dx.doi.org/10.22093/wwj.2019.102533.2520

Original Paper

Jouranl of Water and Wastewater, Vol. 30, No.5, pp: 99-111

Economic Evaluation of the Use of Treated Wastewater and the Cost of Pollution Control for Irrigation of Green Spaces in the City of Zahedan

M. Dorri[1], J. Shahraki[2], A. Sardar Shahraki [3]

1. MSc Student of Economics, Dept. of Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
2. Assoc. Prof., Dept. of Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
(Corresponding Author) j.shahraki@eco.usb.ac.ir
3. Assis. Prof., Dept. of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

(Received Apr. 12, 2018 Accepted Nov. 21, 2018)

To cite this article:
Dorri, M., Shahraki, J., Sardar Shahraki, A., 2019, "Economic evaluation of the use of treated wastewater and the cost of pollution control for irrigation of green spaces in the city of Zahedan." Journal of Water and Wastewater, 30(5), 99-111. Doi: 10.22093/wwj.2019.102533.2520. (In Persian)

Abstract

The limited and vulnerable water resources in the world have a special economic value with social, economic and environmental impacts. Water resources constraints and the need for optimal use of these resources show the necessity and importance of using refined wastewater. In this research, the economic evaluation of the use of treated wastewater in Zahedan green irrigation with economic and financial justification and focus on the environmental benefits of the wastewater treatment process are considered. Two scenarios are considered in this research: In the first case, according to the sales price of water equal to 3000 and 45000 Rials, an estimate has been made and in the second scenario, the environmental benefits and benefits of the project are estimated by estimating the shadow price of pollutants and pollutants from wastewater treatment. The data used in this study was based on spending patterns Water and Wastewater Company has chosen Zahedan, the capital city of Sistan and Baluchestan Province as the location of the project. The findings of the study conducted in the first scenario show that the project is not justified in this scenario, the net value of the project over a period of 20 years and a 25 percent rate of return equal to -182.2065617 Rials as well as the benefit to cost ratio in this scenario is 0.68 times. The second scenario examines the reduction of the environmental impact of wastewater treatment processes for the manufacture of shadow prices of undesirable and pollution control has been dealt with distance function. The average shadow price for adverse outcomes, including total biochemical oxygen demand, total chemical oxygen demand (BOD and COD) wastewater treatment ranged between 94-92 years, respectively -100.1, -319.75, -500.6. Shadow price must interpret whether we want the wastewater treatment plant and produce undesirable emissions (BOD and COD) reduce. This will produce less than the desired output (treated water) or increase the use of inputs in remediation and disposal of the product is desirable.

Keywords: Economic Evaluation, Wastewater, Treatment, Zahedan Green Space.

dx.doi.org/10.22093/wwj.2019.102533.2520

مجله آب و فاضلاب، دوره ۳۰، شماره ۵، صفحه: ۱۱۱-۹۹

ارزیابی اقتصادی استفاده از پساب فاضلاب شهری و هزینه کنترل آلودگی در آبیاری فضای سبز شهر زاهدان

محمد دری[۱]، جواد شهرکی[۲]، علی سردارشهرکی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه اقتصاد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
۲- دانشیار، گروه اقتصاد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
(نویسنده مسئول) j.shahraki@eco.usb.ac.ir
۳- استادیار، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

(دریافت ۹۷/۱/۲۳ پذیرش ۹۷/۸/۳۰)

برای ارجاع به این مقاله به صورت زیر اقدام بفرمایید:
دری، م.، شهرکی، ج.، سردار شهرکی، ع.، ۱۳۹۸، " ارزیابی اقتصادی استفاده از پساب فاضلاب شهری و هزینه کنترل آلودگی در آبیاری فضای سبز شهرستان زاهدان " مجله آب و فاضلاب، ۳۰(۵)، ۱۱۱-۹۹. Doi: 10.22093/wwj.2019.102533.2520

چکیده

منابع آب محدود و آسیب‌پذیر در جهان، ارزش اقتصادی، اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی ویژه‌ای دارند. محدودیت منابع آب و ضرورت استفاده بهینه از این منابع، اهمیت استفاده از پساب‌های تصفیه شده را نشان می‌دهد. در پژوهش حاضر، ارزیابی اقتصادی استفاده از پساب تصفیه شده فاضلاب در آبیاری فضای سبز زاهدان، با توجیه‌پذیری اقتصادی و مالی و تمرکز بر منافع محیط زیستی ناشی از فرایند تصفیه فاضلاب مورد توجه قرار گرفت. دو سناریو در این پژوهش مدنظر قرار گرفتند. در حالت اول با توجه به قیمت فروش آب که برابر با ۳۰۰۰ و ۴۵۰۰۰ ریال است، اقدام به تخمین طرح شد و در سناریو دوم، با برآورد قیمت سایه‌ای آلودگی‌ها و آلاینده‌های ناشی از تصفیه فاضلاب، به ارزیابی مزایا و منافع محیط زیستی طرح پرداخته شد. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش، بر اساس الگوهای هزینه‌کرد شرکت آب و فاضلاب استان سیستان و بلوچستان جمع‌آوری شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، انجام طرح پروژه از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر نیست و ارزش خالص پروژه طی مدت ۲۰ سال و با نرخ بازدهی ۲۵ درصد برابر ۱۸۲/۲۰۶۵۶۱۷- ریال و همچنین نسبت منفعت به هزینه در این سناریو برابر ۰/۶۸ به‌دست آمد. در سناریوی دوم به بررسی کاهش اثرات محیط زیستی ناشی از فرایند تصفیه فاضلاب با تبیین قیمت سایه‌ای برای تولیدات نامطلوب و کنترل آلاینده‌ها، با استفاده از تابع مسافت نهاده پرداخته شد. نتایج نشان داد که میانگین قیمت سایه‌ای برای خروجی نامطلوب شامل BOD و COD تصفیه فاضلاب در بازه زمانی بین سال‌های ۹۲ تا ۹۴ به‌ترتیب ۱۰۰/۰۱-، ۳۱۹/۷۵- و ۵۰۰/۶- است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی اقتصادی، فاضلاب، تصفیه، فضای سبز زاهدان

۱- مقدمه

محدودیت منابع آب در مناطق خشک و نیمه خشک یکی از مهم‌ترین معضلات موجود در بخش تأمین آب کشاورزی است. به‌همین دلیل استفاده از منابع آب غیرمتعارف از جمله پساب تصفیه‌خانه‌ها در این مناطق اهمیت زیادی دارد (Niknam et al., 2011). کاربرد پساب به‌عنوان یک منبع دائمی آب در بخش کشاورزی و فضای سبز، علاوه بر تأمین بخشی از نیازهای آبی این بخش، باعث صرفه‌جویی و دوام منابع آبی موجود نیز می‌شود. علاوه بر این وجود عناصر غذایی گیاهی در پساب تصفیه‌خانه‌ها، مصرف

dx.doi.org/10.22093/wwj.2019.102533.2520

کودهـای شـیمیایی و آلـی را بـه همـراه دارد (Razeghi and Mansouri, 2015).

به‌کارگیری پساب در کشاورزی و آبیاری فضای سبز اگر چه با فواید زیادی همراه است، ولی چنانچه این امر بـدون برنامـه‌ریـزی دقیق و مدیریت و نظارت صـحیح انجـام پـذیرد مـی‌توانـد اثـرات اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی متعددی را در پی داشته باشـد. از آن جمله می‌توان به عدم پذیرش از سـوی مـردم و جامعـه، عـدم وجود بازار مناسب برای عرضه محصولات تولیدی، تجمـع عناصـر سـنگین و سـایر عناصـر سـمی در خـاک و گیاهـان، آلـودگی منـابع آب‌های سطحی و زیرزمینی و از همه مهـم‌تـر شـیوع بیمـاری‌هـای مختلف اشاره نمود. در سال‌های اخیر به‌دلیل محدودیت منابع آبی، افزایش جمعیت، توسعه شهرنشینی، صـنایع کشـاورزی و همچنـین توسعه و اجرای طرح‌هـای متعـدد جمع‌آوری و تصـفیه فاضـلاب، کاربرد پسـاب در امـر آبیـاری فضـای سـبز و کشـاورزی، اهمیـت ویژه‌ای یافته و در اولویت‌های برنامه‌ریزی مدیریت منابع آب قرار گرفته است. کمبود آب در ایران به وضعیت حاد و بحرانی رسیده و برنامـه‌ریـزان و مـدیران منـابع آب را مجبـور سـاخته تـا در برنامه‌ریزی‌های توسعه، به‌کلیه منابع متعارف و غیرمتعـارف آب و اسـتفاده از پسـاب شـهری و آب خـام توجـه خـاص نماینـد (Sardar Shahraki, 2016).

وضعیت آبی در شهرستان زاهدان، به گونـه‌ای اسـت کـه تـأمین آب مورد نیاز بخش فضای سبز با چالش جدی مواجه است. با توجه به سرانه کم فضای سبز در شهر زاهدان که تقریباً ۴ مترمربع به ازای هر نفر است و فاصله زیاد این سرانه با حدود استاندارد کشوری کـه ۱۲ متر مربع است، باید در راستای تأمین آب پایدار و دائمی مورد نیاز فضای سبز، برنامه‌ریزی‌های بلند مدت انجـام شـود (Sardar Shahraki, 2016).

یافتن راه‌حلی که علاوه بر کاهش مشـکلات محـیط زیسـتی از نظر اقتصادی نیز مفید باشد، ضروری است. به‌همین دلیل به‌عنـوان بخشی از استراتژی ملی برای محافظت از محیط زیست و اسـتفاده اقتصادی از منابع آب موجود، باید با اجرای برنامه‌هـای مناسـب و ایجاد امکانات لازم برای جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب شهری، روند آلوده‌سازی محیط را نیز بهبود بخشید (Razeghi and Mansouri, 2015).

با توجه به محل تخلیه پساب خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر زاهدان، تصفیه تکمیلی و پیشرفته برای حفـظ محـیط زیسـت نیـاز است. از طرفی با توجه به اینکه ۸۰ درصد آب مصـرفی شـهرها بـه فاضلاب تبدیل می‌شود، بازچرخانی آن در شهر گزینه‌ای اسـت کـه در کم‌رنگ کردن پیامدهای بحران کم آبی نقش قابل تـوجهی دارد. در کشورهای ژاپن، آمریکا، تونس به‌ترتیب ۴۱، ۶۰ و ۱۵ درصد و در کشور چین ۱/۳۳ میلیون هکتار از اراضی کشـاورزی و فضـای سبز توسط پساب آبیاری می‌شوند. در کشور ایران نیـز کـه از یـک سو با مشکل کم‌آبی مواجـه اسـت و از سـوی دیگـر ۹۳ درصـد آب استحصالی در بخش کشاورزی مصرف می‌شود، اسـتفاده از پسـاب با اعمال ملاحظات محیط زیستی در بخش کشاورزی به‌عنوان یک راهکـار علمـی بـرای کـاهش مشـکل کـم‌آبـی قابـل تأمـل اسـت (Niknam et al., 2011). به‌همین منظور در پـژوهش حاضـر ایـن سوالات مطرح است که آیا استفاده از پساب در آبیاری فضای سبز شهرستان زاهدان نسـبت بـه آب بـا کیفیـت دارای صـرفه و توجیـه اقتصادی است؟ آیا تصفیه فاضلاب دارای مزایـای و منافع محیط زیستی در شهرستـان مـورد مطالعه است؟

معمـولاً فاضـلاب شـهرهای توسـعه نیافتـه و محـدود از نظـر جمعیت و صنایع، آلودگی کمتری دارد. غالباً سهم فلزات سـنگین و ترکیبات شیمیایی مسموم کننده بسیار جزئی است. بنابراین می‌توان فاضـلاب تولیـدی را تصـفیه کـرد و از پسـاب تصـفیه شـده بـرای نگهداری و توسعه فضای سبز استفاده نمود.

ریگ‌مارتینز و همکاران در سال ۲۰۰۱ در پژوهشـی، محاسـبه قیمت سایه‌ای ضایعات صنعتی سرامیک‌سازی را با استفاده از تابع فاصله، مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و به این نتیجه رسـیدند کـه همبستگی منفی بین قیمت سایه‌ای و شدت تولیـد ضـایعات وجـود دارد (Reig-Martínez et al., 2001). صـبور و کمـالان در سـال ۲۰۰۴ در بررسی و ارزیابی اقتصادی تصفیه انواع فاضلاب تخلیـه شونده به رودخانه کارون به این نتیجه رسیدند که نرخ سـود اجـرای این طـرح، ده برابـر نـرخ بهـره محاسـبه شـده اسـت. تصـفیه انـواع فاضلاب‌های ورودی به کارون ضروری و از لحـاظ اقتصـادی نیـز قابل توجیه است (Sabour and Kamalan, 2004).

مولینـوس سـنانته و همکـاران در سـال ۲۰۱۰ در بررسـی امکان‌سنجی اقتصادی تصفیه فاضلاب با تحلیل هزینه- فایده به این نتیجه رسیدند که مدیریت منابع آب باید از چند دیدگاه مورد بررسی قرار گیرد. تحلیل الگوی هزینه- فایده یک ابزار اقتصـادی کارآمـد

dx.doi.org/10.22093/wwj.2019.102533.2520

برای ارزیابی مالی طرح‌هاست در صورتی که علاوه بر این بخش در تصمیم‌گیری پروژه‌های تصفیه فاضلاب، مجموع مزایای مرتبط با مسائل محیط زیستی باید مورد توجه قرار گیرد (Molinos-Senante et al., 2010).

هرناندز- سانچو و همکاران در سال ۲۰۱۰ با بررسی ارزش‌گذاری اقتصادی منافع محیط زیستی ناشی از فرایند تصفیه فاضلاب با یک رویکرد تجربی در اسپانیا به این نتیجه رسیدند که قیمت‌های سایه‌ای این محصولات منفی است (Hernández-Sancho et al., 2010).

مولینوس سنانته و همکاران در سال ۲۰۱۱ در پژوهشی به تجزیه و تحلیل فایده- هزینه استفاده پساب تصفیه شده با هدف منافع محیط زیستی پرداختند. ایشان با استفاده از مفهوم قیمت سایه برای خروجی‌های نامطلوب ناشی از تصفیه فاضلاب در ۱۳ تصفیه‌خانه در منطقه والنسیا اسپانیا با رویکرد اهداف منافع محیط زیستی نشان دادند که اگرچه آلاینده‌های دفع شده از فاضلاب دارای ارزش بازاری نیستند، اما با برآورد قیمت سایه‌ای، منافع محیط زیستی این فرایند توجیه‌پذیر است (Molinos-Senante et al., 2011).

نیک‌نام و همکاران در سال ۲۰۱۱ در پژوهشی با عنوان برآورد ارزش اقتصادی کاربرد پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شهر کرمان برای آبیاری اراضی کشاورزی با ملاحظات محیط زیستی، نشان دادند که مدیریت استفاده از پساب با هدف حفظ منابع آب و محیط زیست، جلوگیری از آلودگی سفره‌های آب زیرزمینی به‌ویژه استفاده اقتصادی از پساب با رویکرد کاهش تخصیص آب در بخش کشاورزی از اهمیت فراوانی برخوردار است. تحلیل نتایج پارامترهای خروجی تصفیه‌خانه فاضلاب شهر کرمان با استانداردها نشان داد که هر چند پساب مورد نظر با توجه به زیاد بودن هدایت الکتریکی و کلینوم[1] کل برای استفاده در کشاورزی با محدودیت کشت مواجه است، ولی می‌توان از آن برای کشت بعضی محصولات بهره برد (Niknam et al., 2011).

ملک جعفریان و محسنی در سال ۲۰۱۵ ارزیابی مالی و اقتصادی اجرای طرح‌های فاضلاب برای تولید پساب قابل استفاده در کشاورزی و صنعت را مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد که اجرای طرح برای شهرهای بزرگ‌تر و پرجمعیت با توجه به کاهش هزینه‌های ثابت سرمایه‌گذاری اولیه هر واحد، اقتصادی‌تر خواهد بود (Malek Jafarian and Mohseni, 2015).

به‌منظور استفاده صحیح و پایه‌ای از پساب‌ها، تدوین استانداردها و ضوابط مناسب و الزام در رعایت آنها ضروری است و توجه به این دو اصل می‌تواند تضمین‌کننده اثرات سودمندی مانند حفاظت کمّی و کیفی منابع آب و کاهش آلودگی محیط زیست شود. این پژوهش با هدف اصلی ارزیابی اقتصادی اثرات محیط زیستی استفاده از پساب انجام شد. اهداف پژوهش حاضر به شرح زیر است:

۱- تعیین صرفه اقتصادی استفاده مجدد از پساب تصفیه شده در آبیاری فضای سبز شهر زاهدان.

۲- تعیین منافع و مزایای محیط زیستی ناشی از تصفیه فاضلاب در شهر زاهدان.

۲- روش کار

امکان‌سنجی اقتصادی استفاده از فاضلاب با استفاده از روش متعارف تحلیل اقتصادی بیان می‌شود، بنابراین محاسبه کل منافع حاصل از ایجاد طرح با در نظر گرفتن منافع داخلی، منافع خارجی و هزینه فرصت انجام می‌پذیرد.

منفعت داخلی، درآمد داخلی شامل درآمدهای حاصل از فروش آب تصفیه شده و دیگر محصولات مطلوب ناشی از تصفیه فاضلاب است. در واقع با استفاده از آب تصفیه شده در بخش کشاورزی، مقدار آب مورد نیاز این بخش تأمین می‌شود و با استفاده از نیتروژن و فسفر حاصل از فرایند تصفیه، در هزینه‌های مربوط به تأمین کود نیز صرفه‌جویی می‌شود.

منفعت خارجی در فرایند تصفیه فاضلاب، اثرات جانبی و خارجی در بحث مزایای محیط زیستی و بهداشت عمومی جامعه را در بر می‌گیرد، بنابراین امکان‌سنجی طرح با در نظر گرفتن منافع محیط زیستی و کاهش اثرات مربوط به آسیب‌های محیط زیستی آلاینده‌های فاضلاب، در غالب اثرات خارجی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

با توجه به عدم وجود بازار به‌صورت مستقیم، نمی‌توان اثرات خارجی و منافع حاصل از آن را با واحد پولی محاسبه نمود. به همین دلیل، بررسی اقتصادی پژوهش با روش محاسبه قیمت سایه‌ای برای

[1] Colinum (CL)

dx.doi.org/10.22093/wwj.2019.102533.2520

خروجی‌های نامطلوب که اثرات و آسیب‌های منفی بر محیط زیست دارند، انجام می‌شود. پژوهش حاضر، توصیفی-تحلیلی با رویکرد پیمایشی است. ارزیابی اقتصادی این پژوهش، به دو روش ارزش حال خالص[1] و روش نسبت منفعت به هزینه[2] انجام شد و با توجه به منافع و هزینه‌های طرح به ارزیابی مالی پرداخته شد.

۲-۱- روش ارزش حال خالص

این معیار با توجه به نرخ تنزیل پیشنهادی، تفاضل ارزش حال درآمدها را با ارزش حال هزینه‌ها مشخص می‌کند. اگر ارزش حال درآمدهای مورد انتظار بیش از ارزش حال هزینه‌های انجام شده باشد و به‌عبارت دیگر، میزان محاسبه شده برای ارزش حال خالص، مثبت باشد، طرح دارای توجیه اقتصادی است. در نتیجه با توجه به هزینه‌ها، درآمد بیشتری نصیب سرمایه‌گذار می‌شود. اما اگر مقدار ارزش حال خالص منفی باشد، نشان می‌دهد که هزینه‌های طرح بیش از ارزش حال منافع است، بنابراین طرح، اقتصادی نیست. معادله محاسباتی ارزش حال خالص به صورت زیر است (Soultani, 2007)

$$\sum_{i=1}^{n}\frac{B_i - C_i}{(1+r)^i} = 0 \qquad (۱)$$

که در این معادله

B_i منافع مورد انتظار طرح در سال iام، C_i هزینه‌های ثابت و جاری طرح در سال iام، r نرخ بهره‌ای که با توجه به نرخ بهره جامعه پیشنهاد می‌شود و i نشان‌دهنده سال است.

۲-۲- روش نسبت منفعت به هزینه

نسبت منفعت به هزینه عبارت است از کل ارزش حال برای منافع احتمالی آینده طرح نسبت به کل ارزش حال برای هزینه‌های طرح که می‌توان آن را با معادله زیر محاسبه کرد (Soultani, 2007)

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\frac{B_i}{(1+r)^i}}{\sum_{i=1}^{n}\frac{C_i}{(1+r)^i}} \qquad (۲)$$

اجزای این معادله نیز شبیه معادله ۱ است. نسبت منفعت به هزینه در واقع، نسبتی از ارزش حال درآمدها را به ارزش حال هزینه‌ها مشخص می‌کند. اگر این نسبت بزرگ‌تر و مساوی یک باشد، این طرح اقتصادی و در غیر این صورت غیر اقتصادی است.

۲-۳- تابع مسافت- فناوری[3]

تولید چند محصولی (ستانده‌ای) که ارتباط تکنیکی بین ستانده‌های مطلوب و نامطلوب را تعیین می‌نماید، برای محاسبه قیمت‌های سایه‌ای تولید کننده آلاینده‌ها استفاده می‌شود. توابع کنترل آلودگی نیاز به اطلاعاتی در مورد هماهنگی موجود بین فرایند کنترل آلودگی‌های گوناگون دارند و در نهایت، روش تابع مسافت قیمت‌های سایه‌ای، تولید کننده را بر اساس رفتار واقعی تولید کننده‌ها و نه بر اساس برآورد مهندسی تخمین می‌زند. در این پژوهش برای اندازه‌گیری قیمت سایه‌ای از تابع مسافت نهاده استفاده شد که توانایی اعتبار بخشیدن به تولید کننده برای فعالیت‌های کنترل آلودگی، زمانی که ستانده‌های نامطلوب در تجزیه و تحلیل وارد می‌شوند، را دارد. برای یک فناوری تولید با N نهاده برای تولید، M ستانده مطلوب و غیرمطلوب، تابع مسافت نهاده بر اساس دیدگاه شفارد[4] در سال ۱۹۵۳ و ۱۹۷۰ و فار پریمونت[5] به‌صورت معادله ۳ تعریف می‌شود (Dorri, 2016)

$$D(u,x,t) = \operatorname{Sup}_{\theta}\left\{\theta : \left(u, \frac{x}{\theta}\right) \in Y(t).\theta \in R+\right\} \qquad (۳)$$

که در این معادله

x و u به‌ترتیب بردارهای نهاده و ستانده، t متغیر روند زمانی و Y(t) فناوری (امکانات تولید) در زمان t است. به‌عبارت دیگر، ارزش تابع مسافت نهاده، مقدار بیشینه را اندازه می‌گیرد که بردار نهاده می‌تواند با ثابت در نظر گرفتن بردار ستانده، اندازه‌گیری شود. این ارزش، کاهش متناسب کمینه بردار نهاده را برای رسیدن به یک بردار ستانده به یک مرز مشخص، تعریف می‌کند. تابع مسافت نهاده یک ارزش متناهی برای $u \geq 0$ دارد؛ غیر افزایشی و تابعی پیوسته از x برای $u \in R_+^M$ و مقعر و همگن از درجه یک در x است. همچنین یک تابع شبه مقعر و نیمه پیوسته فوقانی از u است. در صورتی که نهاده‌ها کاملاً آزاد باشند، تابع مسافت نهاده، یک‌سری مشخصات کامل از نهاده را فراهم می‌کند (Dorri, 2016). همچنین می‌توان

[1] Net Present Value (NPV)
[2] Benefit/Cost (B/C)
[3] Distance Technology Function
[4] Shephard
[5] Far & Primont

dx.doi.org/10.22093/wwj.2019.102533.2520

مشخصات مشتق تابع فاصله‌ای نهاده را با توجه به ستانده‌های مطلوب و نامطلوب تشخیص داد. اگر نهاده‌ها به‌صورت ثابت در نظر گرفته شوند، یا از طریق استفاده از نهاده‌های اضافی برای کنترل آلودگی، سطح ستانده‌های مطلوب حفظ شود، ستانده‌های نامطلوب می‌توانند در هزینه‌های ستانده‌های مطلوب کاهش یابند. از آنجا که ارزش تابع مسافت بیشینه، تناسبی را که همه نهاده‌ها می‌توانند به‌طور متناسب با ثابت در نظر گرفتن ستانده کاهش یابند اندازه‌گیری می‌کند، تابع مسافت نهاده باید غیر کاهشی در نهاده‌ها و نیز غیر افزایشی در محصولات مطلوب باشد. از طرفی دیگر کاهش در ستانده‌های نامطلوب، نیاز به استفاده از نهادهایی برای کنترل آلودگی دارد. در حالی که ستانده‌های دیگر ثابت باقی می‌مانند(Dorri, 2016).

حذف یک ستانده نامطلوب، هزینه‌ای را در شکل یک کاهش متناسب از ستانده مطلوب خواهد داشت. بنابراین یک بنگاه، مجبور به بالاتر بردن قابلیت حذف ضعیف، برای تشخیص کامل‌تری از فناوری تولید است. این مورد از طریق مشخصات تابع مسافت نهاده که در مورد ستانده‌های نامطلوب، غیر کاهشی است، برای رسیدن به این حقیقت که کنترل آلودگی می‌تواند از طریق استفاده از نهاده‌های اضافی با ثابت در نظر گرفتن ستانده مطلوب به‌دست آید، انجام شده است (Molinos-Senante et al., 2010).

۲-۴-استخراج قیمت سایه‌ای آلودگی

رهیافت تابع مسافت، نه تنها نیاز به برآورد ارزش صدمات آلودگی ندارد، بلکه می‌تواند برای به‌دست آوردن قیمت‌های سایه‌ای آلودگی که هزینه‌های نهایی کنترل آلودگی تولید کننده را نشان می‌دهد، استفاده شود. برآورد هزینه‌های نهایی کنترل آلودگی، برای تجزیه و تحلیل‌های بیشتر اقتصادی و برای دیگر سیاست‌های محیط زیستی مفید هستند. این قیمت‌های سایه‌ای تحت فرض رفتاری کمینه کردن هزینه به‌دست می‌آید. تابع مسافت، روشی برای حداقل کردن این مسئله است

$$C(u,p,t)=\underset{x}{MIN}\{p.x : D(u,x,t)\geq 1, x\in R_{+}^{N}\} \qquad (۴)$$

که در این معادله

$P\in R_{+}^{N}$ بردار قیمت نهاده است. معادله ۴ یک ارتباط دوگانه بین تابع مسافت نهاده و ستانده بر اساس معادله شفارد است.

از حل شرایط مرتبه اول معادله ۴، معادله زیر به‌دست می‌آید

(۵)

$$\nabla uC(u,p,t)=-\wedge(u,p,t).\nabla uD=-C(u,p,t).\nabla uD(u,x,t)$$

ضریب فزاینده لاگرانژ (Λ) برابر با ارزش تابع هزینه بهینه شده است. قیمت سایه‌ای یک ستانده معین، افزایش در هزینه‌هایی است که مستلزم تولید یک واحد اضافی از ستانده است. قیمت سایه‌ای برای ستانده‌های آلاینده، غیر مثبت خواهد بود و در نتیجه تابع مسافت نهاده در ستانده‌های آلاینده غیر کاهشی است. اگر قیمت نهاده‌ها موجود نباشد و نتوان به درستی هزینه بهینه تولید را برآورد کرد، می‌توان از معادله ۶ برای محاسبه نسبت قیمت سایه‌ای ستانده i به ستانده j استفاده کرد

$$\frac{r_i^*}{r_j^*}=\frac{\partial D(u,x,t)/\partial u_i}{\partial D(u,x,t)/\partial u_j} \qquad (۶)$$

بنابراین، نسبت قیمت‌های سایه‌ای برابر با نرخ جایگزینی بین دو ستانده است. به‌عبارت دیگر این نسبت می‌تواند به‌صورت نرخ نهایی انتقال بین کنترل آلودگی و ستانده مطلوب تفسیر شود. اگر فرض شود قیمت بازاری u_j برابر با قیمت سایه‌ای آن باشد، می‌توان قیمت سایه r_i^* ستانده آلاینده u_i را در ضوابط پولی به‌صورت معادله ۷ تعریف نمود

$$r_i^*=r_j^*.\frac{\partial D(u,x,t)/\partial u_i}{\partial D(u,x,t)/\partial u_j} \qquad (۷)$$

از معادله ۷ برای محاسبه قیمت سایه‌ای آلاینده‌های فاضلاب BOD و COD که در برآورد تابع فاصله نهاده دخیل هستند، استفاده می‌شود. بدیهی است که نسبت قیمت سایه‌ای تولید مطلوب (آب) به قیمت سایه‌ای تولید نامطلوب (آلودگی) توسط شیب تابع فاصله مرزی در ستانده ترکیبی مشاهده شده منعکس می‌شود. همچنین قیمت سایه‌ای، ارتباط مبادله بین ستانده‌های مطلوب و نامطلوب را در ترکیب عملی ستانده‌ها نشان می‌دهد. با توجه به اینکه قیمت ستانده نامطلوب به دلیل هزینه‌های تصفیه و بازیافت و یا انهدام و دفع آن و یا به‌دلیل وضع مالیات بر روی ستانده بد، منفی است، هر چه ستانده نامطلوب، مضرتر و خطرناک‌تر باشد، قدر مطلق r_i بزرگ‌تر خواهد بود. معمولاً شکل تابعی ترانسلوگ انعطاف‌پذیر برای تابع مسافت نهاده انتخاب می‌شود

dx.doi.org/10.22093/wwj.2019.102533.2520

(۸)

$$LnD(u,x,t)=\alpha_{.}+\sum_{n=1}^{N}\alpha_{n}\ \ln x_{n}+\sum_{m=1}^{M}\beta_{m}\ \ln u_{m}+(0.5)\sum_{n=1}^{N}\sum_{n'=1}^{N}\alpha_{m'}\ln x_{n}\ln x_{n'}+(0.5)\sum_{m=1}^{M}\sum_{m'=1}^{M}\beta_{mm'}\ln u_{m}\ln u_{m'}+\sum_{n=1}^{N}\sum_{m=1}^{M}\gamma_{nm}\ln x_{n}\ln um+\alpha_{t}.t+(0.5)\alpha_{n'}t^{2}+\sum_{n=1}^{N}\alpha_{nt}.t.\ln xn+\sum_{m=1}^{M}\beta_{mt}.t.\ln u_{m}$$

که در این معادله

x بردار نهاده‌ها را به‌صورت زیرنویس L و e و Fi نشان می‌دهد که به‌ترتیب نیروی کار، انرژی و سوخت مصرفی و فیلتراسیون ظرفیت تولید هستند و u بردار ستانده بنگاه را به‌صورت u_g و u_b نشان می‌دهد که به‌ترتیب ستانده مطلوب (آب تصفیه شده) و ستانده نامطلوب (COD و BOD) هستند و t متغیر روند زمانی را نشان می‌دهد. تلاش اصلی در رهیافت برنامه‌ریزی هدف، برآورد پارامترهایی است که مجموع انحرافات ارزش لگاریتمی تابع فاصله‌ای را از صفر به مقدار کمینه کاهش می‌دهد. شرایط یکنواختی، همگنی و متقارن به‌عنوان محدودیت وارد سیستم معادلات می‌شوند. نشان دادن اینکه باید ارزش تابع مسافت نهاده برابر یا بزرگ‌تر از پیوستگی (اشتراک) برای همه ترکیبات مشاهدات نهاده و ستانده باشد، محدودیت اضافی دیگری است که به شکل زیر در مسئله وارد شده است

(۹)

$$Minimize\ (\alpha,\beta,\gamma)\sum_{t=1}\ln D\ (u,x,t)$$

$$S.t:$$

$$\ln D\ (u,x,t)\geq 0 \qquad t=1,2,\ldots$$

$$\frac{\partial \ln (u,x,t)}{\partial x_{n}}\geq 0 \qquad t=1,\ldots \quad n=1$$

$$\frac{\partial \ln (u,x,t)}{\partial u_{m}}\leq 0 \qquad t=1,\ldots \quad m=1$$

$$\frac{\partial \ln (u,x,t)}{\partial u_{m}}\geq 0 \qquad t=1,\ldots \quad m=2$$

$$\sum_{n=1}\alpha_{n}=1$$

$$\sum_{n=1}\alpha_{nn'}=0 \qquad n^{1}=1$$

$$\sum_{n=1}\gamma_{nm}=0 \qquad m=1,2$$

$$\sum_{n=1}\alpha_{nt}$$

$$\alpha_{nn'}=\alpha_{n'n} \qquad n,n'=1,\ldots$$

$$\beta_{mm'}=\beta_{m'm} \qquad m,m'=1,2$$

محدودیت‌ها نشان می‌دهد که باید ارزش تابع مسافت نهاده برآورده شده بزرگ‌تر یا مساوی یک باشد. همچنین این تابع باید یک تابع غیر افزایشی از ستانده مطلوب باشد. محدودیت‌ها تضمین می‌کنند که تابع مسافت نهاده در مورد ستانده‌های نامطلوب، غیرکاهشی است.

۲-۵- منطقه مورد مطالعه

شهرستان زاهدان با وسعت ۳۱۲۵۰ کیلومتر مربع معادل ۱۷ درصد از مساحت کل استان را به خود اختصاص داده است. این شهرستان از شمال به استان خراسان جنوبی و کویر لوت از شرق به کشور پاکستان، از غرب به استان کرمان و از جنوب هم به شهرستان خاش محدود می‌شود. جمعیت شهرستان زاهدان بر اساس سرشماری نفوس و مسکن در سال ۹۰، معادل ۵۶۰۷۲۵ نفر است. وسعت فضای سبز در شهر زاهدان ۲۲۰ هکتار و سرانه فضای سبز به ازای هر نفر ۳/۹ مترمربع است که با سرانه فضای سبز استاندارد کشوری که بین ۱۱ تا ۱۲ مترمربع به ازای هر نفر است، فاصله چشمگیری دارد.

۲-۶- داده‌ها و روش جمع آوری اطلاعات

داده‌های مورد نیاز در این پژوهش از آزمایشگاه تصفیه‌خانه فاضلاب زاهدان جمع‌آوری شد و سایر داده‌های مربوط به تولید و میزان مصرف نهاده‌ها و قیمت آب تصفیه شده برای دوره زمانی بین سال‌های ۹۲ تا ۹۴ از شرکت‌های آب و فاضلاب و آب منطقه‌ای استان جمع‌آوری شد. لازم به ذکر است که قیمت پساب تولید شده از تصفیه فاضلاب به صورت ثابت در هر سال در محاسبات وارد شده است. برای انجام محاسبات از نرم افزارهای GAMS و Excel استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

در این پژوهش از روش‌های ارزش فعلی خالص، ارزش حال خالص، نرخ بازدهی داخلی و نسبت منفعت به هزینه استفاده شد. بر اساس یافته‌های پژوهش می‌توان گفت که مقدار مصرف سالانه آب در منطقه برابر با ۸۲/۹ میلیون مترمکعب است که با توجه به آمار رسمی وزارت نیرو سهم فضای سبز از این مقدار برابر با پنج درصد و معادل ۴/۰۱ میلیون مترمکعب است.

dx.doi.org/10.22093/wwj.2019.102533.2520

بر اساس تعرفه سال ۱۳۹۴ قیمت هر مترمکعب آب برابر با ۳۰۰۰ ریال است. از طرفی ظرفیت اسمی مخازن پساب فاضلاب در مجموع برابر با ۳۰۰۰ مترمکعب در روز است که ظرفیت ۱۰۹۵۰۰۰ مترمکعبی در سال را ایجاد می‌کند و می‌تواند به همین میزان سبب صرفه‌جویی در آب مصرفی با احتساب قیمت ۳۰۰۰ ریال برای هر مترمکعب شود. جدول ۱ نشان‌دهنده صرفه‌جویی‌های ناشی از احداث تصفیه‌خانه و ایجاد پساب فاضلاب برای آبیاری فضای سبز زاهدان است.

جدول ۱- صرفه‌جویی ناشی از احداث طرح پساب فاضلاب شهری

Table 1. The savings resulting from the construction of a municipal wastewater treatment plant

Variable	Value to million Rials
Saving from fixed installations	3.6421
Savings from current installations	25070
The amount of water saved during the year	12000

با توجه به مؤلفه‌های احداث و نگهداری، هزینه ایجاد طرح پساب فاضلاب شهری برابر با ۵۰۵۸۰/۲ میلیون ریال است. از سوی دیگر سطح تورم و نرخ بهره بانکی برای پروژه‌های عمرانی ۲۵ درصد در نظر گرفته شده است و از آنجا که میزان استهلاک سامانه‌های ایجاد شده برای پساب فاضلاب به‌طور متوسط ۲۰ سال تخمین زده شده است، در این پژوهش، نرخ بازگشت سرمایه ۲۵ درصد و مدت زمان آن بیست سال در نظر گرفته شد. بر اساس این ورودی‌ها، نتایج حاصل از ارزیابی اقتصادی در جدول‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است.

جدول ۲- نتایج حاصل از محاسبه مدل‌های ارزیابی اقتصادی براساس قیمت ۳۰۰۰ ریال برای هر مترمکعب آب

Table 2. The results of calculation of economic evaluation models based on the price of 3000 Rials per cubic meter of water

Component examined	Project return rate (%)	Duration of the plot	Calculations results
Project net present value	25	20	-182.2065617
Benefit-to-cost ratio	25	20	0.687547697

جدول ۳- نتایج حاصل از محاسبه مدل‌های ارزیابی اقتصادی بر اساس قیمت ۴۵۰۰۰ ریال برای هر متر مکعب

Table 3. The results of calculating economic evaluation models based on the price of 45000 Rials per cubic meter

Component examined	Project return rate (%)	Duration of the plot	Calculations results
Project net present value	25	20	54.355169
Benefit-to-cost ratio	25	20	4.05

دو سناریو برای ارزیابی اقتصادی در نظر گرفته شد؛ در حالت اول با توجه به قیمت فروش آب که برابر با ۳۰۰۰ و ۴۵۰۰۰ ریال است، اقدام به تخمین طرح شد و در سناریو دوم، به ارزیابی مزایا و منافع محیط زیستی طرح با برآورد قیمت سایه‌ای آلودگی‌ها و آلاینده‌های ناشی از تصفیه فاضلاب پرداخته شد.

۳-۱- یافته‌های پژوهش بر اساس سناریو اول

در این حالت هزینه هر مترمکعب آب برای استفاده ۳۰۰۰ ریال در نظر گرفته شد.

با توجه به یافته‌های پژوهش در سناریو اول می‌توان بیان نمود که اجرای طرح پساب فاضلاب شهری با ظرفیت ۳۰۰۰ مترمکعبی در روز برای شهر زاهدان توجیه‌پذیر نیست. این موضوع را می‌توان در سطح بالای هزینه‌های اجرای این طرح برای شهر بیان نمود. از طرف دیگر نسبت منفعت به هزینه برای این طرح برابر با ۰/۶۸ است. با توجه به زمان ۲۰ ساله در نظر گرفته شده برای این پروژه و با توجه به نسبت منفعت به هزینه به دست آمده، می‌توان بیان نمود که اجرای طرح پساب فاضلاب صنعتی از نظر اقتصادی توجیه ندارد و می‌تواند سبب تحمیل هزینه‌های بیشتری نسبت به منافعی که طرح ایجاد می‌کند، شود. بر اساس قیمت ۴۵۰۰۰ ریال، اجرای پروژه توجیه‌پذیر است و می‌تواند سبب منافع بیشتری نسبت به هزینه‌ها شود.

۳-۲- ارزیابی منافع و مزایای محیط زیستی بر اساس سناریوی دوم

برای بررسی اقتصادی منافع محیط زیستی و محاسبه قیمت

سایه‌ای آلودگی‌های ناشی از فرایند تصفیه فاضلاب، در جدول ۴ آماره‌های توصیفی بین سال‌های ۹۲ تا ۹۴ از تصفیه‌خانه فاضلاب آورده شده است. متغیرهای به‌کار رفته در مدل عبارت‌اند از: میزان نهاده نیروی انسانی (L) بر حسب نفر در روز، میزان نهاده انرژی و سوخت مصرفی (e) بر حسب مگاوات، میزان هزینه فیلتراسیون و تعمیرات و نگهداری تأسیسات (F_i) بر حسب ریال، میزان آب تولیدی (u_g) برحسب متر مکعب در سال و میزان BOD و COD (u_b) است.

۳-۳- تخمین مدل و پارامترهای تابع مسافت

با استفاده از آماره‌های مربوط به دوره سه ساله تصفیه‌خانه فاضلاب به شرح جدول ۵، تخمین مدل و برآورد پارامترهای تابع مسافت، انجام شد.

تابع مسافت تخمین زده شده برای داده‌های در اختیار گرفته شده به شکل زیر است

(۱۰)

$$\ln D(u,x,t)=\alpha_0+\alpha_L.\ln L+\alpha_e.\ln e+\alpha_{Fi}+\ln F_i+(0.5)\alpha_{LL}.\ln L.\ln L+\alpha Le\ln L.\ln e+\alpha_{LFi}\ln L.\ln F_i+(0.5)\alpha_{ee}.\ln e.\ln e+(0.5).\alpha_{FiFi}\ln F_i\ln F_i+\alpha_{eFi}\ln e\ln F_i+\beta_S\ln u_g+(0.5)\beta_{gg}.\ln ug.\ln u_g+(0.5)\beta_{bb}.\ln u_b.\ln u_b+\beta_{gb}.\ln u_g.\ln u_b+\gamma_{g.L}.\ln L+\gamma_{ge}.\ln u_g.\ln e+\gamma_{eFi}\ln u_g.\ln F_i\gamma_{g.L}.\ln u_g\ln L+\gamma_{ge}.\ln u_g.\ln e+\gamma_{gFi}\ln u_g.\ln F_i\gamma_{bL}.\ln u_b\ln L+\gamma_{be}.\ln u_b.\ln e+\gamma_{bFi}\ln u_b.\ln F_i+\alpha_t.t+(0.5)\alpha_u t.t+\alpha_{tL}.t.\ln L+\alpha_{te}\,t.\ln e+\alpha_{tFi}.t.\ln_{Fi}+\beta_{tg}t.\ln u_g+\beta_{tb}.t.\ln u_b$$

که در این معادله α_0 عرض از مبدأ، β_g ضریب ستانده مطلوب، β_b ضریب ستانده نامطلوب، α_L ضریب نهاده نیروی کار، α_e ضریب نهاده انرژی و سوخت مصرفی، α_{Fi} ضریب نهاده فیلتراسیون و تعمیرات، α_{LL} ضریب خودی نیروی کار، α_{Le} ضریب متقاطع نیروی کار و انرژی و سوخت مصرفی، α_{LFi} ضریب نهاده نیروی کار و نهاده فیلتراسیون و تعمیرات، α_{ee} ضریب خودی نهاده انرژی و سوخت مصرفی، α_{eFi} ضریب نهاده انرژی و سوخت مصرفی و نهاده فیلتراسیون و تعمیرات، α_{FiFi} ضریب خودی نهاده فیلتراسیون و تعمیرات، β_{gg} ضریب خودی ستانده مطلوب، β_{gb} ضریب ستانده مطلوب بر ستانده نامطلوب، β_{bb} ضریب خودی ستانده نامطلوب، Y_{bl} ضریب ستانده نامطلوب و نیروی کار، Y_{bFi} ضریب ستانده نامطلوب و نهاده فیلتراسیون و تعمیرات، Y_{be} ضریب ستانده نامطلوب و نهاده انرژی و سوختی مصرفی، α_t ضریب روند (دوره ی زمانی مدل ۳۶ ماهه)، α_{tt} ضریب خودی روند، α_{tl} ضریب روند و نهاده نیروی کار، α_{te} ضریب روند و نهاده انرژی و سوخت مصرفی، α_{tFi} ضریب روند و نهاده فیلتراسیون و تعمیرات، γ_{gL} ضریب ستانده مطلوب و نهاده نیروی کار، Y_{ge} ضریب ستانده مطلوب و نهاده انرژی و سوخت مصرفی، γ_{gFi} ضریب ستانده مطلوب و نهاده فیلتراسیون و تعمیرات، β_{tg} ضریب روند و ستانده مطلوب، β_{tb} ضریب روند و ستانده نامطلوب و lnD حداقل مقدار تابع مسافت (فاصله) نهاده در این مدل است.

جدول ۴- آماره‌های توصیفی متغیرهای پژوهش در پساب تصفیه‌خانه فاضلاب

Table 4. Descriptive statistics of research variables in wastewater treatment plant effluent

Variable	Measurement unit	Average	Minimum	Maximum
Labor force (L)	Person	36.6	36.5	36.75
Energy and fuel consumption (e)	Mega Watt	74.4	73.1	75.6
Filtration and repair (Fi)	Million Rials	94.6	92.6	95.9
Optimal production of (u_g) (treated water)	Cubic meter	323279	286254	361584
Unfavorable production on (u_b) (COD and BOD)	Ton	103.2	65.2	171.1
Refined water price index	Rials/Cubic meter	200	200	200

جدول ۵- تخمین مدل و برآورد پارامترها

Table 5. Model estimation and estimation of parameters

Month	COD and BOD (mg/L)	L	e	Fi	u_g
1	2772.6	48.53	107.5	138.1	200880
2	1022	48.53	102.8	131.9	167400
3	1537	48.53	103.1	139.6	215140
4	1286	48.53	108.1	130.9	200880
5	1230	48.53	101.95	136	159030
6	1195	48.53	100.85	138.6	192510
7	951	48.12	108.2	130.1	194400
8	1082	48.12	102.6	134.7	145800
9	1862	48.12	106.1	133.3	194400
10	1159	48.12	109.1	129.2	145800
11	985	48.12	98.6	132.1	194400
12	1257	48.12	105.6	141.7	215140
13	1373	42.2	89.6	115.1	281232
14	2210	42.2	89.4	111.7	257796
15	2006	42.2	87.8	107.6	269514
16	1184	42.2	88.3	105.2	281232
17	1328	42.2	87.4	103.1	246078
18	1105	42.2	88.2	110.6	228501
19	991	42.09	87.3	105.9	272160
20	1016	42.09	86.4	101.1	238140
21	1687	42.09	89.8	103.2	249480
22	1251	42.09	86.1	99.6	272160
23	1241	42.09	85.2	107.8	251748
24	1148	42.09	84.7	114.1	238240
25	1523	36.75	74.7	95.9	361584
26	846	36.75	74.3	95.6	346518
27	1227	36.75	75.1	95.3	331452
28	1220	36.75	74.2	94.3	316386
29	1194	36.75	73.1	92.8	334465
30	1108	36.75	74.7	96.1	266254
31	1138	36.53	73.9	93.6	349920
32	995	36.53	74.2	92.6	335340
33	940	36.53	74.18	95.7	320760
34	1281	36.53	75.6	95.8	306180
35	1500	36.53	74.9	93.6	269730
36	977	36.53	74.3	94.4	320760

در جدول ۶ u_g و u_b به‌ترتیب مقدار تولید مطلوب (پساب و آب تصفیه شده) و تولید نامطلوب (BOD و COD) هستند. α_{Fi} و α_L و α_e به‌ترتیب نیروی کار، انرژی و سوخت مصرفی، فیلتراسیون و تعمیرات تصفیه‌خانه هستند. قیمت‌های سایه‌ای، هزینه نهایی کنترل و دفع آلودگی را برای تولید کننده و البته برای نمونه اندازه‌گیری می‌کند که در جدول ۷ برآورد شده است.

قیمت‌های سایه‌ای به این گونه تفسیر می‌شود که چنانچه در تصفیه‌خانه فاضلاب انتشار آلودگی و تولید محصولات نامطلوب (BOD و COD) کاهشی وجود داشته باشد، این امر مستلزم تولید کمتر از ستانده مطلوب (آب تصفیه شده) و یا افزایش به کارگیری نهاده‌ها در بخش تصفیه آلاینده‌ها و دفع محصولات نامطلوب است.

جدول ۶- نتایج برآورد متغیرهای تابع ترانسلوگ مرزی مسافت نهاده

Table 6. Estimates of variables of boundary translog function distance

Variable	Estimated parameter	Variable	Estimated parameter
Fixed component α_0	-2.165	β_{gg}	0.001
β_g	-0.036	β_{gb}	-0.004
β_b	0.066	β_{bb}	-0.0000087
α_L	0.176	Y_{bl}	-0.047
α_e	1.327	Y_{ge}	-0.012
α_{Fi}	-0.503	γ_{gFi}	0.059
α_{LL}	-0.262	Y_{bl}	0.008
α_{Le}	0.023	Y_{be}	-0.007
α_{LFi}	0.239	Y_{bFi}	-0.000608
α_{ee}	-0.015	α_t	0.000528
α_{eFi}	-0.231	α_{tt}	-0.000004
α_{FiFi}	-0.008	α_{tl}	0.005
β_{tg}	0.000239	α_{te}	-0.003
β_{tb}	0.00003	α_{tFi}	-0.002
lnD	0.017		

جدول ۷- نتایج برآورد قیمت سایه‌ای هزینه کنترل آلودگی BOD و COD ناشی از تصفیه فاضلاب

Table 7. Estimates of shadow price (Cost of pollution control (BOD and COD) due to wastewater treatment

$\frac{d(\ln d)/u_g}{d(\ln d)/u_b}$ / $d(\ln d)/u_g$	Optimal product price (refined water) (Rial)	Unfavorable shadow price (BOD and COD) (Rial)	Final cost (Rial)
-1.76914	50	-88.4569	-245256
-1.87036	50	-93.5181	-95575.5
-1.94216	50	-97.108	-149255
-1.8344	50	-91.7199	-117952
-1.99734	50	-99.8671	-122837
-2.07297	50	-103.648	-123860
-1.9572	50	-97.8602	-93065
-2.10047	50	-105.023	-113635
-1.97515	50	-98.7575	-183886
-2.00589	50	-100.294	-116241
-2.17157	50	-108.579	-106950
-2.30654	50	-115.327	-144966
-2.10825	150	-316.238	-434195
-1.98918	150	-298.378	-659414
-1.94083	150	-291.124	-583995
-2.00767	150	-301.151	-356563
-1.98454	150	-297.681	-395321
-2.23063	150	-334.595	-369727
-2.164	150	-324.6	-321678
-2.08355	150	.-312.533	317533
-2.05464	150	-3.8.196	-519926
-2.06483	150	-309.725	-387466
-2.33856	150	-350.784	-435323
-2.6137	150	-392.055	-450080
-2.40498	200	-480.996	-732557
-2.59471	200	-518.942	-439025
-2.52296	200	-504.593	-619136
-2.54449	200	-508.898	-620855
-2.54484	200	-508.969	-607709
-2.74832	200	-549.664	-609028
-2.69387	200	-538.775	-613125
-2.73757	200	-547.514	-544776
-2.97577	200	-595.154	-559445
-2.91366	200	-582.733	-74681
-2.82693	200	-565.385	-848078
-3.07757	200	-615.514	-601357

به‌عبارت دیگر به منظور کنترل آلودگی و انتشار کمتر آلاینده‌ها، یا باید سطح تولید کل کاهش یابد که در نتیجه، ستانده مطلوب کمتری تولید می‌شود، و یا هزینه‌های بیشتری در بخش تصفیه و فیلتراسیون خرج شود. با توجه به آنکه قیمت ستانده نامطلوب به دلیل هزینه‌های تصفیه، بازیافت و یا انهدام آن و یا به دلیل وضع مالیات بر روی ستانده بد، منفی است، هر چه ستانده بد (نامطلوب) مضرتر و خطرناک‌تر باشد، قدر مطلق قیمت سایه‌ای بزرگ‌تر خواهد بود. با توجه به نتایج به‌دست آمده از دوره زمانی ۳ ساله تصفیه‌خانه پساب زاهدان مشاهده می‌شود که قیمت سایه‌ای برآورده شده برای آلودگی‌های COD و BOD به سمت پایان دوره با توجه به افزایش تولید محصول مطلوب (آب تصفیه شده) افزایش یافته و بزرگ‌تر می‌شود. این امر موجب افزایش هزینه‌های نهایی کنترل، تصفیه و انتشار کمتر آلاینده‌ها و آلودگی‌ها در بخش تولید پساب می‌شود.

همانطور که جدول ۸ نشان می‌دهد، قیمت سایه‌ای و هزینه نهایی کنترل آلودگی و تولیدات نامطلوب با نزدیک شدن به پایان دوره، افزایش می‌یابد که بیانگر افزایش میزان تولید مطلوب (پساب) است.

جدول ۸- میانگین قیمت سایه‌ای (هزینه نهایی) کنترل آلودگی‌های BOD و COD تصفیه‌خانه فاضلاب از سال ۹۲ تا ۹۴

Table 8. The average shadow price (final cost) of pollution control (BOD and COD) of the Asean treatment plant from 2013-2015

Year	Shadow price (BOD and COD) (Rial)	Final cost of pollution control (Rial)
2013	-100.1	-134456.5
2014	-319.75	-435935.08
2015	-500.6	-628462.3

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به یافته‌ها و نتایج موجود در سناریوی اول ارزیابی اقتصادی و مالی طرح، به ترتیب ارزش خالص پروژه با نرخ بازدهی ۲۵ درصد و مدت زمان ۲۰ سال ۱۸۲/۲۰۶۵۶۱۷- ریال و نسبت منفعت به هزینه طرح با نرخ بازدهی ۲۵ درصد و مدت زمان عمر ۲۵ سال، ۰/۶۸ به‌دست آمد که می‌توان بیان نمود که اجرای طرح استفاده از پساب و فاضلاب از نظر اقتصادی فاقد توجیه بوده و می‌تواند سبب تحمیل هزینه‌های بیشتری نسبت به منافعی که طرح ایجاد می‌کند، شود. اما به لحاظ شرایط اقلیمی و کمبود منابع با کیفیت برای مصارف کشاورزی و فضای سبز شهر زاهدان و از سویی در نظر گرفتن جوانب اجتماعی و توسعه فضای سبز و نقش آن در آرامش و روان جامعه، می‌توان سرمایه‌گذاری‌های لازم بر روی استفاده از پساب و فاضلاب به‌عنوان یک منبع آب دائمی انجام داد.

با استفاده از تخمین تابع مسافت نهاده (ترانسلوگ)، قیمت سایه‌ای مربوط به آلاینده‌های BOD و COD برآورد و محاسبه شد. ملاحظه شد که با توجه به بازه زمانی بین سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۴ هر چه سطح تولید آب تصفیه شده افزایش پیدا کند، میزان قیمت سایه‌ای آلاینده‌ها و آلودگی‌های منفی و قدر مطلق آن افزایش می‌یابد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، پیشنهادات زیر می‌تواند مؤثر واقع شود:

۱- از جنبه‌های مهم و اساسی موفقیت برنامه‌های کاربردی پساب در کشاورزی و فضای سبز، قبول پساب به‌عنوان یک منبع آب آبیاری توسط جامعه و کشاورزان و نیز پذیرش عامه مردم در خرید و مصرف محصولاتی است که با این منبع آبیاری شده باشند. برای دستیابی به این مهم، لازم است که کشاورزان و مردم به طور کامل در جریان اهمیت این گونه طرح‌ها و چگونگی اجرای آن قرار گرفته و توجیه شوند.

۲- در راستای این امر آموزش و ترویج و نیز جلب اعتماد عموم از نظر تأمین سلامتی آنها و تضمین حفاظت منابع طبیعی می‌تواند بسیاری از مشکلات اجتماعی- فرهنگی را مرتفع سازد.

۳- علاوه بر مسائل اقتصادی، سیاست‌های دولت در زمینه استفاده از پساب در تأمین منابع آب نقش تعیین کننده‌ای در موفقیت و انجام این طرح‌ها دارد. همچنین بررسی هزینه‌های ایمن‌سازی این پروژه‌ها در مقابل خطرات بهداشتی و اثرات محیط زیستی آنها از دیگر مسائل قابل بررسی است.

References

Dorri, M. 2016. Economic evaluation of the use of treated wastewater for irrigation of green spaces in the city of Zahedan. Economic Sciences, University of Sistan and Baluchestan, Iran. (In Persian)

Hernández-Sancho, F., Molinos-Senante, M. & Sala-Garrido, R. 2010. Economic valuation of environmental benefits from wastewater treatment processes: an empirical approach for Spain. *Science of The Total Environment,* 408**,** 953-957.

Malek Jafarian, M. & Mohseni, M. 2015. Financial and economic appraisal of sewage projects for the production of wastewater used in agriculture and industry. *Sustainable Water and Development,* 1**,** 1-8.

Molinos-Senante, M., Hernández-Sancho, F. & Sala-Garrido, R. 2010. Economic feasibility study for wastewater treatment: a cost–benefit analysis. *Science of The Total Environment,* 408**,** 4396-4402.

Molinos-Senante, M., Hernández-Sancho, F. & Sala-Garrido, R. 2011. Cost–benefit analysis of water-reuse projects for environmental purposes: a case study for Spanish wastewater treatment plants. *Journal of Environmental Management,* 92**,** 3091-3097.

Niknam, R., Yousefpoor, A., Hajian, M. H. & Rashidi Sharif Abadai, A. R. 2011. Estimation of economic value of wastewater treatment plant wastewater from Kerman city for irrigation of agricultural land with environmental considerations. *Fourth Iranian Water Resources Management Conference.* Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran. (In Persian)

Razeghi, N. & Mansouri, R. 2015. Long-term planning to reuse water. *Water Recycling,* 2**,** 1-5.

Reig-Martínez, E., Picazo-Tadeo, A. & Hernández-Sancho, F. 2001. The calculation of shadow prices for industrial wastes using distance functions: an analysis for Spanish ceramic pavements firms. *International Journal of Production Economics,* 69**,** 277-285.

Sabour, M. R. & Kamalan, H. R. 2004. Evaluating and evaluating the economic purification of sewage discharged to the karoon river in Khuzestan Province. *Journal of Environmental Science and Technology,* 6**,** 20-29. (In Persian)

Sardar Shahraki, A. 2016. Optimal allocation of Hearmand's water resources using game theory and evaluation of management scenarios. PhD Thesis, Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran. (In Persian)

Soultani, G. R. 2007. *Engineering economics*. 10th Ed., Shiraz University Press, Shiraz, Iran. (In Persian)