاده بیش‌تر از آب بازیافتی در تمام اقتصادها می‌شود.

Moral Pajares et al. (2019) انواع مختلف هزینه‌های مربوط به تصفیه فاضلاب شهری را در ۱۸ شهرداری یک استان در جنوب اروپا در سال ۲۰۱۷ تجزیه و تحلیل کردند. در این مطالعه، آن‌ها سه گزینه را پیدا کردند. اول، شارژ ثابت، بدون توجه به حجم آب مصرفی، دوم، نرخ‌های متغیر، و سوم، مدلی متشکل از یک شارژ ثابت و یک نرخ متغیر. Bouzit et al. (2016) نتایج یک بررسی سیستماتیک از مطالعاتی را ارائه کردند که برآوردهای فردی تمایل به پرداخت[6] (WTP) برای آب بازیافتی را ارزیابی کرده‌اند. از طریق استفاده از روش متاآنالیز[7] (MA)، نتایج ۸۴ برآورد WTP مربوط به ۲۲ مطالعه بین‌المللی که ۱۲ کشور را پوشش می‌دهند، تجزیه و تحلیل شده است. تخمین زده می‌شود که به طور متوسط تمایل به پرداخت برای آب بازیافتی ۵۲/۶۲ دلار برای هر خانوار در سال است. این نویسندگان هم‌چنین نشان می‌دهند که تمایل به پرداخت به روشی سیستماتیک با توجه به ویژگی‌های اجتماعی–اقتصادی و نگرش‌ها و برداشت‌های خود افراد نسبت به آب بازیافتی متفاوت است. Jeuland (2015) بیان کرد که در مواجهه با کمبود آب روز افزون، سیاست‌گذاران در خاورمیانه و شمال آفریقا (MENA[8]) به طور فزاینده‌ای علاقه‌مند به بهره‌برداری از منابع آب غیرمتعارف، مانند فاضلاب بازیافتی، برای برآوردن نیازهای آب هستند. این مقاله یک مدل مفهومی ساده جهت بررسی چگونگی تعامل تقاضا، میان کاربران مختلف با تأمین آب برای تولید موارد استفاده مجدد مختلف اعمال می‌شود. تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که محدودیت‌های مختلفی از استفاده‌ی مجدد رسمی از پساب در منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا جلوگیری می‌کند، از جمله مشکلات مربوط به هزینه استفاده مجدد، مشکلات مرتبط با تقاضای کم برای فاضلاب بازیافتی، فقدان گسترده سیگنال‌های قیمت مؤثر و بازیابی هزینه در بخش آب و چالش‌هایی نیز در ساختار تأمین مالی استفاده مجدد است. Molinos-Senante et al. (2012) مطالعه‌ای مبنی بر شناسایی محدودیت‌های اصلی مانع اجرای اصل بازیابی هزینه در استفاده مجدد از آب انجام دادند. علاوه بر این، یک تعرفه دو بخشی با ترکیبی از ساختار نرخ کاهشی و افزایشی برای شارژ متغیر به عنوان یک راه حل جزئی برای بهبود قیمت‌گذاری استفاده مجدد از آب پیشنهاد شده است. نرخ پایین آب آشامیدنی که در بیشتر موارد یارانه‌ای است، آب احیا شده را غیررقابتی می‌کند. اگر اصل بازیابی هزینه هم در صنعت آب آشامیدنی و هم در صنعت استفاده مجدد از آب اجرا می‌شد، تغییرات قابل توجهی در تعرفه‌ها ایجاد می‌شد و رقابت‌پذیری آب احیا شده را بهبود می‌بخشید.

در این بخش، مروری بر مطالعات داخلی و خارجی مرتبط با موضوع مقاله، انجام گرفت. نتایج مطالعات داخلی نشان دهنده آن است که استفاده از پساب از نظر اقتصادی قابل توجیه است. هم‌چنین بر اساس نوع استفاده پساب، قیمت‌گذاری‌های متعددی انجام شده است.

مطالعات خارجی نیز به بیان عوامل مؤثر بر قیمت پساب بر اساس تجربیات قیمت‌گذاری در مناطق مختلف و لزوم توجه به این عوامل جهت نیل به قیمت بهینه پساب می‌پردازد.

۲- روش پژوهش

در بحث قیمت‌گذاری اصطلاحات مختلفی نظیر ارزش[۹]، هزینه[۱۰]، قیمت[۱۱] و آب بها[۱۲] به طور گسترده و اغلب به جای یک دیگر در ادبیات قیمت‌گذاری آب استفاده می‌شود (Cornish et al., 2004). واژه ارزش در اقتصاد، از تعریف دقیقی برخوردار است و معادل قیمتی است که افراد به منظور به دست آوردن کالا یا خدمات تمایل به پرداخت دارند (Frör, 2007). ارزش انسان محور است و ذهنی است و هم‌چنین به وسیله تمایل به پرداخت افراد تعیین می‌شود. در واقع ارزش و قیمت دو مفهوم جدا از هم هستند. قیمت، هزینه به دست آوردن یک شی است یا به عبارت دیگر بیانگر مقدار پولی است که به ازای آن کالاهای مختلف در بازار عرضه و تقاضا می‌شوند یا مورد خرید و فروش قرار می‌گیرند (Bhatia et al., 1998).

هزینه کل آب شامل هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری[۱۳]، هزینه سرمایه[۱۴] (استهلاک سرمایه)، هزینه فرصت[۱۵]، هزینه‌های عوامل خارجی اقتصادی[۱۶] و هزینه‌های عوامل خارجی محیط زیستی[۱۷] است (هزینه کل پساب نیز مشابه هزینه کل آب است) (Bhatia et al., 1998). آب‌بها بخشی از قیمت آب است که مصرف کننده بابت استفاده از خدمات آب پرداخت می‌کند، که ممکن است بر حسب مترمکعب یا به ازای هر هکتار یا هر واحد دیگری نظیر ساعت استفاده آب و غیره باشد (Karamatzadeh, 2023). قیمت‌ها، در شرایط رقابت کامل، از طریق عرضه و تقاضا تعیین می‌شوند و برابر بودن قیمت با هزینه نهائی، شرط کارامدی منابع است. قیمت‌ها، تنها ابزاری برای پوشش هزینه‌ها نیستند، بلکه اگر با یک مکانیسم علمی استخراج شوند، نتیجه‌های مفید آن‌ها بیش تر از پوشش هزینه‌ها است و سبب تخصیص بهینه‌ی منابع می‌شود (Khashai & DolatAbadi, 2017).

۲-۱- قیمت‌گذاری پساب در ایران

با توجه به بند (د) ماده ۲۴ قانون توزیع عادلانه آب چون شرکت‌های آب منطقه‌ای استان باید پساب تولیدی را از شرکت‌های آب و فاضلاب یا فاضلاب تحویل گرفته و بهای مقرر آن را به شرکت‌های مذکور پرداخت نمایند و سپس خود آن را با توجه به مصارف مجاز در اختیار مصرف‌کنندگان قرار دهند، در اینجا فروشنده پساب شرکت‌های آب منطقه‌ای و آبفا است و مصرف‌کنندگان آن همان‌طور که در موارد مصرف پساب بیان گردید در بخش‌های شهری، صنعتی و کشاورزی قرار دارند (Ministry of Energy, 2015).

مطابق مواد ۹ و۱۱ قانون تشکیل شرکت‌های آب و فاضلاب و قانون برنامه‌های پنج ساله توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی قیمت‌گذاری آب و فاضلاب کشور توسط دولت انجام می‌شود. بنابراین قیمت گذاری آب و فاضلاب کشور متکی به اقتصاد دستوری (اقتصاد دولتی) است. طبق بخشنامه شماره ۵۹۳۸۲/۷۰۰ مورخ ۸۷/۶/۱ معاونت امور آب و آب وفاضلاب نیرو، نرخ فروش پساب فاضلاب از شرکت‌های آب و فاضلاب به شرکت‌های آب منطقه‌ای استان را تعیین و به شرکت‌ها برای اجرا ابلاغ می‌نماید. این درحالی است که تعرفه‌ها با هزینه تمام شده تطابق ندارد (Ministry of Energy, 2015). برخلاف نرخ‌گذاری آب خام و آب مشروب شهری که مرجع واحدی امر نرخ‌گذاری را می‌تواند عهده‌دار شود مانند مجلس شورای اسلامی، هیات وزیران، شورای اقتصاد و غیره نرخ گذاری برای فروش پساب نمی‌تواند با چنین مکانیسمی صورت پذیرد و باید طبق اصول اقتصادی تعیین قیمت محصول تولیدی در بازار بر مبنای قیمت منابع جایگزین و تمایل به خرید مصرف‌کنندگان و ساختار هزینه‌های جمع آوری و تصفیه فاضلاب و کیفیت پساب تولیدی و نوع استفاده آن نرخ‌گذاری شود و با توجه به اسناد قانونی، جهت فروش پساب پس از تعیین نرخ، باید امر تخصیص توسط شرکت مدیریت منابع آب انجام گیرد، یعنی با توجه به کیفیت پساب و متقاضیان و موارد مصرف، سازمان مذکور مقادیر کلی مصارف را تعیین و تخصیص دهد (Ministry of Energy, 2015).

پایه قیمت‌گذاری در صنعت آب و فاضلاب کشور بر مبنای بهای تمام شده (هزینه متوسط) و نوع کاربری است. در این نظام ابتدا تمام هزینه‌های عملیاتی درنظر گرفته شده و سپس این هزینه‌ها با توجه به کاربری‌های گوناگون، محدودیت‌های قانونی و سایر ملاحظه‌ها سرشکن شده و برای مشترکان گوناگون قیمت‌های متفاوتی ارائه می‌شود. حال با درک مفاهیم و اصطلاحات ذکرشده، به طور کلی قیمت‌گذاری آب براساس سه مبنای متفاوت تعیین می‌شود:

- عرضه و تقاضای بازار

براساس اصول علم محل تلاقی منحنی عرضه و تقاضای یک کالا قیمت بازاری است. در طرف عرضه هزینه نهایی تولید کالای مورد نظر تعیین کننده قیمت عرضه کالا است و در طرف تقاضا بسته به نوع مصرف کالای مورد نظر تمایل به پرداخت (مصرف نهائی) یا توانایی پرداخت مصرف کننده (مصرف واسطه) تعیین کننده قیمت تقاضای کالا است (Salut & Amirnejad, 2011).

- خصوصیات عرضه کل

در قیمت‌گذاری بر اساس خصوصیات عرضه کل، قیمت آب از طرف سازمان توزیع کننده آب با هدف پوشش هزینه کامل تأمین آب و یا درصدی از آن است (Sampath, 1992). در این خصوص انواع تعرفه گذاری، مانند نرخ گذاری ثابت و حجمی و غیره مطرح می‌شود.

- خصوصیات تقاضای کل

در قیمت گذاری آب بر اساس خصوصیات تقاضای کل نیز قیمت از دید مصرف‌کنندگان تعیین می‌شود.

حال با توجه به مطالب ذکر شده، روش قیمت گذاری استفاده شده در این پژوهش بر مبنای درنظر گرفتن عرضه و تقاضای بازار است.

۲-۲- روش‌های قیمت‌گذاری پساب

در طرف عرضه و تقاضای پساب، قیمت‌گذاری برحسب هزینه نهائی (Ministry of Energy, 2015)، هزینه متوسط (Yazdani & Tahamipour, 1393)، قیمت‌گذاری MOC[18] (هزینه فرصت) (Warford, 2003)، روش قیمت‌گذاری رمزی (Garcia & Reynaud, 2004)، تابع هزینه ترانسلوگ تعمیم یافته (Maziotis & Molinos-Senante, 2021)، ارزش‌گذاری مشروط، روش پسماند و غیره انجام می‌شود. در جدول ۲ این روش‌ها و مزایا و معایب آن‌ها نیز آورده شده است.

Table 2- Wastewater pricing methods (source: research findings)
جدول ۲- روش‌های قیمت‌گذاری پساب (منبع: یافته‌های پژوهش)

چهارچوب	نام روش برآورد	مزیت‌ها	معایب
تقاضا	ارزش‌گذاری مشروط	برآورد تقاضای آب بازیافتی به صورت دقیق	نیازمند اطلاعات و داده‌های وسیع و هم‌چنین تمرکز بر طرف تقاضا
تقاضا	روش پسماند	زمانی که محدودیت داده است کاربرد مناسبی جهت تخمین ارزش افزوده دارد.	فرض این روش این است که آب محدودیت دارد.
تقاضا	روش مشاهده مبادلات بازار	اطلاعات خرید و فروش آب یا پساب در بازار منطقه در جهت تعیین ارزش اقتصادی استفاده می‌شود و نیاز به محاسبات ریاضی و پیچیده ندارد.	ممکن است بازار مناسبی برای کالا شکل نگرفته باشد و قیمت بهینه و درستی داده نشود.
عرضه	تابع ترانسلوگ	نشان دهنده هزینه اقتصادی کارآمد تولید	نیازمند مدل‌سازی ریاضی و نرم‌افزار تخصصی
عرضه	روش برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی	برای تحلیل‌های منطقه‌ای و در کشورهای در حال توسعه مناسب است.	قیمت سایه‌ای را بدست می‌آورد.
عرضه	مدل بازیابی هزینه پیشنهادی	مدل بازیابی هزینه، یک قیمت حجمی دو بخشی (هزینه عمومی و هزینه ویژه) را پیشنهاد می‌کند که برای آن اصل آلاینده می‌پردازد، اعمال می‌شود.	نیازمند بکارگیری امکانات و تجهیزات اندازه‌گیری دقیق حجم آب مصرفی.
عرضه	روش هزینه فرصت حاشیه‌ای[18]	درنظر گرفتن تمامی هزینه‌ها به‌خصوص هزینه فرصت	جمع‌آوری اطلاعات و داد بسیار دشوار است.
عرضه	تحلیل هزینه-فایده (CBA*)	برآورد حداکثر سود خالص با توجه به هزینه‌ها و منافع	فقط هزینه‌های تصفیه تا درب کارخانه را محاسبه می‌کند نه هزینه‌های لازم برای تحویل آب بازیافتی.
عرضه	استفاده از اصل بازیابی هزینه	با درنظر گرفتن اصل بازیابی هزینه در پروژه‌های استفاده مجدد از آب، برای یک سال خاص (t)، تعرفه آب باید برابر یا بیش‌تر از هزینه تولید مجدد فاضلاب باشد.	تمرکز بر سمت عرضه.
عرضه	روش هزینه متوسط	قیمت تمام شده فاضلاب دربر گیرنده تمام هزینه‌های سرمایه گذاری، استهلاک و هزینه‌های جاری است.	جهت سادگی محاسبات نرخ تورم و نرخ بهره را همسان درنظر می‌گیرد.
عرضه و تقاضا	قیمت‌گذاری به روش رمزی	به دلیل بازدهی فزاینده نسبت به مقیاس صنعت آب این روش نسبت به هزینه نهائی برتری دارد.	تمرکز بر سمت عرضه

* Cost Benefit Analysis

در این پژوهش، با توجه به اینکه داده و آمار کلی به دلیل امنیتی بودن قابل دسترسی نبوده است، در جهت بررسی و تحلیل روش‌های قیمت‌گذاری پساب و پیشنهاد روش مناسب برای ایران و با توجه به فرضیات ذکر شده، نیاز به تحلیل و برآورد تابع هزینه بوده است. برای برآورد تابع هزینه مانند هزینه ترانسلوگ نیاز به زینه متغیر تولید، قیمت سرمایه، نیروی کار و مواد اولیه و غیره است. پس از مراجعات متعدد و مکاتبات با شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و شرکت آب و فاضلاب استان تهران و انجام روال اداری برای دریافت داده‌ها و اطلاعات، نتایج قابل قبولی حاصل نشد. بنابراین تلاش شد مطابق جدول ۲ از روشهایی استفاده شود که اطلاعات آنها در دسترس باشد و به این منظور از روش پسماند برای برآورد ارزش اقتصادی و از روش هزینه متوسط برای محاسبه هزینه تمام شده پساب استفاده شد.

۲-۳- روش برآورد قیمت طرف عرضه پساب (هزینه تمام شده پساب)

برای این منظور لازم است از منظر اقتصادی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب که خود عرضه کننده پساب هستند و پساب تولیدی خود را در قالب قراردادهای مختلف در اختیار صنایع قرار می‌دهند، بررسی شود. بدیهی است که فرایند تصفیه بنا به نوع مصرفی که از پساب تصفیه شده خواهد شد متفاوت است و هم‌چنین هزینه‌های متفاوتی نیز دارد. پس بنابراین یک تصفیه‌خانه فاضلاب قیمتی را باید تعیین کند که از منظر ارزیابی اقتصادی برای تصفیه‌خانه بهینه باشد و هزینه‌های آن را پوشش دهد. پس برای تعیین هزینه تمام شده تصفیه‌خانه نیاز به روش و رهیافت مناسب است. در رهیافت اقتصاد مهندسی، کلیه هزینه های سرمایه‌گذاری، جایگزینی و نگهداری و بهره‌داری در کل دوره عمر طرح محاسبه شده و با تشکیل جدول گردش نقدی هزینه‌ها و محاسبه معادل یکنواخت سالانه هزینه‌ها، هزینه تمام شده بدست می‌آید. با توجه به مطالب ذکر شده، این مطالعه به برآورد هزینه تمام شده کل برای یک تصفیه‌خانه فاضلاب در تهران می‌پردازد؛ زیرا برای نرخ گذاری پساب نیاز به تخمین و برآورد هزینه‌های تصفیه فاضلاب است.

اطلاعات مورد نیاز برای این پژوهش از شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور و جدول داده–ستانده ۱۳۹۵، طرح آمارگیری از کارگاه های صنعتی ده نفر کارکن ۱۳۹۹ مرکز آمار ایران استخراج شده است.

۲-۴- روش برآورد قیمت طرف تقاضای پساب (ارزش اقتصادی)

با درنظر گرفتن پساب به عنوان نهاده، برای مصارف مختلفی نظیر کشاورزی و صنعت، روش‌های مختلفی را برای ارزش‌گذاری و یا قیمت‌گذاری می‌توان به کار برد.

این پژوهش، به سبب کمبود داده، برای دستیابی به قیمت پساب، قصد دارد ارزش اقتصادی آب رابه عنوان قیمت طرف تقاضا در صنایع محاسبه کند، زیرا آن‌ها متقاضی آب هستند، بنابراین از روش پسماند استفاده شده است. در روش پسماند[۱۹] بر پایه تئوری رانت‌های اقتصادی، فرض بر این است که آب دارای عرضه (فیزیکی) محدود و ثابت است.

بر طبق تئوری اقتصاد رفاه، اثرات رفاهی تغییر قیمت و مقادیر (برای نهاده‌ها و ستانده‌ها) می‌تواند از تغییرات متناظر در رانت‌ها و شبه رانت‌ها اندازه‌گیری شود. بر طبق این تئوری رانت‌های اقتصادی به معنی هر نوع پرداخت برای یک نهاده که بیشتر از میزان مورد نیاز برای جذب آن نهاده در کاربرد فعلی آن است و شبه رانت اقتصادی به کل پرداخت‌هایی گفته می‌شود که به عوامل ثابت تعلق می‌گیرد. رانت‌های اقتصادی مربوط به آب شامل تمام رانت‌های اقتصادی که از استفاده آب در تولید استخراج می‌شود، است. رانت‌های اقتصادی غیر آبی نیز شامل تمام رانت‌های اقتصادی که از سایر نهاده‌ها استخراج می‌شود، است.

بنابراین دو نوع رانت اقتصادی قابل تفکیک است. ۱- رانت‌های اقتصادی وابسته به آب شامل تمام رانت‌های اقتصادی است که از آب به عنوان نهاده در فرآیند تولید استفاده می‌کنند. این نوع رانت اقتصادی با R^{w} نشان داده می‌شود. ۲- رانت اقتصادی مربوط به نهاده‌های غیرآبی (R^{nw}). اگر شبه رانت‌های اقتصادی معمولی با QR نشان داده شوند، اجزای کل درآمد با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود (Young, 2005):

$$TR = TVC + QR + R^{w} + R^{nw} \qquad (۱)$$

در این عبارت، درآمد کل به ترتیب برابر با جمع کل هزینه‌های متغیر (TVC)، شبه رانت معمولی (QR)، رانت اقتصادی مربوط به آب (R^{w}) و رانت‌های اقتصادی غیرآبی (R^{nw}) است. عبارت فوق می‌تواند به شکل رابطه زیر اصلاح شود:

$$R^{w} = TR - TVC - QR - R^{nw} \qquad (۲)$$

اگر کل هزینه‌های متغیر، شبه رانت‌ها و رانت اقتصادی غیرآبی جدا شده و اندازه‌گیری شود، می‌توان رانت‌های اقتصادی مربوط به آب را به عنوان ملاک رفاه بلندمدت مربوط به آب برای تولید کننده استخراج نمود (Tahamipour et al., 1398).

۳- نتایج

۳-۱- محاسبه هزینه تمام شده کل (رهیافت اقتصاد مهندسی)

حال باید از منظر اقتصادی تصفیه‌خانه‌های فاضلاب که خود عرضه‌کننده پساب هستند و پساب تولیدی خود را در قالب قراردادهای مختلف در اختیار صنایع قرار می‌دهند، بررسی شوند. بدیهی است که فرایند تصفیه بنا به نوع مصرفی که از پساب تصفیه‌شده خواهد شد، متفاوت است و هم‌چنین هزینه‌های متفاوتی نیز دارد. پس بنابراین یک تصفیه‌خانه فاضلاب قیمتی را باید تعیین کند که از منظر ارزیابی اقتصادی برای تصفیه‌خانه بهینه باشد و هزینه‌های آن را پوشش دهد. پس برای تعیین هزینه تمام‌شده تصفیه‌خانه نیاز به روش و رهیافت مناسبی است. در رهیافت اقتصاد مهندسی، کلیه هزینه‌های سرمایه‌گذاری، جایگزینی و نگهداری و بهره‌داری در کل دوره عمر طرح محاسبه شده و با تشکیل جدول گردش نقدی هزینه‌ها و محاسبه معادل یکنواخت سالانه هزینه‌ها، هزینه تمام‌شده بدست می‌آید. با توجه به مطالب ذکر شده، به برآورد هزینه تمام‌شده کل برای یک تصفیه‌خانه فاضلاب در تهران پرداخته؛ زیرا برای قیمت‌گذاری پساب نیاز به تخمین و برآورد هزینه‌های تصفیه فاضلاب است. این تحلیل به بررسی تصفیه‌خانه فاضلاب با توجه به دوره ساخت و دوره بهره‌برداری و هم‌چنین درنظر گرفتن هزینه‌های ثابت، هزینه‌های جاری می‌پردازد. سپس به طرح دو مدل پرداخته شده‌است:

- مدل ثابت (نشان‌دهنده قیمت در زمان خرید یا قیمت ثابت بدون درنظر گرفتن تورم)
- مدل جاری (تعدیل شده توسط عامل تورم)

برای بدست آوردن هزینه تمام‌شده پساب در وهله اول نیاز به درنظر گرفتن یک سری فروض است. مفروضات مدل ثابت به شرح زیر است:

- سال پایه ۱۴۰۲ است؛
- دوره ساخت ۲ سال فرض شده است؛
- دوره بهره‌برداری ۲۰ سال درنظر گرفته شده است؛
- نرخ تنزیل ثابت ٪۱۰ درنظر گرفته شده است.

مفروضات مدل جاری به شرح زیر است:

- سال پایه ۱۴۰۲ است؛
- دوره ساخت ۲ سال فرض شده است؛
- دوره بهره‌برداری ۲۰ سال درنظر گرفته شده است؛
- نرخ تنزیل جاری ٪۳۰ درصد فرض شده است؛
- نرخ تورم ٪۲۵ درنظر گرفته شده است؛
- نرخ استهلاک ٪۱۰ درصد درنظر گرفته شده است.

مشخصات کمی فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک غرب نیز مطابق جدول ۳ است.

Table 3- Quantitative characteristics of Tehran's Shahrak-e Gharb treatment plant

جدول ۳- مشخصات کمی تصفیه‌خانه

نام شهر یا منطقه	تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک غرب تهران
جمعیت تحت پوشش (نفر)	۱۲۱۰۰۰
فرآیند تصفیه	لجن فعال
تعداد مدول اجراشده	۱
ظرفیت اجراشده (M^3/d)	۲۴۰۰۰

هزینه‌های ثابت یک تصفیه‌خانه با تکنولوژی لجن فعال در سال ۱۴۰۲ مطابق جدول ۴ است.

Table 4- The cost of constructing a treatment plant based on 2023 prices

جدول ۴- هزینه احداث تصفیه‌خانه

ردیف	تصفیه‌خانه	میلیون ریال
۱	خدمات مهندسی، طراحی و غیره	۷۷۵۰۰
۲	کارهای ساختمانی	۱۳۱۷۰۰۰
۳	تهیه وخرید تجهیزات مکانیکی و قطعات یدکی	۱۳۹۴۵۰۰
۴	تهیه و خرید تجهیزات برقی و ابزار دقیق و قطعات یدکی	۵۳۸۴۰۰
۵	حمل کلیه تجهیزات تصفیه‌خانه تا محل نصب	۷۷۵۰۰
۶	نصب تجهیزات برق و ابزار دقیق	۷۳۶۰۰
۷	نصب تجهیزات مکانیک	۱۶۶۶۰۰
۸	راه‌اندازی کلیه تجهیزات	۱۳۹۴۰۰
۹	تجهیز و برچیدن کارگاه	۸۹۱۰۰
۱۰	خدمات مهندسی و نظارت مشاور کارفرما	۱۱۶۲۰۰
جمع تصفیه‌خانه		۳۹۸۹۷۰۰

در جدول ۴، هزینه‌های ثابت یک تصفیه‌خانه در سال ۱۴۰۲ که شامل هزینه‌های احداث و اجزای آن و هم‌چنین هزینه شبکه و خطوط انتقال و اجزای آن به تفصیل در جدول ۵ آورده شده است.

همچنین، هزینه‌های متغیر سال ۱۴۰۲ که شامل هزینه نیروی انسانی و هزینه بهره‌برداری و نگهداری است به تفصیل در جداول ۶ تا ۸ آورده شده است.

Table 5- Cost of network and transmission lines based on 2023 prices

جدول ۵- هزینه شبکه و خطوط انتقال

ردیف	شبکه و خطوط انتقال	میلیون ریال
۱	خدمات مهندسی، طراحی و غیره	۶۶۴۱۰۰
۲	تهیه و خرید لوله مربوط به شبکه و خطوط انتقال	۴۴۲۹۰۰
۳	اجرای شبکه جمع‌آوری فاضلاب	۴۰۹۹۳۰۰
۴	اجرای خطوط انتقال فاضلاب	۲۰۱۷۰۰
۵	مجوز نوار حفاری شبکه جمع‌آوری	۹۷۸۰۰۰
۶	مجوز نوار حفاری خطوط انتقال	۲۰۳۰۰
	جمع شبکه و خطوط انتقال	۶۴۰۶۳۰۰

Table 6- Manpower costs for a treatment plant

جدول ۶- هزینه‌های نیروی انسانی

عنوان شغل	تعداد شیفت	تعداد نفر در شیفت	کل نفرات	جمع حقوق (میلیون ریال)
سرپرست	۱	۱	۱	۲۱۰
کارشناس فرایند	۱	۲	۲	۳۷۶
کارشناس نت	۱	۲	۲	۳۶۴
کارشناس ایمنی	۱	۲	۲	۳۶۴
کارشناس بهره‌برداری	۱	۲	۲	۳۶۴
کارشناس آزمایشگاه	۱	۲	۲	۳۶۴
کارشناس برق	۱	۲	۲	۳۸۰
کارشناس مکانیک	۱	۲	۲	۳۸۰
ابدارچی	۱	۲	۲	۳۴۴
اپراتور	۲	۶	۱۲	۲۳۶۴
جمع ماهانه (میلیون ریال)				۵۵۱۰
جمع سالانه (میلیون ریال)				۶۶۱۲۰

در جدول ۶ حقوق پرسنل، ماهانه است. در سطر آخر جدول جمع حقوق ماهیانه تمامی پرسنل ضربدر ۱۲ ماه سال شده و جمع سالانه حقوق پرسنل به دست آمده است.

این تحلیل به بررسی تصفیه‌خانه فاضلاب با توجه به دوره ساخت و دوره بهره‌برداری و هم‌چنین درنظر گرفتن هزینه‌های ثابت، هزینه‌های جاری می‌پردازد. سپس به طرح مدل ثابت (نشان دهنده قیمت در زمان خرید یا قیمت ثابت بدون درنظر گرفتن تورم) و مدل جاری (تعدیل شده توسط عامل تورم) اقدام می‌کند.

Table 7- Operation and maintenance costs for a treatment plant

جدول ۷- هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری

شرح	نوع	واحد	مقدار	قیمت واحد (ریال)	قیمت کل (میلیون ریال)
مواد مصرفی	بلیچ	مترمکعب	۴۵	۱۸,۰۰۰,۰۰۰	۸۱۰
برق	برق مصرفی	کیلووات ساعت	۴۱۷,۱۰۰	۴۹۵۰۸۵۱/۴۸۵	۲۰۲/۵
	دیماند	کیلووات	۹۰۰		۰
انرژی	سوخت	لیتر	۱۵۰۰	۸۰۰۰	۱۲
نگهداری	ساختمان‌ها	ریال			۸۰
	تأسیسات	ریال			۱۱۵۰
تجهیزات یدکی		ریال			۱۵۰
تجهیزات ایمنی		ریال			۱۲۰
هزینه اجاره ماشین آلات، غذا، نگهبانی، حمل ونقل		ریال			۲۵۹۷
سایر					۱۰۸۳
جمع (میلیون ریال)					**۶۲۰۵**
بالاسری پرداختی					**۴۹۲۰**
جمع سالانه (میلیون ریال)					**۱۳۳۵۱۰**
هزینه بهره‌برداری سالانه شبکه (ریال)					**۵۴۱۰۰**

Table 8- Calculation of net present value and annual value (fixed model)

جدول ۸- محاسبه ارزش خالص کنونی و ارزش سالانه (مدل ثابت)

مدل ثابت		
شرح	**واحد**	**رقم**
ارزش حال هزینه‌های ثابت	میلیون ریال	۹,۲۶۵,۳۲۰
ارزش حال هزینه‌های متغیر	میلیون ریال	۱,۳۶۶,۵۴۷
ارزش حال کل هزینه‌ها	میلیون ریال	۱۰,۶۳۱,۸۶۷
معادل سالانه هزینه‌های ثابت	میلیون ریال	۱,۰۴۳,۰۱۴
معادل سالانه هزینه‌های متغیر	میلیون ریال	۱۵۳,۸۳۵
معادل سالانه هزینه‌های کل	میلیون ریال	۱,۱۹۶,۸۴۹
کل حجم پساب سالانه	میلیون متر مکعب	۶,۸۷
هزینه تمام شده ثابت	ریال بر متر مکعب	۱۵۱,۸۲۲
هزینه تمام شده متغیر	ریال بر متر مکعب	۲۲,۳۹۲
هزینه تمام شده کل	ریال بر متر مکعب	۱۷۴,۲۱۴

در ارزیابی مالی، ارزش حال همان جریان‌های نقدی تنزیل‌شده است. در این پژوهش با درنظر گرفتن فرض نرخ تنزیل در مدل ثابت یعنی بدون درنظر گرفتن تورم (٪۱۰)، هزینه‌های ثابت و جاری از سال ۱۴۰۲ تا ۱۴۲۴ به سال مبنا منتقل شده است و ارزش حال این هزینه‌ها به دست آمده است (جدول ۹). سپس این ارزش حال هزینه‌ها سالیانه شده است (معادل سالانه هزینه‌های ثابت). در مدل جاری نیز با توجه به فروض گفته شده به همین شکل با درنظر گرفتن عامل تورم ارزش حال محاسبه شده است. مدل جاری به دلایل زیر از مدل ثابت بهتر است:

- شرایط واقعی کشور را نشان می‌دهد؛
- هزینه فرصت را لحاظ می‌کند.

Table 9- Calculation of net present value and annual value (current model)

جدول ۹- محاسبه ارزش خالص کنونی و ارزش سالانه (مدل جاری)

مدل جاری		
شرح	واحد	رقم
ارزش حال هزینه‌های ثابت	میلیون ریال	۹,۹۰۹,۵۶۵
ارزش حال هزینه‌های متغیر	میلیون ریال	۲,۴۴۰,۴۰۳
ارزش حال کل هزینه‌ها	میلیون ریال	۱۲,۳۴۹,۹۶۸
معادل سالانه هزینه‌های ثابت	میلیون ریال	۲,۹۸۰,۰۰۶
معادل سالانه هزینه‌های متغیر	میلیون ریال	۷۳۳,۸۷۹
معادل سالانه هزینه‌های کل	میلیون ریال	۳,۷۱۳,۸۸۵
کل حجم پساب سالانه	میلیون متر مکعب	۶,۸۷
هزینه تمام شده ثابت	ریال بر متر مکعب	۴۳۳,۷۷۱
هزینه تمام شده متغیر	ریال بر متر مکعب	۱۰۶,۸۲۴
هزینه تمام شده کل	ریال بر متر مکعب	۵۴۰,۵۹۵

۳-۲- روش ارزش‌گذاری پسماند

برای برآورد ارزش آب در مصارف صنعتی و معدنی با روش پسماند ابتدا تمام هزینه‌های واسطه‌ای به غیر از هزینه آب از ارزش ستانده کسر می‌شود تا ارزش افزوده که درآن ارزش مربوط به آب نیز مستتر است به دست آید. سپس لازم است با درنظر گرفتن مفروضاتی، اقلام تشکیل دهنده ارزش افزوده در روش جمع (شامل استهلاک، خالص مالیات، جبران خدمات و مازاد عملیاتی) محاسبه و از آن کسر شود تا کل ارزش آب محاسبه شود. در نهایت از تقسیم کل ارزش آب بر میزان اب مصرفی ارزش هر متر مکعب به دست خواهد آمد (Tahamipour et al., 2019).

ابتدا از جدول داده–ستانده سال ۱۳۹۵ سهم مازاد عملیاتی از ارزش افزوده برای کدهای مختلف صنعتی استخراج و متناسب با سهم به دست آمده، مازاد عملیاتی (مازاد عملیاتی طبق تعریف مرکز آمار ایران و بانک مرکزی شامل سود، اجاره و بهره است) از ارزش افزوده فعالیت‌های صنعتی استخراج شده است (Tahamipour et al., 2019).

با استفاده از جداول آماری کارگاه‌های صنعتی ۱۰ نفر کارکن و بیش‌تر کل کشور (۱۳۹۹)، ارزش نهاده‌های فعالیت‌های صنعتی تهران، ارزش ستانده‌های فعالیت‌های صنعتی تهران، آب خریداری شده، تعداد کارگاه‌ها در تهران، جبران خدمات و مالیات غیر مستقیم و عوارض استخراج شد. سپس با استفاده از جدول داده–ستانده (۱۳۹۵)، سهم درامد مختلط و مازاد عملیاتی (خالص) محاسبه و پس از آن استهلاک به روش نزولی و مازاد عملیاتی (شامل سود، بهره، اجاره) نیز محاسبه شد. با استفاده از داده‌های استخراج شده ارزش افزوده آب به شرح زیر محاسبه می‌شود (Tahamipour et al., 2019):

$$\text{ارزش افزوده آب} = \text{ارزش ستانده} - \text{ارزش نهاده} + \text{آب خریداری شده} - \text{جبران خدمات} - \text{مالیات} - \text{استهلاک} - \text{مازاد عملیاتی} \quad (۳)$$

$$\text{ارزش هر متر مکعب آب} = \frac{\text{ارزش افزوده آب}}{\text{مقدار آب مصرفی}} \quad (۴)$$

ارزش افزوده بر حسب میلیون ریال و مقدار آب مصرفی بر حسب میلیون متر مکعب است (جدول۱۰).

Table 10- Calculation of the added value of water and its value per cubic meter

جدول ۱۰- محاسبه ارزش افزوده آب و ارزش هر متر مکعب آن

صنعت	مقدار
ارزش ستانده‌های فعالیت صنعتی (میلیون ریال)	۴۲۶۲۷۴۹۹۹۱
ارزش نهاده‌های فعالیت صنعتی (میلیون ریال)	-۳۱۹۶۱۷۱۱۴۶
آب خریداری شده (میلیون ریال)	+۱۶۶۲۱۵۹
جبران خدمات (میلیون ریال)	-۳۰۲۵۷۶۲۴۴
مالیات غیرمستقیم و عوارض (میلیون ریال)	-۲۳۶۴۸۲۶۸
استهلاک روش نزولی (میلیون ریال)	-۱۶۳,۳۶۸,۴۰۴
مازاد عملیاتی (شامل سود و بهره و اجاره)	-۴۶۲۰۶۷۴۳۴/۹
ارزش افزوده آب (میلیون ریال)	۱۱۶,۵۸۰,۶۵۳
مقدار آب مصرفی بر حسب میلیون مترمکعب	۱۱۹/۷
ارزش اقتصادی هر متر مکعب (ریال)	۹۷۳,۹۶۵

در این پژوهش، ابتدا به برآورد هزینه تمام شده کل برای یک تصفیه‌خانه فاضلاب در تهران پرداخته شده است. هزینه تمام شده کل در مدل ثابت معادل ۱۷۴,۲۱۴ ریال بر متر مکعب و هزینه تمام شده کل در مدل متغیر نیز معادل ۵۴۰,۵۹۵ ریال بر متر مکعب محاسبه شد. در وهله دوم به بررسی ارزش آب برای فعالیت‌های صنعتی و تحلیل آن‌ها و در آخر به برآورد ارزش افزوده آب در هریک از انواع فعالیت‌های صنعتی در تهران پرداخته شد.

۴- نتیجه‌گیری

هزینه تمام شده کل در مدل ثابت معادل ۱۷۴,۲۱۴ ریال بر متر مکعب و هزینه تمام شده کل در مدل متغیر نیز معادل ۵۴۰,۵۹۵ ریال بر متر مکعب محاسبه شد. همچنین، ارزش هر متر مکعب آب در کل صنعت مبلغ ۹۷۳,۹۶۵ ریال بر متر مکعب و ارزش افزوده آب بدست آمده برای کل صنایع در تهران در سال ۱۳۹۹، مبلغ ۱۱۶,۵۸۰,۶۵۳ میلیون ریال است. درحال حاضر قیمت پساب حدود ۱۶۸۱۸۲ ریال بر متر مکعب عنوان شده است؛ اما از نقطه نظر اقتصادی قیمت تعادلی از تلاقی بین عرضه و تقاضا یعنی قیمتی بین هزینه تمام شده کل هر متر مکعب پساب و ارزش هر متر مکعب آب بدست می‌آید. در این پژوهش، مشاهده می‌شود کف قیمت به دست آمده در مدل ثابت (۱۷۴،۲۱۴ ریال بر متر مکعب) از قیمت پساب در بازار (۱۶۸۱۸۲ ریال بر متر مکعب) بیشتر است. با توجه به اختلاف بسیار زیاد بین ارزش اقتصادی آب و هزینه هر متر مکعب پساب پیشنهاد می‌شود با اصلاح نظام قیمت‌گذاری این نهاده و با تبعیض قیمت بین صنایع، قیمت‌ها به مقدار تعادلی خود نزدیکتر شوند. تبعیض قیمت بین صنایع، به این صورت است که صنایعی که ارزش افزوده بالاتری نسبت به سایر صنایع دارند، این صنایع توانایی پرداخت بالاتری نسبت به سایر صنایع نیز دارند و می‌توانند در اولویت پرداخت قیمت بالاتر باشند و در مقابل از صنایعی که توان پرداخت ندارند، حمایت شود.

در کشور ما قیمت‌گذاری پساب با پشتوانه اقتصادی محکمی صورت نگرفته است. در این ارتباط در نشریه ۰۶ شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور، قیمت تمام شده هر متر مکعب محصول مطابق نشریه ۶۷۵ سازمان برنامه و بودجه کشور برابر است با مجموع هزینه‌های پروژه در طول عمر مفید آن تقسیم بر کل حجم پساب تولیدی در طول عمر مفید. قیمت فروش هر متر مکعب محصول بر اساس هزینه‌های مورد نیاز برای تولید آن اعم از هزینه‌های انجام شده در گذشته است که می‌بایست برای سال مبنا به روز رسانی شود و هزینه‌های فعلی استخراج می‌شود. در این راستا ضروری است تا هزینه‌های مربوط به تملک زمین، نصب انشعابات، احداث شبکه‌های اصلی و فرعی، احداث تصفیه‌خانه، بهره‌برداری اورهال و سایر هزینه‌های چرخه تولید محصول استخراج شده و با توجه به حجم محصول طرح، هزینه تمام شده هر متر مکعب از آن احصاء می‌شود. قیمت تمام شده هر متر مکعب محصول با استفاده از تکنیک‌های اقتصاد مهندسی و با نرخ بهره تنزیل مندرج در نشریه شماره ۳۱۲۳۱ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با عنوان شرح خدمات و روش محاسبه حق‌الزحمه مطالعات توجیه فنی اقتصادی-اجتماعی و زیست محیطی طرح‌های فاضلاب شهری استخراج می‌شود. طبق محاسبات انجام شده توسط راهنمای فروش

پساب (نشریه۰۶)، کف قیمت پساب ۱۶۸۱۸۲ ریال به دست آمده است. این کف قیمت هنگام واگذاری پساب تغییر می‌کند. پس بنابراین لازم است سمت تقاضای پساب نیز درنظر گرفته شود و سپس از تلاقی تمایل به پرداخت و در مصارف صنعتی باتوجه به ارزش افزوده‌ای که این نهاده ایجاد می‌کند با سمت عرضه پساب قیمت تعادلی تعیین شود. و در آخر با استفاده از سیاست‌ها و تعرفه‌ها این قیمت‌ها به مقدار تعادلی خود نزدیک‌تر شوند.

روش مناسب قیمت‌گذاری پساب در ایران چیست؟

با توجه به نتایج پژوهش و به دنبال اهداف تعیین شده برای این پژوهش، از آنجایی که آب بازیافتی منبع تأمین نسبتاً جدیدی است، بخش آب هنوز یک استراتژی قیمت‌گذاری برای آب بازیافتی اتخاذ نکرده است. علاوه بر این، ارزیابی و توزیع هزینه‌های مرتبط با تولید آب بازیافتی ذاتاً پیچیده است، که هم عملکرد آب و هم فاضلاب را منعکس می‌کند و قضاوت‌هایی را در مورد مدیریت بهینه هزینه‌های مشترک ضروری می‌کند (Water & Needs, 2011). هزینه‌های مربوط به دفع پساب بر اساس نوع پساب متفاوت است. هم‌چنین هزینه‌های مربوط به دفع پساب بر اساس استفاده از پساب تعیین می‌شود و حتی برای تصفیه فاضلاب بر اساس نوع مصرف در آینده (شرب، کشاورزی، صنعت، ابیاری فضای سبز و غیره) نوع فرآیند تصفیه و هزینه‌های آن نیز متفاوت است. شرایط محلی، سیاست‌ها و قوانین نیز در قیمت‌گذاری نقش دارند. هم‌چنین پساب چون می‌تواند یک کالای جانشین برای آب باشد، پس عدم ارزش‌گذاری صحیح و عدم قیمت‌گذاری مناسب (مثل یارانه و غیره) در تعیین ارزش پساب نقش دارند. زمانی که بازار فروش پساب رقابتی نباشد، قیمت به خودی خود از مقادیر بهینه فاصله می‌گیرد. جهت نیل به مقدار بهینه نرخ گذاری پساب نقش حیاتی دارد.

پی‌نوشت‌ها

۱- سایر مصارف شامل آب به هنگام پایداری جریان آب رودخانه و غیره است.

2- Wastewater Treatment Plant
3- Positive Mathematical Planning
4- Contingent Valuation Method
5- Recycled Water
6- Willingness-to-Pay
7- Meta-Analysis
8- Middle East and North Africa
9- Value
10- Cost
11- Price
12- Water Charge
13- Operation and Maintenance (O&M) Cost
14- Capital Costs
15- Opportunity Costs
16- Economics Externalities
17- Environmental Externalities
18- Marginal Opportunity Cost
19- Residual Valuation Method (RVM)

۵- قدردانی

از شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور به دلیل در دسترس قرار دادن اطلاعات و داده‌های مورد نیاز مربوط به هزینه‌های یکی از تصفیه‌خانه‌های لجن فعال در تهران و کلیه عزیزانی که مارا در روند این پژوهش یاری کردند قدردانی می‌شود.

۶- منابع

Amirnejad H & Atai Salut K (2011) Economic valuation of environmental resources. Tehran, Publication of Voice of Christ (In Persian)

Angelakis A N, Snyder S A (2015) Wastewater treatment and reuse: Past, present, and future. 9p, Deptartment of Chemical & Environmental Engineering, University of Arizona

Asadi M, Mazaheri M, Abdul Manafi N (2021) Analytical review of existing conditions and explanation of the future state of the water crisis in the country. Infrastructure Studies (Water Group), Islamic Council Research Center, https://report.mrc.ir/article_9047_67c3fb8962cff65f4c273060beb5cf29.pdf (In Persian)

Bouzit M, Das S, & Cary L (2016) Valuing treated wastewater and reuse: preliminary implications from a meta-analysis. Water Economics and Policy 3(3)

Frör O (2007) Rationality concepts in environmental valuation. https://library.oapen.org/bitstream/id/1e9074d6-e5da-4972-a4a9-31bcd2bed613/1003264.pdf

Cornish G, Bosworth B, Perry C, & Burke J (2004) Water charging in irrigated agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nation, https://bluebird-duck-b3cb.squarespace.com/s/Water-charging-in-irrigated-agriculture.pdf

Hanjra M A, Drechsel P, Mateo-sagasta J, Otoo M, Hernandez-Sancho F (2015) Assessing the Finance and Economics of Resource Recovery and Reuse Solutions Across Scales. Springer Science Business Media Dordrecht, Wastewater, 113–136

Warford J J (2003) Marginal Opportunity Cost Pricing for Muncipal water supply. Special Papers, 1-21

Jeuland M (2015) Challenges to wastewater reuse in the Middle East and North Africa. Middle East Development Journal 7(1):1–25

Jhansi S C, & Mishra S K (2013) Wastewater Treatment and Reuse: Sustainability Options. Consilience 10(1):1–15

Karamatzadeh A (2023) Investigating the effectiveness of the pricing system and the water market in the agricultural sector and its effect on saving and re-allocating water and the environment. National Center for Strategic Studies of Agriculture and Water (In Persian)

Khashai M, & Dawoodabadi M (2016) Comparing the economic and financial effects of water and sewage pricing in Japan and Iran. Journal of Water and Sustainable Development 4(1):21–30 (In Persian)

Krugman P (2010) Microeconomics. 2nd ed, https://studyroombd.files.wordpress.com/2014/08/microeconomics-2nd-krugman-wells.pdf

Maziotis A, & Molinos-Senante M (2022) Economies of integration and sources of change in productivity in the Chilean water and sewerage industry: A translog cost function approach. Environmental Science and Pollution Research 29:8503–8513

Ministry of Energy (2015) A guide to planning, managing and determining wastewater treatment plant effluent tariffs for reuse. Vice-Chancellor of Technical and Development of Infrastructure Affairs, Ministry of Energy, Country Management and Planning Organization, Code No. 675

Molinos-Senante M, Hernandez-Sancho F, & Sala-Garrido R (2012) Tariffs and cost recovery in water reuse. Water Resource Manage 27:1797–1808

Najafian D, Gadami H, Aryai A (2023) Management of water resources and reuse of wastewater, providing sustainable water resources in Alborz province. Tehran, 13th International Congress of Civil Engineering (In Persian)

National Research Council (2012) Water reuse: Potential for expanding the nation's water supply through reuse of municipal wastewater. Washington, DC: The National Academies Press

Nazarpouri A & Qeydi A (2021) Evaluating the costs of replacing urban treated wastewater with fresh water in the agriculture of Borujerd city. Promotional Journal of Water Conservation and Productivity 2(3):26-32(In Persian)

Rezaei M & Sarafzadeh M (2017) Investigating the opportunities and obstacles of wastewater recycling in urban uses, a case study of Tehran metropolis. Iran Water Resources Research 12(4):36–49 (In Persian)

Bhatia R, Rogers P, Huber A (1998) Water as a social and economic good: How to put the principle into practice. Water Partnership/Swedish International Development Cooperation Agency, Global Water Partnership (GWP)

Sajjadifar H, Daudabadi M, Dolatshahi H (2018) Comparing the economic and financial effects of water and sewage pricing in Iran and France in persian. Iran Water and Wastewater Association, National conference on water consumption management with the approach of waste reduction and recycling (In Persian)

Sajjadifar H, Qaneh A, Daudabadi M, Shalposh S (2016) Approaches to the circular economy of wastewater in sustainable development. Journal of Water and Sustainable Development 4(2):1-12 (In Persian)

Salgado T & Cunha R (2023) Challenges of recycled water pricing. Utilities Policy 82(c)

Sampath R K (1992) Issues in irrigation pricing in developing countries. World Development 20(7):967–977

Tahamipour M, Khazaei A, Kolivand F (2019) Analysis of the tariff system and the economic value of water in Iran's industrial sector. Journal of Water and Sustainable Development 6(3):119–130 (In Persian)

Tehran Wastewater Company (2023) Technical-financial explanatory report on the transfer of a part of the effluent of Shahrek Gharb sewage treatment plant. Financial Resources Equipping and Partnership Development Office, Tehran Water and Wastewater Engineering Company,1-12

Villar A, & García-López M (2023) The potential of wastewater reuse and the role of economic valuation in the pursuit of sustainability: The case of the Canal de Isabel II. Sustainability 15(1):843

Yang H & Abbaspour K C (2007) Analysis of wastewater reuse potential in Beijing. Desalination 212(1–3):238–250

Yazdani S, Hassan Vand M, Rafiei H, Saleh I (2022) Determining the optimal tariff for treated wastewater in the southern agricultural sector of Tehran province. Journal of Economic Research and Agricultural Development of Iran 53(1):91-108 (In Persian)

Yazdani S & Tahamipour M (2015) Simulation of the effect of different pricing scenarios on the urban water tariff system in persian. Water and Wastewater Journal 26(1):97-106 (In Persian)

Young R A (2005) Determining the economic value of water: Concepts and methods. Washington, DC, USA