نشریه عمران و پروژه، ۱۴۰۲، ۵(۷)، ۷۹-۶۱
https://doi.org/10.22034/cpj.2023.422692.122

Civil and Project Journal
http://www.cpjournals.com/

Research Article

Application of life cycle assessment method in environmental comparison of agricultural water distribution system modernization options (case study: Nekoabad)

Minoo Jafari[1] , Jaber Soltani[2]*, Seied Mehdy Hashemy Shahdany[3], Mohammad Javad Monem[4]

1- Master graduate, Department of Water Engineering, University of Tehran
2*. Associate Professor, Department. Water Engineering, University of Tehran
3-. Associate Professor, Department. Water Engineering, University of Tehran
4-Professor, Department of Water Engineering and Management, Tarbiat Modares University

Received: 28 September 2023; Revised: 08 October 2023; Accepted: 21 October 2023; Published: 22 October 2023

Abstract:

This study explores the impact of modernizing water distribution systems on the efficiency of agricultural water distribution from surface water resources. While previous studies have focused on technical and hydraulic evaluations of modernization options for irrigation networks, this research uses the life cycle assessment (LCA) method to compare selected modernization options regarding environmental performance. This is crucial given the increasing global focus on the environment and the importance of addressing environmental issues related to irrigation. The modernization options in this study were selected from structural and non-structural methods proposed in previous studies and were evaluated in terms of environmental impact over a 30-year lifespan. The environmental model of each option was developed in SimaPro v.9 software to use the LCA method. The results showed that the highest environmental impacts in all three scenarios were related to global warming potential, particulate matter formation, and human toxicity, respectively. However, environmental emissions were found to be lower in the structural scenario than in the current situation, while the non-structural scenario showed greater reduction. Further analysis revealed that carbon dioxide emissions equivalent had decreased by 9% in the structural scenario compared to the current situation. This is due to the decrease in electricity consumption caused by pumping wells by farmers. Over 99% of carbon dioxide production is due to electricity consumption, so using the structural modernization method during its service life could significantly reduce environmental pollution. Using non-structural methods could also reduce carbon dioxide emissions by up to 22%. Given these findings, the non-structural modernization scenario was found to be the most environmentally friendly among the scenarios examined in this study. The authors recommend that future research use the life cycle sustainability assessment (LCSA) method, which includes evaluating LCA as an environmental criterion, LCC as an economic criterion, and social life cycle assessment (S-LCA) as a social criterion.

Keywords: *Life cycle assessment, Operation management, Agricultural water distribution, LCA, SimaPro*

Cite this article as: Jafari, M., Soltani, J., Hashemy Shahdany, S. M., & Monem, M. J. (2023). Application of life cycle assessment method in environmental comparison of agricultural water distribution system modernization options (case study: Nekoabad). *Civil and Project*, *5*(7), 61-79.
https://doi.org/10.22034/cpj.2023.422692.122

ISSN: 2676-511X / **Copyright:** © 2023 by the authors.

Open Access: This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. If material is not included in the article's Creative Commons licence and your intended use is not permitted by statutory regulation or exceeds the permitted use, you will need to obtain permission directly from the copyright holder. To view a copy of this licence, visit https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Journal's Note: CPJ remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

**Corresponding author E-mail address: Email:* jsoltani@ut.ac.ir

نشریه عمران و پروژه، ۱۴۰۲، ۵(۷)، ۷۹-۶۱
https://doi.org/10.22034/cpj.2023.422692.122

نشریه عمران و پروژه
http://www.cpjournals.com/

کاربرد روش ارزیابی چرخه عمر در ارزیابی محیط زیستی فرایند به¬سازی بهره-برداری از سامانه¬های توزیع آب کشاورزی (مطالعه موردی: شبکه آبیاری نکوآباد اصفهان)

مینو جعفری[۱]، جابر سلطانی[۲*]، سیدمهدی هاشمی شاهدانی [۳]، محمدجواد منعم [۴]

۱- کارشناس ارشد علوم و مهندسی آب گرایش سازه‌های آبی، گروه مهندسی آب، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
*۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی،دانشگاه تهران
۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده فناوری کشاورزی (ابوریحان)، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی،دانشگاه تهران
۴- استاد گروه مهندسی و مدیریت آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۰۶ مهر۱۴۰۲؛ تاریخ بازنگری: ۱۶ مهر ۱۴۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۲۹ مهر ۱۴۰۲؛ تاریخ انتشار آنلاین: ۳۰مهر ۱۴۰۲

چکیده:

پژوهش حاضر با هدف اصلی معرفی یک روش ارزیابی زیست‌محیطی برای مقایسه گزینه‌های به‌سازی بهره‌برداری سامانه‌های توزیع آب سطحی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی انجام شده است. در این تحقیق، برای اولین بار با به‌کارگیری روش ارزیابی چرخه عمر (LCA) به عنوان یک روش اصولی و پرکاربرد در ارزیابی‌های زیست‌محیطی پروژه‌های مهندسی آب، اقدام به بررسی زیست‌محیطی گزینه‌های منتخب به‌سازی بهره‌برداری شبکه‌های آبیاری شد. گزینه‌های به‌سازی این تحقیق از بین روش‌های ارائه‌شده در مطالعات مختلف، در قالب دو سناریوی سازه‌ای و غیرسازه‌ای انتخاب شدند و عملکرد آن‌دو، باوضع موجود در عمر مفید۳۰ ساله مقایسه شد. برای به‌کارگیری روش ارزیابی چرخه عمر، مدل محیط زیستی هریک از گزینه‌ها در نرم‌افزار SimaPro v.9 توسعه داده شد. نتایج نشان داد بیشترین بار محیط زیستی در سناریوها، به‌ترتیب مربوط به پتانسیل گرمایش جهانی، تشکیل ذرات معلق و مسمومیت انسان می‌باشد. همچنین مشخص شد که اثرات محیط زیستی در سناریوی سازه‌ای نسبت به وضع موجود کاهش می‌یابد و در سناریوی غیرسازه‌ای کاهش بیشتری نیز خواهد داشت. همچنین مشخص شد که انتشار کربن دی‌اکسید معادل، در سناریوی سازه‌ای، نسبت به وضع موجود به میزان ۹ درصد کاهش یافته‌است. بنابراین چنانچه از روش به‌سازی سازه‌ای طی عمر مفید بهره گرفته شود، به سبب کاهش مصرف برق ناشی از پمپاژ چاه‌ها توسط کشاورزان، آلایندگی محیط زیستی کاهش خواهد یافت؛ زیرا بیش از ۹۹ درصد تولید کربن دی‌اکسید ناشی از مصرف برق است. همچنین بهره‌گیری از روش غیرسازه‌ای ،کاهش انتشار دی‌اکسید کربن تا ۲۲ درصد را در پی خواهد داشت. بنابراین سناریوی به-سازی سامانه توزیع آب به صورت غیرسازه‌ای، سناریوی منتخب در جهت کاهش انتشار آلاینده‌ها به محیط زیست است پس توصیه می-شود بدون تغییرات سازه‌ای یا هزینه‌های بالا و با بهبود بهره‌برداری از سامانه توزیع آب با برنامه‌ریزی تحویل آب به صورت نوبت‌بندی برای کاهش آلایندگی محیط زیست اقدام شود.

کلمات کلیدی:

ارزیابی چرخه عمر، مدیریت بهره‌برداری، توزیع آب کشاورزی، LCA، SimaPro

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: jsoltani@ut.ac.ir

۱- مقدمه

بالغ بر ۲۸۰ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی کره زمین تحت پوشش آبیاری تأمین‌شده از منابع آب سطحی و زیرزمینی می‌باشند. در این ارتباط شبکه‌های آبیاری و زهکشی وظیفه انتقال، توزیع و تحویل آب کشاورزی تأمین‌شده عمدتاً از منابع سطحی را به‌عهده دارند. اصلی‌ترین هدف متصورشده برای احداث این زیرساخت پرهزینه در کشورهای مختلف، تحویل حجمی به‌موقع، قابل اطمینان و به میزان کافی برای نواحی کشاورزی است. با این وجود شواهد مختلف حاکی از کارایی نامطلوب سامانه‌های بهره‌برداری در این شبکه‌ها، و بهره‌وری پایین آب در بخش کشاورزی به عنوان بزرگترین مصرف‌کننده آب است. بررسی مطالعات انجام‌شده، حاکی از عملکرد غیرقابل اعتماد سامانه‌های بهره‌برداری اغلب شبکه‌های آبیاری در توزیع پایدار آب سطحی است که سبب تمایل بیشتر کشاورزان به برداشت آب از آب زیرزمینی و به‌دنبال آن عواقب زیست‌محیطی از قبیل اضافه برداشت از آبخوان، کسری مخازن، کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی، و نهایتاً تشدید مصرف انرژی در محدوده شبکه‌های آبیاری شده است (Tork و همکاران، ۲۰۲۱). با توجه به محدودیت منابع آبی در کشور، استفاده بهینه از آب موجود و به‌خصوص منابع آب سطحی در بخش کشاورزی اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین ضرورت نوسازی، به‌سازی بهره‌برداری از شبکه-های آبیاری کشور که مساحتی در حدود ۶ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی فاریاب را در بر می‌گیرند، وجود دارد و محققین، همواره در تلاش برای یافتن راه‌هایی برای بهبود عملکرد شبکه های آبیاری بوده‌اند.

شاهوردی و همکاران در سال ۱۳۹۴، مدل تعیین دستورالعمل بهره‌برداری روش برحسب درخواست با الگوریتم یادگیری تقویتی سارسای فازی (FSL) را توسعه دادند که در کانال E1R1 شبکه آبیاری دز آزمون شد. ورودی این الگوریتم دبی‌های درخواست‌شده و خروجی آن دستورالعمل بهره‌برداری سازه‌ها بود. برای ارزیابی نتایج دو سناریوی اجراشده، شاخص-های ارزیابی عمق و دبی به کار رفت. نتایج نشان دهنده توانایی FSL در هم‌گرایی و استخراج الگوها بود. مثلا در سناریوی ۱، که در آن دبی آبگیرهای ۵ و ۶ از ۰/۱ متر مکعب در ثانیه به ۰/۲ متر مکعب در ثانیه افزایش یافته و سایر آبگیرها بسته اند، حداقل مقدار /شاخص‌های راندمان و کفایت برابر ۰/۹۸۹و ۰/۹۹۴ و حداکثر مقدار شاخص های خطای مطلق حداکثر و تجمعی برابر ۸/۴ و ۷/۴ درصد به دست آمد. همچنین Rahmati و منعم در سال ۱۳۹۴، در مطالعه‌ای به معرفی روش مسکات (MASSCOTE)، یکی از روش‌های جدید و یکپارچه ارزیابی عملکرد سامانه‌های آبیاری و زهکشی که توسط سازمان جهانی فائو پیشنهاد شده‌است، پرداختند. روش مسکات رویکردی همه جانبه در ارزیابی سامانه‌های آبیاری در مقیاس متوسط تا بزرگ، از دیدگاه بهبود عملکرد تحویل آب است که در چارچوب یک روش گام‌به‌گام به تهیه برنامه‌های نوگرایی کمک می‌کند .همچنین نوگرایی می‌تواند تأثیر مثبتی بر عواملی همچون بازگشت هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری، پایداری تشکل-های آب‌بران، سهولت بهره‌برداری از سامانه آبیاری، بهبود کیفیت خدمات تحویل آب، ساماندهی بی‌نظمی‌های موجود در سامانه و دیگر عوامل داشته باشد.Zamani و همکاران در سال ۲۰۱۵ طی پژوهشی با استفاده از مدل هیدرودینامیک SOBEK و نرم-افزار MATLAB، طراحی و ارزیابی سامانه کنترل سراسری پایین‌دست فاصله‌دار PI (تناسبی-انتگرالی)، را برای یک کانال اصلی مورد بررسی قرار داد و نتیجه شد که شیب کف کانال به عنوان یک فاکتور بیشترین تأثیر را بر روی رفتار جریان و تنظیم کنترل‌گر مورد نظر دارد. طی پژوهشی که در سال ۲۰۱۶ توسط Serra و همکاران در یک شبکه آبیاری واقع در اسپانیا انجام شد، مشخص شد که بیش از نیمی از آب عرضه‌شده، به دلیل فرسودگی شبکه انتقال آب و نیز ازکارافتادگی زیرساخت‌های مربوط به آن، از شبکه خارج می‌شود. Mdemu و همکاران در سال ۲۰۱۷ در مقاله‌ای به بررسی فرصت‌ها و مشکلات برای افزایش تولید در دو شبکه آبیاری در کشور تانزانیا پرداختند. در این تحقیق در کنار مشکلات مالی، مشکلات زیر ساخت‌ها و نبود سازه‌های مطلوب از مهم‌ترین مشکلات راندمان توزیع آب معرفی شدند. در تحقیق Bayat و همکاران با توجه به اینکه تنظیم مناسب سازه‌ها و دستورالعمل‌های بهره‌برداری بین درخواست‌های متوالی تابعی از تغییرات دبی، فاصله زمانی بین بهره-برداری‌ها، همزمانی درخواست‌های مختلف، شرایط فیزیکی سازه‌های کانال و رفتار هیدرودینامیکی جریان می‌باشد که موجب پیچیدگی و لزوم استفاده از روش‌های ریاضی برای مدل‌سازی و بهره‌برداری می‌گردد، در سال ۱۴۰۱ از روش جدید FSL و

روش ANN برای کانال عقیلی شرقی واقع در استان خوزستان استفاده شد. بررسی‌ها نشان داد که نتایج شبکه پرسپترون چندلایه از شبکه تابع پایه شعاعی بهتر است و نتایج مدل‌سازی با روش سارسای فازی نیز از روش پرسپترون چندلایه مناسب-تر می‌باشد. اما به‌هرحال هر دو روش می‌توانند در عمل مورد استفاده قرار گیرند.

با در نظر گرفتن افزایش توجه جهان به اهمیت محیط زیست، مشخص شد لازم است هر تغییری در زیرساخت فنی-هیدرولیکی می‌بایست با ارزیابی جنبه‌های زیست‌محیطی متأثر از آن همراه باشد. از این رو، ارزیابی‌ها به مرور زمان از دیدگاه صرف هیدرولیکی و فنی خارج شده و معیارهای اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی در آن‌ها لحاظ گردیده‌است؛ Fard و همکاران (۲۰۲۱) پتانسیل خودکارسازی سامانه‌های توزیع آب سطحی را در جهت کاهش استخراج منابع آب زیرزمینی و به تبع آن صرفه‌جویی در مصرف انرژی، موردبررسی قرار دادند. میزان برداشت سالانه در منطقه موردمطالعه ۸۲ میلیون مترمکعب و میزان مصرف سالانه برق برای پمپاژ از آب زیرزمینی ۲۳۶ میلیون کیلووات ساعت بوده‌است که خودکارسازی سامانه عملکرد آن را بهبود بخشیده‌است؛ به نحوی که میزان برداشت سالانه از آب زیرزمینی را ۱۶ درصد و میزان مصرف انرژی را ۲۶ درصد کاهش داده‌است.Tork و همکاران (۲۰۲۱)، در پژوهشی به ارزیابی جامع مدرن‌سازی سامانه توزیع آب سطحی در دشت نکوآباد و تأثیر آن بر کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی پرداختند. در این پژوهش شاخص‌های افزایش تراز آب زیرزمینی، عدالت توزیع آب، هزینه پیاده‌سازی و ردپای یک‌پارچه آب زیرزمینی به ترتیب به عنوان شاخص‌های فنی، اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی درنظرگرفته شدند. نتایج نشان داد که مدرن‌سازی سامانه توزیع آب سطحی در شرایطی که هم از آب سطحی و هم از آب زیرزمینی در مدیریت آب کشاورزی بهره‌گرفته شود، می‌تواند به عنوان راهکاری مؤثر در تعادل‌بخشی آبخوان مورداستفاده قرار بگیرد.

با مرور مطالعات انجام‌شده، به نظر می‌رسد به مباحث محیط زیستی کم‌تر از سایر جنبه‌ها پرداخته شده و یا ارزیابی-های محیط زیستی، جامع نبوده‌اند. پس این سوال پیش می‌آید که کاربرد ابزارهای ارزیابی زیست‌محیطی مناسب-همچون LCA[1]-، چه اثری بر انتخاب روش‌های به‌سازی و مدرن‌سازی شبکه ایجاد خواهد نمود. پژوهش Tanji و همکاران در سال ۲۰۰۳در ژاپن طی یک دوره ۳۰ ساله نشان داد که یک کانال با ورودی آب ثقلی، مقدار CO_2 2.2 t-C/ha و یک کانال با ورودی از طریق پمپاژ، مقدار CO_2 6.0 t-C/ha تولید می‌کند. Hendrickson و Horvath در مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۴، ردپای گازهای گلخانه‌ای موجود (GHG) عناصر رایج شبکه توزیع آب را با استفاده از ارزیابی چرخه عمر(LCA) کمّی کردند. نتایج نشان داد که ۸۱ درصد از گازهای گلخانه‌ای ناشی از انرژی پمپاژ است که در آن بخش بزرگی از این انتشارات ناشی از نشت سامانه توزیع است که ۲۷۰ میلیارد لیتر از تلفات آب روزانه را در ایالات متحده تشکیل می‌دهد. Hajibabaei و همکاران در سال ۱۳۹۵به بررسی اثرات زیست‌محیطی ناشی از تولید، حمل و نصب لوله های پی‌وی‌سی، پلی‌اتیلن با وزن مخصوص بالا، سیمانی الیاف‌دار و چدن نشکن پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که درمجموع سه فاز تولید، حمل و نصب، لوله‌های چدن نشکن بیشترین و لوله‌های پی‌وی‌سی کمترین اثرات زیست‌محیطی را به خود اختصاص می‌دهند. در مقاله Raghuvanshi (۲۰۱۷) ارزیابی چرخه عمر تصفیه‌خانه فاضلاب در محوطه دانشگاهی در هند ارائه شد. انتشارهای مختلف ناشی از تصفیه‌خانه فاضلاب همراه با عوامل تأثیرگذار آن‌ها با استفاده از یک نرم‌افزار LCA مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مشخص شد که آب بازیافتی تأثیر مثبتی بر روی دسته‌های ارزیابی شده دارد. اثر سیستم تصفیه بر اثر آب بازیافتی در دسته‌های دیگر مانند پتانسیل سمیت زمین، پتانسیل گرم شدن کره زمین، تشکیل ذرات و پتانسیل تهی شدن از منابع فسیلی پیشی می‌گیرد.

در مطالعه Hsein و همکاران در سال ۲۰۱۹ ارزیابی چرخه عمر به منظور بررسی تأثیرات زیست محیطی تأمین آب شرب سنگاپور، که متشکل از NEWater (آب بازیافتی کاملاً تصفیه شده) و آب لوله‌کشی است، صورت گرفت. نتایج نشان داد که ۱ متر مکعب "NEWater بر مصرف کننده" و ۱ متر مکعب " آب شیرین بر مصرف کننده" به ترتیب ۲/۱۹ کیلوگرم

[1] Life Cycle Assessment

CO2-Eq و ۱/۳۰ کیلوگرم CO2-Eq به پتانسیل تغییر آب و هوا و ۰/۰۰۳۴۴ متر مکعب و ۰/۸۸۲ متر مکعب به پتانسیل کاهش آب کمک می‌کند. مطالعه Xue و همکاران در سال ۲۰۱۹ اثرات زیست‌محیطی و اقتصادی چرخه عمر سیستم‌های آب و فاضلاب شهری را در منطقه سینسیناتی به‌عنوان یک مطالعه موردی ارزیابی کرد. دامنه این مطالعه شامل کل سیستم‌های آب و فاضلاب شهری از شروع آب خام برای آب آشامیدنی تا تصفیه و دفع فاضلاب است. ارزیابی چرخه عمر مشخص کرد که بهره‌برداری و نگهداری از سیستم‌های توزیع آب آشامیدنی سهم عمده‌ای در مصرف انرژی(۴۳ درصد) و پتانسیل گرمایش جهانی(۴۱ درصد) دارد. تخلیه فاضلاب از تصفیه‌خانه فاضلاب در بیش از ۸۰ درصد از کل یوتروفیکاسیون دخالت دارد. همچنین ارزیابی چرخه عمر نشان داد که استفاده از منابع انرژی پاک‌تر، کاهش مصرف برق، طراحی پیکربندی سامانه با اهداف مناسب، بازیابی منابع و تمرکززدایی از استراتژی‌های موثر برای کاهش تأثیرات زیست‌محیطی و اقتصادی سامانه‌های آب شهری است. Hajibabaei و همکاران(۲۰۲۰) در پژوهشی به جمع‌آوری یک مجموعه داده جامع از چرخه عمر به منظور ارزیابی بارهای زیست‌محیطی مرتبط با مراحل ساخت و نوسازی شبکه‌های توزیع آب پرداختند. هدف از این پژوهش کشف اثرات داده‌های اولیه و ثانویه بر نتایج LCA بر اساس تحلیل عدم‌قطعیت‌ها بوده است. نتایج حاکی از اهمیت لحاظ فرآیندهای مربوط به ساخت‌ساز جاده‌ای، بخصوص برای لوله‌های پلاستیکی کوچک تا متوسط بود. اگرچه انژری حاصل از سوزاندن لوله‌های پلاستیکی تا حدی اثرات پایان عمر آن‌ها را جبران می‌کند اما این فرآیندهای مربوط به سوزاندن تأثیر قابل‌توجهی بر گرمایش جهانی می‌گذارند. در نهایت این مطالعه نشان داد که بدون درنظرگرفتن تمامی اطلاعات شناخته شده نیز ارزیابی چرخه عمر برای شبکه‌های توزیع آب قابل اعتماد است. همچنین این مقاله پشنهاداتی را ارائه داده است که بهتر است در فرآیند جمع-آوری داده روی کدام داده‌ها تمرکز شود. مطالعه Abbasi و همکاران (۱۴۰۱) اثرات محیط زیستی سیاست‌های مدیریت تقاضا بر سیستم آب شهری را با استفاده از ارزیابی چرخه عمر در شهر جدید بهارستان استان اصفهان بررسی کرده است. نتایج نشان داد که بخش قابل توجهی از اثرات محیط زیستی در شبکه تأمین و توزیع آب مربوط به خرابی‌های شبکه است که نسبت به مصرف انرژی، تأثیرات بسیاری در اکثر گروه‌های اثرات محیط زیستی دارد، به طوری که اثرات خرابی‌های شبکه به صورت میانگین ۲/۲ برابر سیستم پمپاژ است.

مرور پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که مطالعات انجام‌شده در خصوص ارزیابی چرخه عمر، عمدتاً در بحث آبرسانی شهری و یا چرخه استحصال آب تا تصفیه فاضلاب آن می‌باشد و تا آنجا که نگارنده جستجو کرده، هنوز در خصوص بارهای زیست‌محیطی ارزیابی گزینه‌های مدرن‌سازی سامانه‌های توزیع و تحویل آب کشاورزی، مطالعه‌ای انجام نگرفته است.

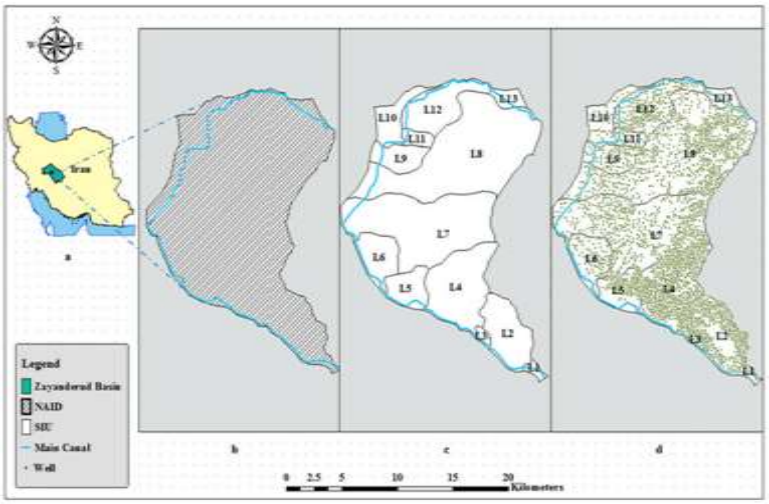
نظر به اهمیت روزافزون جنبه‌های زیست‌محیطی در پروژه‌های مدرن‌سازی، نوآوری پژوهش حاضر عبارت از بهره-گیری از روش ارزیابی چرخه عمر (LCA)، برای بررسی جامع زیست‌محیطی ناشی از پیاده‌سازی سناریوهای رایج به‌سازی بهره‌برداری سامانه‌های توزیع آب سطحی در شبکه‌های آبیاری در گذر زمان می‌باشد. مورد مطالعاتی در این تحقیق شبکه آبیاری نکوآباد واقع در محدوده آبخوان نجف‌آباد اصفهان است که علاوه بر ارزیابی وضعیت موجود، روش‌های (۱) توزیع آب کشاورزی به صورت غیرسازه‌ای (برپایه بهبود روش بهره‌برداری دستی موجود) و (۲) توزیع آب کشاورزی سازه‌ای (برپایه جایگزینی سازه‌های آبگیر جدید با سازه‌های موجود) در نظر گرفته شده‌است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱-منطقه مورد مطالعه

شبکه آبیاری نکوآباد واقع در حوزه آبریز زاینده‌رود، در بخش مرکزی ایران قرار گرفته است. شکل ۱ موقعیت این شبکه در کشور، شمای کلی و همچنین جزئیات آن را نشان می‌دهد. موقعیت مکانی آن در عرض جغرافیایی ۳۲:۲۳ تا ۳۱:۴۶

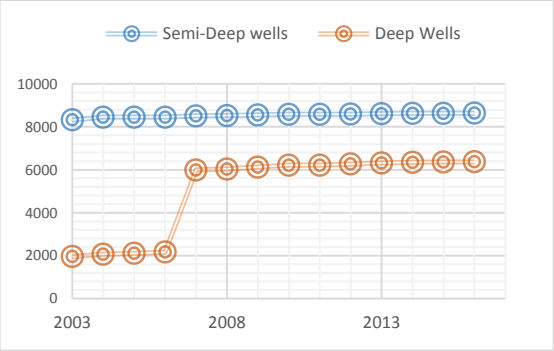
شمالی و طول جغرافیایی ۵۱:۲۱ تا ۵۱:۴۲ شرقی قرار دارد. میانگین بارش سالانه در این منطقه ۱۲۰ میلی‌متر می‌باشد که این میزان بسیار کمتر از متوسط بارندگی سالانه در ایران(حدود ۲۴۰ میلی‌متر) است. این درحالی است که میزان تبخیر و تعرق در این منطقه حدود ۱۵۰۰ میلی‌متر در سال برآورد شده‌است. هم‌چنین راندمان آبیاری در این شبکه با استفاده از روش‌های آبیاری سطحی، به‌طور متوسط ۳۸/۳۵ گزارش شده‌است.



شکل۱ : موقعیت شبکه آبیاری نکوآباد واقع در بالادست حوضه زاینده‌رود در مرکز ایران

منبع اصلی تأمین‌کننده آب این شبکه، آب رها شده از سد زاینده‌رود می‌باشد. در طرفین بند انحرافی نکوآباد (منشا تأمین آب این شبکه)، دو رشته کانال اصلی چپ و راست به‌منظور برداشت به‌ترتیب ۵۰ و ۱۵ متر مکعب بر ثانیه آب برای تحت پوشش قرار دادن اراضی به وسعت ۶۵۰۰۰ هکتار(سطح ناخالص که به نقل از شرکت آب منطقه‌ای اصفهان مساحت در حال بهره‌برداری شبکه حدود ۲۹ هزار هکتار است) احداث شده؛ طول کانال اصلی سمت چپ و راست به‌ترتیب ۵۹/۳ و ۳۵/۲ کیلومتر می‌باشد. تأسیسات کنترل‌کننده شبکه آبیاری نکوآباد عبارت‌اند از سازه‌های تنظیم‌کننده سطح آب شامل سازه‌های خودکار هیدرومکانیکال آمیل و یک سازه ثابت نوک اردکی؛ هم‌چنین تحویل و توزیع آب در طول کانال‌های اصلی با به‌کارگیری انواع آبگیرهای مدول نیرپیک و به صورت دستی انجاممی‌شود.

در این پژوهش، کانال اصلی سمت چپ شبکه آبیاری نکوآباد که وظیفه آبرسانی به ۱۳ ناحیه زراعی را دارد (مرزبندی نواحی در شکل ۱ مشخص شده) و ۱۳ آبگیر نیرپیک در طول آن بهره‌برداری می‌شوند، مطالعه شده است. در حال حاضر با برداشت سالانه ۳۷۰میلیون مترمکعب از حدود ۱۵۰۰۰حلقه چاه حفرشده درشبکه آبیاری نکوآباد، حجم آب برداشتی در محدوده این شبکه به حدود ۷۲ درصد کل برداشت از منابع آب زیرزمینی رسیده است. تعداد چاه‌های حفر شده به تفکیک نوع چاه (عمیق یا نیمه‌عمیق) در سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۶ در شکل ۲ ارائه شده‌است. در این بازه زمانی، آبخوان این منطقه افزایش ۳/۸ درصدی حفر چاه‌های نیمه‌عمیق و افزایش قابل توجه ۲۲۵/۸ درصدی چاه‌های عمیق را شاهد بوده است. افزایش بی‌رویه حفر چاه‌ها و بهره‌برداری از آن‌ها برای مصارف کشاورزی نه تنها این منطقه را به یکی از دشت‌های بحرانی کشور تبدیل کرده، بلکه خسارات جدی به محیط زیست وارد می‌نماید؛ به‌طوری‌که سالانه هزاران تن گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر زمین وارد می‌شود (Shahdany و همکاران، ۲۰۱۸).



شکل۲ : تعداد چاه‌های حفر شده عمیق و نیمه عمیق در بازه زمانی ۲۰۰۳-۲۰۱۶ در محدوده آبخوان

وضعیت نامناسب برداشت از منابع آب سطحی و زیرزمینی منطقه از یک سو و افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی از سوی دیگر، مدیران آب این منطقه را به یافتن چاره واداشته است. محققین اجرای سناریوهای به‌سازی شبکه آبیاری به عنوان گزینه‌ای عملی و راه‌حلی ممکن برای حل مشکلات پیش رو با هدف افزایش راندمان انتقال و تحویل آب سطحی و در نتیجه کاهش نیاز به برداشت از ذخایر آب زیرزمینی در ساحل چپ شبکه نکوآباد را بررسی کرده‌اند (Tork و همکاران؛ ۲۰۲۱). در این مطالعه، به ارزیابی اثرات محیط زیستی ناشی از اجرای سناریوهای به‌سازی پرداخته می‌شود.

۲-۲-معرفی سناریوهای تحقیق

با توجه به لزوم بهبود وضعیت بهره‌برداری کانال اصلی آبیاری شبکه مورد مطالعه، با الگوبرداری از پروژه‌های مدرن-سازی، به‌سازی و نوسازی شبکه‌های آبیاری، با هدف بهبود وضعیت بهره‌برداری کانال‌های آبیاری با اعمال کمترین تغییرات در ساختار موجود کانال‌ها، دو راهکار معرفی‌شده در مدیریت بهره‌برداری کانال مورد مطالعه، مورد بررسی قرار گرفت. سناریوی A_0 که بیانگر وضعیت فعلی بهره‌برداری است، به صورت زیر تعریف می‌شود:

۲-۲-۱-روش بهره‌برداری موجود (A_0): در حال حاضر، بهره‌برداری از کانال اصلی شبکه به این صورت انجام می-شود که تنظیم سطح آب به صورت خودکار با کمک سازه‌های خودکار هیدرولیکی آمیل و تنظیمات روزانه سازه‌های آبگیر مدول نیرپیک (در دو حالت باز یا بسته) یک بار در روز صورت می‌گیرد.

۲-۲-۲-سناریو A_1: راهکار سازه‌ای با تعویض دریچه‌های آبگیر

در این سناریو، نوع آبگیرهای شبکه، از آبگیر مدول نیرپیک به دریچه کشویی تغییر خواهد کرد. ضرورت تعویض دریچه‌ها، افزایش دوره‌های کم‌آبی است؛ منظور از دوره کم‌آبی، روزهای در طول فصل کشت است که میزان آب منحرف شده در محل بند انحرافی، از مقدار حقابه کشاورزی کمتر می‌باشد. با تغییر الگوی آب سطحی تأمین شده در ورودی شبکه آبیاری، مدول‌های نیرپیک کارکرد مطلوبی ندارند و پیش‌فرض‌های اولیه که توجیه‌کننده وجود سازه آبگیر نیرپیک بوده دیگر قابل دفاع نمی‌باشد؛ با این توجیه فنی که این مدول‌ها در یک بازه خاص از رقوم سطح آب در کانال بالادست خود کار می‌کنند. همچنین نگهداری و تعمیرات مدول نیرپیک مشکلاتی دارد.

۲-۲-۳-سناریوی A_2: راهکار غیرسازه‌ای(بهبود بهره‌برداری با برنامه‌ریزی تحویل آب به صورت نوبت بندی)

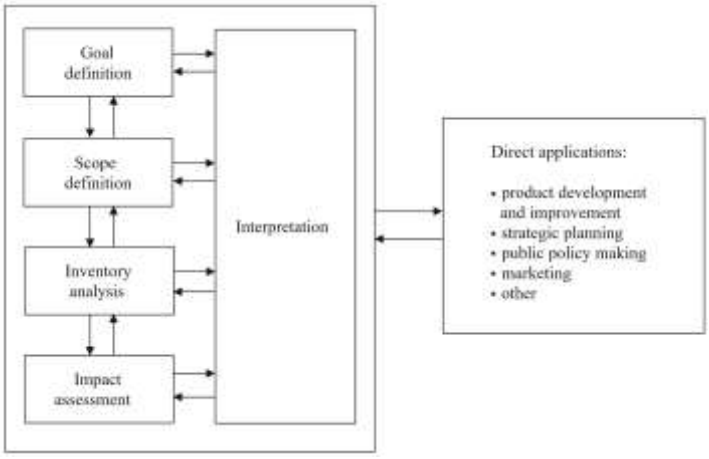
در این سناریو فرض شده‌است که تغییری در زیرساخت سازه‌ای شبکه (سازه‌های آبگیر و سازه های تنظیم سطح آب) ایجاد نشود و با نوبت‌بندی منطقه‌ای بتوان مشکل تغییر الگوی تأمین آب در محل ورودی شبکه را کنترل نمود. این سناریو، با الگوبرداری از روش تجربی مرسوم بهره‌برداری کانال اصلی هنگام خشکسالی که در برخی از شبکه‌های کشور همچون شبکه

آبیاری فومنات استان گیلان به‌کار گرفته می‌شود، در نظر گرفته شده‌است. در این روش در نیمی از زمان بهره‌برداری (یا بخشی از این بازه زمانی) تنها در آبگیرهای واقع در نیمه بالادست کانال اصلی، برداشت آب صورت می‌گیرد و آبگیرهای پایین‌دست به کاملا بسته خواهند بود و به طور متوالی آبگیرهای پایین‌دست باز و آبگیرهای بالادست بسته خواهند شد.

۳-۲-معرفی روش ارزیابی چرخه عمر

ارزیابی چرخه عمر، یکی از رویکردهای ارزیابی محیط زیستی است که امروزه به عنوان یکی از روش‌های استاندارد و پرکاربرد در ارزیابی محیط زیستی فرایندها، محصولات و خدمات مورد استفاده قرار می‌گیرد. ارزیابی چرخه عمر، ابزاری کاربردی با رویکرد کلی‌نگر است، به طوری که تمامی ورودی‌ها و خروجی‌های ضروری در مراحل چرخه عمر در درون مرزهای سیستم لحاظ می‌شود. در این روش، ابتدا کلیه منابع مصرف‌شده و فعالیت‌های انجام‌شده برای هدف مورد نظر تعیین و سپس انتشارات به محیط و پیامدهای ناشی از آن‌ها بررسی می‌شود. فعالیت‌هایی که در ارزیابی چرخه عمر در نظر گرفته می‌شود عموما شامل تولید، استفاده یا بهره‌برداری و دفع در پایان عمر محصولات است (Hauschild و همکاران، ۲۰۱۸). قدرت LCA در این است که نگرانی‌های محیط زیستی را فراتر از یک مسئله خاص بسط می‌دهد و می‌کوشد تا محدوده وسیعی از مسائل محیط زیستی را با استفاده از روشی کمّی برای تصمیم گیرندگان مورد بحث و بررسی قرار دهد. LCA می‌تواند میزان اثرات محیط زیستی سیستم مورد مطالعه، مانند گرم شدن کره زمین، کمبود منابع فسیلی و مصرف آب را به صورت کمی بیان کند.

برای بررسی اثرات زیست‌محیطی محصولات یا خدمات در قالب روش ارزیابی چرخه عمر، ابتدا لازم است مراحل استفاده از این روش در چارچوب استانداردهای بین‌المللی مورد توجه قرار گیرد (شکل ۳).



شکل ۳ : چارچوب LCA در ISO 14040، (ISO، ۲۰۰۶)

۳-۲-۱-تعریف هدف و دامنه کاربرد در روش ارزیابی چرخه عمر

این گام، شامل سه بخش تعیین هدف پژوهش، مرزهای سیستم و واحد عملکرد سیستم است (Kirk و همکاران، ۲۰۰۶). در این مرحله، محصول از منظر مرزها، واحد عملکردی و اینکه این ارزیابی به چه پرسش‌هایی پاسخ خواهد داد، تعریف می‌شود. ارزیابی چرخه عمر، بر مبنای محاسبه و مقایسه پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از مقدار معینی از محصول یا خدمتی که ثمره کار سیستم است انجام می‌گردد و این مقدار معین، واحد عملکرد نامیده می‌شود. همچنین مرزهای سیستم در مطالعات مختلف متفاوت است زیرا انتخاب مرزهای سیستم، وابسته به هدف مطالعه است؛ مرز سیستم می‌تواند تولید، استفاده یا بهره‌برداری تا عمر مفید و سناریو دفع (شامل دور انداختن، از کار انداختن و استفاده مجدد یا بازیافت) را دربرگیرد (Hauschild و همکاران، ۲۰۱۸).

در این پژوهش، هدف، مقایسه اثرات زیست‌محیطی چرخه عمر (شامل فازهای تولید، بهره‌برداری و دفع) دو سناریوی معرفی شده و مقایسه آن با شرایط موجود می‌باشد. که براین اساس، واحد عملکرد در این مطالعه، تأمین آب ناحیه زراعی و عمر مفید هر یک از روش‌ها، برابر ۳۰ سال در نظر گرفته شده‌است. برای محاسبه اثرات زیست‌محیطی در فاز تولید، مواد سازنده و حمل‌ونقل در نظر گرفته شده؛ در فاز بهره‌برداری، حمل‌ونقل بهره‌بردارها (اندازه‌گیری‌شده با نرم‌افزار GIS)، ادوات مورد استفاده برای کنترل و نگهداری و همچنین میزان برق ناشی از برداشت کشاورزان از چاه (محاسبه‌شده از رابطه ۱) لحاظ شده‌است. در تحقیق حاضر، مرز سیستم شامل فعالیت‌های انجام‌شده در فاز تولید، بهره‌برداری و دفع است.

۲-۳-۲-تجزیه‌وتحلیل موجودی (سیاهه چرخه عمر)

این گام شامل شناسایی و کمّی نمودن کلیه منابع مورد استفاده (اعم از انرژی، آب، مواد خام و فرآوری‌شده)، کلیه مواد منتشرشده به محیط زیست (مانند انتشار آالاینده‌ها به هوا، خاک و آب) و ضایعات ناشی از تولید و مصرف محصول است. کمیت و کیفیت داده‌های جمع‌آوری‌شده در این مرحله، به هدف مطالعه، مرز سیستم، بودجه و زمان بستگی دارد. منبع و مرجع جمع‌آوری اطلاعات نیز نقش بسیار مؤثری در اعتبار و کامل بودن داده‌ها دارد. به‌طورکلی داده‌ها را از یک یا چند منبع همچون اندازه‌گیری مستقیم، اندازه‌گیری آزمایشگاهی، اسناد دولتی و صنعتی، گزارش‌های تجاری، منابع اطلاعاتی ملی، سیاهه‌های زیست‌محیطی، مشاوران، پایگاه‌های داده، منابع علمی و قضاوت‌های مهندسی استخراج یا تهیه نمود(Khasreen و همکاران، ۲۰۰۹).

از آنجا که در تولید محصولات نهایی، خدمات و کالاهای زیادی نقش دارند، برای کمّی کردن کلیه مواد منتشرشده به محیط زیست به حجم بسیار زیادی از اطلاعات مورد نیاز است. جمع‌آوری مستقیم تمامی این داده‌ها با دقت قابل قبول، امری زمان‌بر، پرهزینه و در مواردی غیرممکن است؛ لذا میتوان از پایگاه‌های داده معتبر استفاده نمود. پایگاه‌های داده در کشورهای مختلف توسعه داده شده‌اند و پیوسته در حال تکمیل و به‌روزرسانی اطلاعات خود هستند. در مطالعه حاضر از پایگاه داده Ecoinvent و به منظور به‌کارگیری آن و همچنین ارزیابی و مقایسه اثرات زیست‌محیطی از نرم‌افزار Simapro استفاده شده‌است.

در این مطالعه، پارامترهای ورودی در نظر گرفته‌شده به نرم‌افزار مطابق جداول ۱ تا ۳ می‌باشد. جدول ۱، بیانگر اطلاعات ورودی به نرم‌افزار برای وضع موجود است. در این جدول، برای فاز ساخت، فرایندها و مواد اولیه مورد استفاده برای تولید دریچه‌ها و حمل آن‌ها تا کانال در نظر گرفته شده، در فاز بهره‌برداری، شن مورد نیاز برای نگهداری سالانه، حمل و نقل تیم‌های بازرسی منظم و مصرف برق ناشی از پمپاژ چاه‌ها برای استحصال آب زیرزمینی (به دلیل عدم کفایت توزیع و تحویل آب سطحی) دیده شده و در فاز دفع نیز حمل و بازیافت دریچه‌ها در نظر گرفته شده است.

اطلاعات مربوط به سناریوهای سازه‌ای و غیرسازه‌ای نیز در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است. این اطلاعات عمدتا مستخرج از کاتالوگ محصولات، مقالات، کارخانه‌ها و شرکت‌ها هستند؛ مسافت‌های حمل و نقل با استفاده از GIS محاسبه شده و از رابطه ۱ برای محاسبه انرژی پمپاژ آب از چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق استفاده شده‌است (Karimi و همکاران، ۲۰۱۲).

$$EC = \frac{2.73 \times D \times V}{OPE \times (1 - TL) \times 1000} \qquad (۱)$$

که در آن، EC=کل انرژی مصرفی(kwh)، D=ارتفاع استخراج، V=حجم استخراج، OPE=راندمان پمپ، TL= تلفات انتقال و توزیع آب تا محل مزارع (فقط برای پمپ‌های الکتریکی، در غیر این صورت برابر صفر است).

جدول۱ : اطلاعات ورودی سناریوی A_0 به نرم‌افزار SimaPro

Stage	Inputs	Amount
Assembly	Steel	**6760 kg**
	Zinc	**52 kg**
	Brass	**26 kg**
	Zinc coat	**409 m^2**
	Metal Working	**6760 kg**
	Transport	**775 km**
Use or Operation	Gravel	**78000 kg**
	Electricity	**7084232700 kWh**
	Transport	**4677286 km**
Waste treatment	Steel and iron (recycling)	**6500 km**
	Transport	**5000 tkm**

جدول۲ : اطلاعات ورودی سناریوی A_1 به نرم‌افزار SimaPro

Stage	Inputs	Amount
Assembly	Steel	**6980 kg**
	Concrete	**26 m^3**
	Zinc	**52 kg**
	Zinc coat	**409 m^2**
	Metal working	**6890 kg**
	Transport	**775 km**
Use or Operation	Gravel	**78000 kg**
	Electricity	**6438023610 kWh**
	Transport	**4677286 km**
Waste treatment	Steel and iron (recycling)	**6500 kg**
	Transport	**5000 tkm**

جدول۳ : اطلاعات ورودی سناریوی A_2 به نرم‌افزار SimaPro

Stage	Inputs	Amount
Assembly	Steel	**6760 kg**
	Zinc	**52 kg**
	Brass	**26 kg**
	Zinc coat	**409 m^2**
	Metal Working	**6760 kg**
	Transport	**775 km**
Use or Operation	Gravel	**78000 kg**
	Electricity	**5566959600 kWh**
	Transport	**3234541 km**
Waste treatment	Steel and iron (recycling)	**6500 km**
	Transport	**5000 tkm**

۲-۳-۳-ارزیابی اثرات چرخه عمر

در این گام، مقصود از ارزیابی اثرات چرخه عمر، درک و ارزیابی مقدار و اهمیت پیامدهای بالقوه زیست‌محیطی ناشی از محصول نهایی می‌باشد. در این مرحله، تأثیرات بالقوه ناشی از مصرف منابع محیطی و تولید آلاینده‌ها بر انسان و طبیعت ارزیابی می‌شود. در این مطالعه، به‌منظور ارزیابی اثرات چرخه عمر، از روش ReCiPe ۲۰۱۶ استفاده شده که روشی کارآمد، به‌روز و دارای مقبولیت جهانی است (شکل۴) که برای اکثر پروژه‌ها توصیه شده‌است (Huijbregts و همکاران، ۲۰۱۷). چگونگی کارکرد آن در شکل ۶ قابل مشاهده می‌باشد. این روش از کامل‌ترین روش‌های معرفی‌شده تا کنون، برای بررسی پیامدهای زیست‌محیطی محصولات است.در روش ReCiPe ۲۰۱۶، مراحل کار به این شرح است:

۱- تعریف هدف و محدوده فعالیت

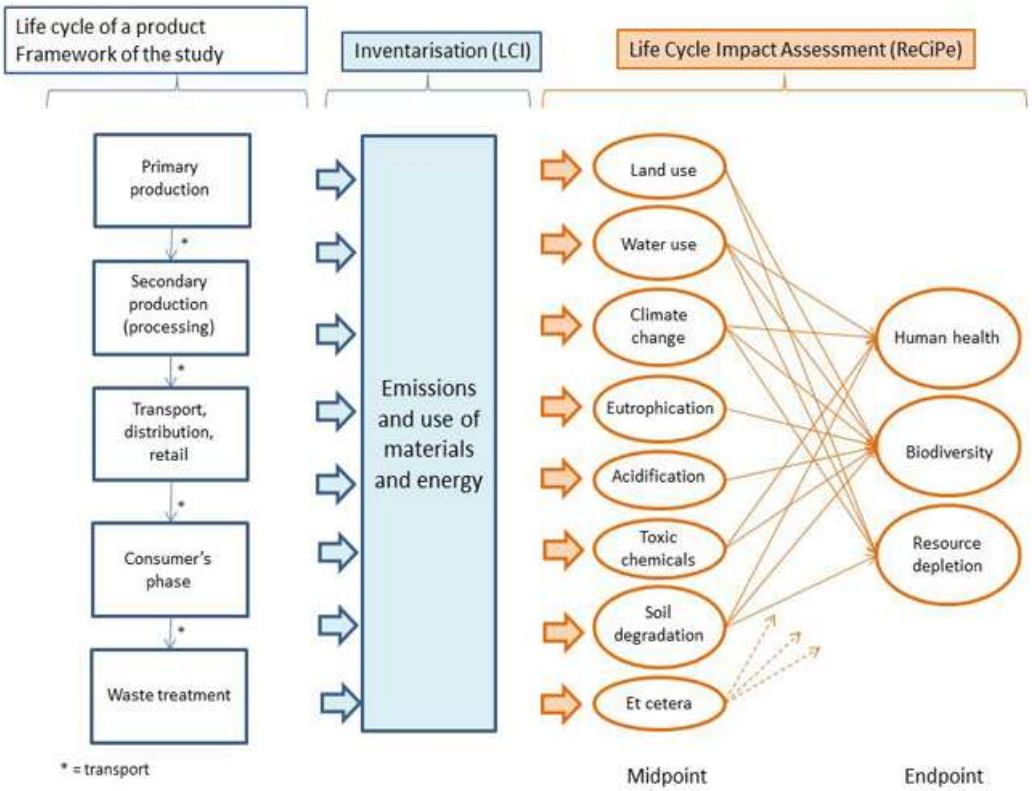
۲- تهیه فهرست منابع مصرفی و مواد انتشاریافته

۳- دسته‌بندی اثرات

۴- توصیف اثرات دسته‌بندی‌شده

۵- تجمیع اثرات و طبقه‌بندی آن‌ها در سه گروه اثرات پایانی شامل (۱)آسیب به سلامت انسان، (۲)آسیب به کیفیت اکوسیستم و (۳)آسیب به منابع

۶- نرمال‌سازی: بدون واحد ساختن مقادیر دسته‌های مختلف اثرات به‌منظور قابل مقایسه ساختن آن‌ها بایکدیگر



شکل ۴ : ارزیابی اثرات چرخه عمر (ReCiPe, 2016)

مراحل اختیاری:

۷- وزن‌دهی: این بخش براساس نظرات کارشناسان و توسعه‌دهندگان روش، ایجاد شده‌است. برای مثال ممکن است وزن، اهمیت و پیامد آسیب به سلامت انسان دو برابر آسیب به منابع باشد.

۸- تجمیع نهایی (نمره واحد): سه گروه اثرات پایانی تجمیع و یک عدد بدون بعد ایجاد می‌شود.

که در این مطالعه، به علت آن که در پایان، معیارهای زیست‌محیطی همراه با سایر معیارهای محاسبه‌شده وزن‌دهی خواهند شد، شاخص‌های زیست‌محیطی همان اعداد ارائه شده سه دسته‌تأثیر اصلی (آسیب به سلامت انسان، آسیب به کیفیت اکوسیستم و آسیب به منابع) نرمال‌شده خواهند بود.

۲-۳-۴-تفسیر نتایج

گام پایانی در ارزیابی چرخه عمر، تفسیر نتایج حاصل شده‌است. شاخص‌های اثرات محیط زیستی در ادامه بررسی شده‌است.

۱-۴-۳-۲-زیردسته‌های تأثیرات محیط زیستی

گرمایش جهانی شاخص مربوط به تغییر اقلیم است که به اثرات محیط زیستی انتشار گازهای گلخانه‌ای مرتبط می‌باشد. در رابطه با تخریب لایه ازن، شاخص تخریب ازن استراتوسفر توسط انتشارات انسانی مواد تخریب کننده ازن (ODS) است. شاخص تشکیل ذرات معلق، ذره ورودی PM2.5 است. شاخص تشکیل ازن فتوشیمیایی، از تغییر در میزان دریافت ازن به دلیل تغییر در انتشار پیش‌سازها (NOx و NMVOC) تعیین می‌شود. شاخص اسیدی شدن زمین، پتانسیل اسیدی شدن (AP) است که با استفاده از ضریب نتیجه میانگین وزنی جهانی انتشار SO2 به دست می‌آید. شاخص اتروفیکاسیون آب شیرین، پایداری محیطی انتشار مواد مغذی حاوی فسفر را نشان می‌دهد. شاخص اوتروفیکاسیون دریایی، پایداری محیطی انتشار مواد مغذی حاوی N را نشان می‌دهد. شاخص سمیت انسانی، ماندگاری محیطی و تجمع در زنجیره غذایی انسان (قرار گرفتن در معرض) و سمیت (اثر) یک ماده شیمیایی است. شاخص کاربری زمین، مقدار زمین تغییریافته یا اشغال‌شده برای مدت معین است. شاخص مصرف آب، میزان مصرف آب شیرین می‌باشد. شاخص برای کمبود منابع معدنی پتانسیل سنگ معدن اضافه است. شاخص کمبود منابع فسیلی، پتانسیل سوخت فسیلی بر اساس ارزش حرارتی بالاتر است و که اثرات محیط‌زیستی مصرف انرژی را نمایان می‌کند. ثرات تابش یونی عمدتا به فرآیند مصرف انرژی مرتبط است.

۲-۴-۳-۲-دسته‌های اصلی اثرات محیط زیستی

در نهایت اثرات محیط زیستی از پارامترهای هم‌واحدشده حاصل از از تجزیه و تحلیل با نرم‌افزار SimaPro به دست می‌آید. برای هم واحدسازی، ابتدا نرمال‌سازی و سپس وزن‌دهی انجام می‌شود تا مقایسه آسان‌تر شود. واحدی که در نهایت از آن استفاده می‌شود Pt است که از کلمه Point گرفته شده؛ این واحد امکان مقایسه بین فرایندها و محصولات را فراهم می‌کند. یک Pt بیانگر یک هزارم بار محیط زیستی سالانه برای یک شهروندا‌ست. بر اساس دسته‌بندی که دستورالعمل نرم‌افزار برای زیردسته‌های اثرات روش ReCipe در نظر گرفته، اثرات نابودی لایه ازن، تابش یونی، تشکیل ذرات معلق، سمیت سرطانزا و غیرسرطانزا در انسان تشکیل دهنده دسته اصلی سلامت انسان هستند و تشکیل ازن، اسیدی شدن، مغذی شدن آب‌های سطحی، مغذی شدن آب‌های عمیق، سمیت اکوسیستمی زمینی، سمیت آب‌های سطحی، سمیت آب‌های عمیق و استفاده از زمین در دسته اکوسیستم قرار میگیرند. همچنین طبق این تقسیم‌بندی، گرمایش جهانی و مصرف آب در هر دو دسته اصلی نام برده شده موثرند و در نهایت کمبود منابع معدنی و کمبود منابع فسیلی در دسته منابع جای می‌گیرند (SimaPro، ۲۰۲۰).

۳-بحث و نتایج

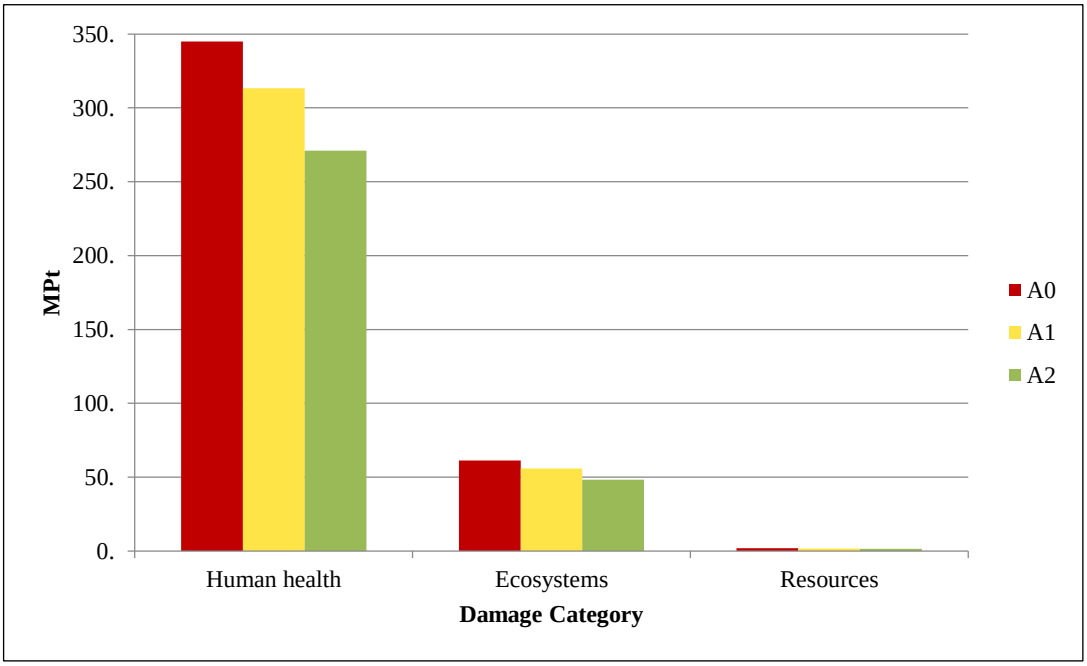
جدول ۴، اثرات محیط زیستی نرمال‌شده وزن‌دهی‌شده در زیردسته‌ها را نشان می‌دهد؛ برای سهولت در مقایسه سناریوها، اهمیت اثرات بر هر دسته، کمّی و هم‌واحد شده‌اند. براساس نتایج این جدول، در سناریوهای مورد بررسی در این مطالعه، بیشترین بارهای محیط زیستی به‌ترتیب مربوط به پتانسیل گرمایش جهانی، تشکیل ذرات معلق و سمیت انسان می‌باشد.

جدول۴ : اثرات محیط زیستی نرمال‌شده وزن‌دهی‌شده در زیردسته‌ها

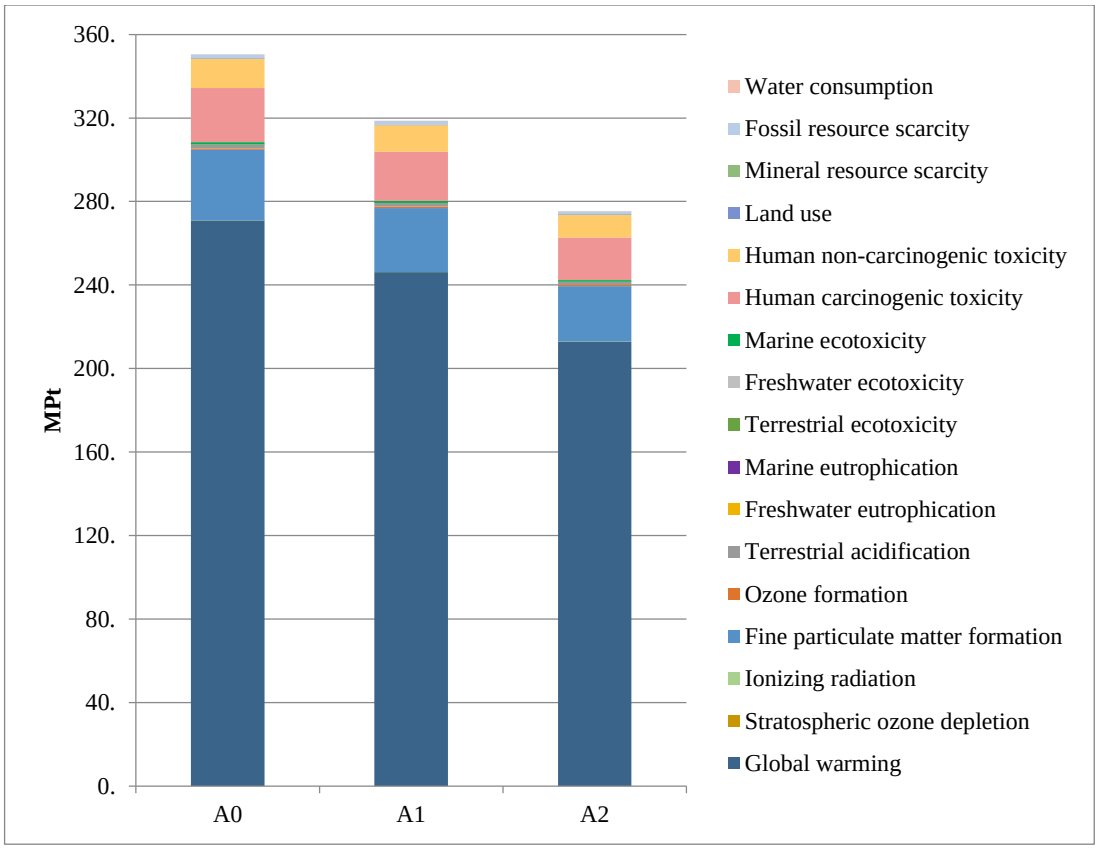
Impact category	Unit	A_0	A_1	A_2
Global warming	MPt	270.83602	246.13909	212.82171
Stratospheric ozone depletion	MPt	0.01954	0.01776	0.01536
Ionizing radiation	MPt	0.02570	0.02336	0.02020
Fine particulate matter formation	MPt	33.83736	30.75128	26.58975
Ozone formation	MPt	0.70394	0.63975	0.55315
Terrestrial acidification	MPt	1.83377	1.66654	1.44099
Freshwater eutrophication	MPt	0.10558	0.09596	0.08297
Marine eutrophication	MPt	0.000010	0.000009	0.000008
Terrestrial ecotoxicity	MPt	0.02223	0.02021	0.01747
Freshwater ecotoxicity	MPt	0.00059	0.00054	0.00047
Marine ecotoxicity	MPt	1.00840	0.91665	0.79224
Human carcinogenic toxicity	MPt	25.94557	23.58054	20.38739
Human non-carcinogenic toxicity	MPt	13.95637	12.68723	10.96414
Land use	MPt	0.27457	0.24954	0.21575
Mineral resource scarcity	MPt	0.00519	0.00472	0.00408
Fossil resource scarcity	MPt	1.87476	1.70389	1.47310
Water consumption	MPt	0.18080	0.16431	0.14207

شکل ۵، نمودار بار محیط‌زیستی حاصل از سناریوها در دسته‌های اصلی اثرات می‌باشد که از تجمیع تأثیرات محیط زیستی در زیردسته‌های ذکر شده(جدول) به‌دست آمده‌اند. همانطور که در نمودار قابل مشاهده است، بیشترین آسیب‌های محیط زیستی این پروژه متوجه دسته سلامت انسان خواهد بود و آسیب در دسته منابع ناچیز است. در این نمودار مشخصا می‌توان دریافت که اولویت سناریوهای مورد بررسی در این تحقیق، از لحاظ محیط زیستی به چه صورت خواهد بود. هر دو سناریو پیشنهادی نسبت به وضعیت فعلی بهره‌برداری، آسیب محیط زیستی کمتری در پی خواهند داشت. همچنین، سناریو غیرسازه‌ای(A_2)، بهترین سناریو مورد بررسی در این مطالعه، می‌باشد.

در شکل ۶، نمودار مقایسه بار محیط‌زیستی ۳۰ ساله سناریوها ارائه شده‌است. این نمودار نشان می‌دهد که هر یک از سناریوها در مجموع چند واحد آسیب محیط زیستی را در پی داشته و چه میزان از این اثرات متعلق به کدام زیردسته است. چنانچه در این نمودار مشخص است، پتانسیل گرمایش جهانی با اختلاف بیشترین سهم را خواهد داشت.



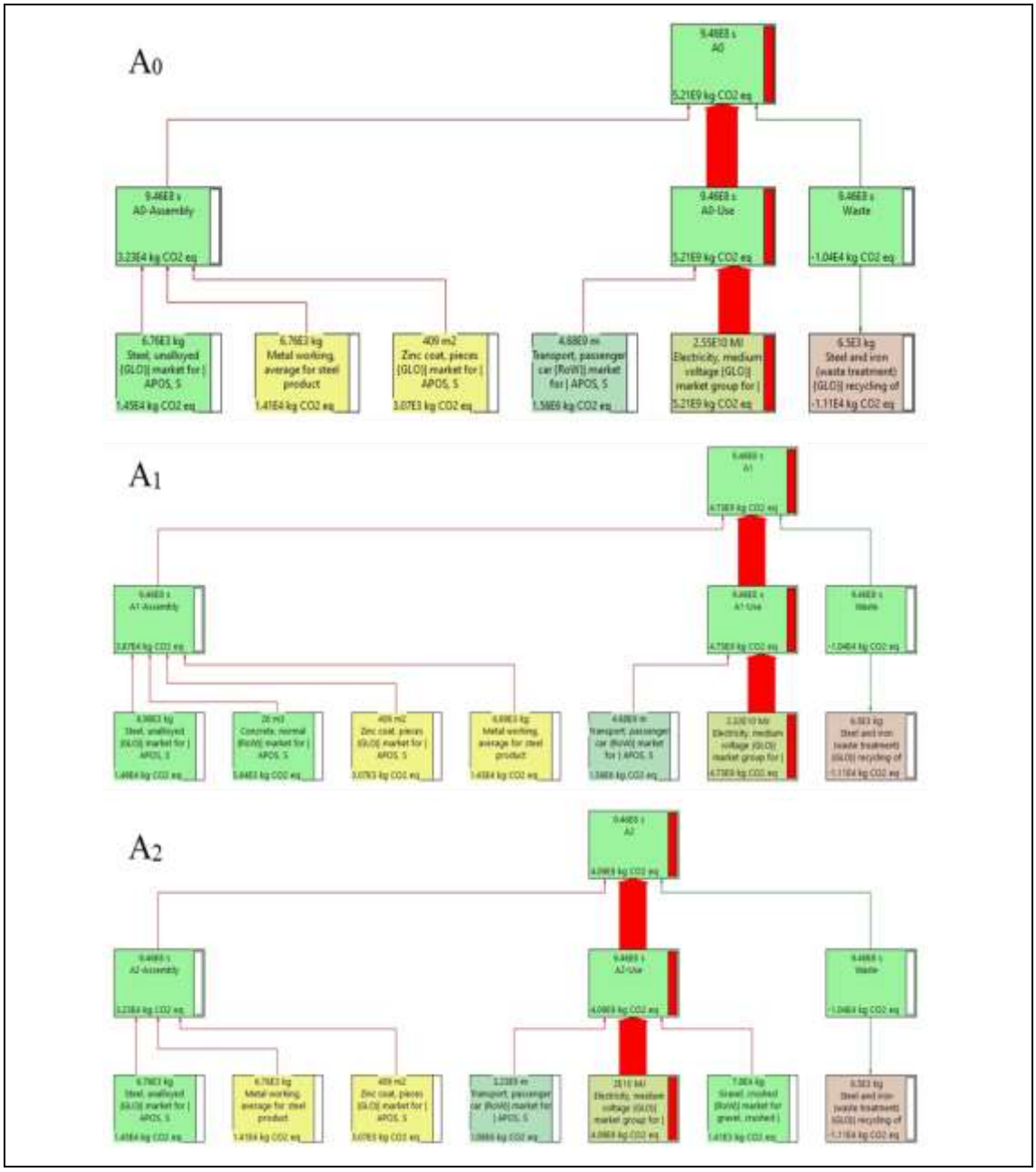
شکل ۵ : نمودار بار محیط‌زیستی حاصل از سناریوها در دسته‌های اصلی اثرات



شکل ۶ : نمودار مقایسه بار محیط‌زیستی ۳۰ ساله هر سناریو

شکل ۷، نمودار درختی هریک از سناریوها می‌باشد که مقدار کل دی‌اکسید کربن معادل انتشار یافته به محیط طی چرخه عمر را بیان می‌کند و به تفکیک فازها و سپس ورودی‌ها ارائه می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، در همه سناریوها، دو فاز ساخت و بهره‌برداری باعث انتشار آلاینده‌ها به محیط زیست می‌شوند؛ در حالی‌که فاز دفع از ورود مقداریئکربن دی-اکسید-هرچند کم- به محیط جلوگیری می‌نماید. در فاز دفع، دو فرایند حمل‌ونقل و بازیافت فولاد درنظر گرفته شده‌است. با اینکه حمل‌ونقل بار محیط زیستی دارد، اما به دلیل اینکه فولاد بازیافتی، عموما به عنوان آهن استفاده می‌شود، چنانچه پس از پایان عمر مفید شبکه، ادوات آن مورد بازیافت و استفاده مجدد قرار گیرند، از تولید حجم معادل آهن یا آلیاژ فولاد جلوگیری می‌شود و اینگونه این فرآیند، به محیط زیست کمک خواهد نمود؛ به همین علت جهت پیکان به سمت سلول بازیافت مخالف سایر سلول‌ها و رنگ آن سبز است و چون این تاثیر مثبت زیست‌محیطی، از بار حمل‌ونقلی که برای انتقال قطعات تا محلی برای بازیافت لحاظ شده بیشتر است، در مجموع فاز دفع، اثر مثبت دارد. ضخامت پیکان‌ها، بیانگر میزان تأثیرات است؛ بنابراین در هریک از سناریوها، مشخص شده است که فاز بهره‌برداری و ورودی برق مصرفی بیشترین تاثیرات را دارند. این تاثیر تا حدی است که بیش از ۹۹ درصد بار وارده به محیط زیست ناشی از آن است. با مقایسه نمودارهای درختی، می‌توان دریافت که انتشار کربن دی‌اکسید معادل، در نمودار درختی چرخه عمر A_1 نسبت به A_0، ۹ درصد نسبت به وضع موجود کاهش یافته‌است. بنابراین چنانچه از روش به‌سازی سازه‌ای طی عمر مفید بهره گرفته شود، علاوه بر بهبود در سایر جنبه‌های ارزیابی که در مطالعات انجام شده است، به سبب کاهش مصرف برق ناشی از پمپاژ چاه‌ها توسط کشاورزان، آلایندگی محیط زیستی نیز کاهش خواهد یافت. همچنین بهره‌گیری از روش غیرسازه‌ای A_2 (سناریو منتخب این مطالعه)،کاهش انتشار دی‌اکسید کربن تا ۲۲ درصد را در پی خواهد داشت.

چنانچه در شکل ۷ و نمودار درختی سناریوها مشهود است، تأثیرگذارترین عامل انتشارات محیط زیستی، مصرف برق می‌باشد.



شکل ۷ : نمودار درختی سناریوها براساس بار محیط‌زیستی گرمایش جهانی

۴-جمع‌بندی

چنانچه گفته شد، این پژوهش با هدف ارزیابی محیط زیستی گزینه‌های به‌سازی سامانه توزیع آب کشاورزی در شبکه آبیاری با رویکرد توسعه پایدار صورت گرفته است؛ به این منظور، از روش ارزیابی چرخه عمر (LCA)-به‌عنوان یک روش اصولی، شناخته‌شده و پرکاربرد در پروژه‌های ارزیابی عملکرد- برای بررسی و مقایسه اثرات زیست‌محیطی به‌کارگیری گزینه‌های منتخب به‌سازی یک شبکه آبیاری استفاده شد. برای دستیابی به هدف پژوهش، دو سناریو با عنوان راهکار سازه‌ای (A_1) و راهکار غیرسازه‌ای (A_2) در کنار حالت بهره‌برداری با وضع موجود (A_0) ارزیابی شدند. علت انتخاب سناریو سازه‌ای، امکان تنظیم دقیق‌تر دبی هر آبگیر و سناریو غیرسازه‌ای به‌کارگیری آسان وعدم وجود محدودیت برای دفتر بهره‌برداری شبکه در پیاده‌سازی آن در کانال مورد مطالعه می‌باشد. در ادامه، مدل محیط زیستی A_0، A_1 و A_2 در نرم‌افزار Simapro توسعه داده شد؛ برای این کار، داده‌های ورودی ساخت، بهره‌برداری ۳۰ ساله هر یک از سناریوها و بازیافت، جمع‌آوری و محاسبه و به نرم‌افزار داده شد. سپس بار زیست محیطی سناریوها کمّی، نرمال‌سازی و وزن‌دهی شد تا امکان مقایسه فراهم شود.

نتایج نشان داد در هر سه سناریو، بار اصلی محیط زیستی مربوط به برق مصرفی ناشی از برداشت آب از چاه است؛ به طوری که اثرات چرخه عمر غالبا ناشی از فاز بهره‌برداری است که رابطه مستقیمی با مصرف برق دارد؛ چنانکه عوامل مهم و موثر دیگری همچون حمل‌ونقل –که در بسیاری از ارزیابی چرخه‌های عمر در پژوهش‌های گوناگون بیشترین تاثیرات را داراست–، بسیار کم‌اثر به‌نظر می‌رسد. این امر مشخص می‌کند که وجود تعداد زیاد چاه‌ها در شبکه و بهره‌برداری از آن‌ها، نه تنها باعث کاهش تراز آب زیرزمینی می‌شود، بلکه بیشترین پتانسیل آسیب به محیط زیست را نیز در پی دارد.

همچنین نتایج نشان داد بیشترین بارهای محیط زیستی در هر سه سناریو، به‌ترتیب مربوط به زیردسته‌های پتانسیل گرمایش جهانی، تشکیل ذرات معلق و سمیت انسان می‌باشد. در دسته‌های اصلی اثرات نیز سلامت انسان، تأثیرات بسیار بیشتری نسبت به اکوسیستم و منابع، پذیرفته است. با این حال انتشارات محیط زیستی در سناریو سازه‌ای کمتر از وضع موجود خواهد بود و در سناریو غیرسازه‌ای کاهش بیشتری نیز خواهد داشت. همچنین با بررسی بیشتر شاخص پتانسیل گرمایش جهانی مشخص شد انتشار کربن دی‌اکسید معادل، بیش از ۹۹ درصد تحت تأثیر مصرف برق است. همچنین بهره‌گیری از سناریو سازه‌ای، انتشار دی‌اکسید کربن را نسبت به وضع موجود به میزان ۹ درصد کاهش می‌دهد. روش غیرسازه‌ای نیز، کاهش انتشار دی‌اکسید کربن تا ۲۲ درصد را در پی خواهد داشت. بنابراین از میان سناریوهای مورد بررسی در این مطالعه، سناریوی سامانه توزیع آب غیرسازه‌ای، سناریو منتخب در جهت کاهش انتشارات به محیط زیست خواهد بود.

منابع

Abbasi, M, Tabesh, M, Safarpour, H, & Shahangian, SA. (2022). Environmental Impacts Assessment of Water Demand Management Policies on Urban Water Systems Using Life Cycle Approach. Amirkabir Civil Engineering Journal, 54(10), 3903-3922. (In Persian)

Bayat, F., Ghodousi, H., & Shahverdi, K. (2022). Operation of irrigation canals using intelligent methods. Environmental Sciences, 20(1), 57-76. (In Persian)

Fard, A. A., Shahdany, S. M. H., & Javadi, S. (2021). Automatic surface water distribution systems: A reliable alternative for energy conservation in agricultural section. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 45, 101216.

Hajibabaei, M., Hesarkazzazi, S., Lima, M., Gschösser, F., & Sitzenfrei, R. (2020). Environmental assessment of construction and renovation of water distribution networks considering uncertainty analysis. Urban Water Journal, 17(8), 723-734.

Hajibabaei, M., Nazif, S., & Vahedizade, S. (2016). Comparing the environmental impacts caused by the construction and implementation of water distribution network pipes using the Life Cycle Assessment (LCA) method. Journal of Water and Wastewater Science and Engineering, 1(1), 37-48. doi: 10.22112/jwwse.2017.51057 (In Persian)

Hauschild, M. Z., Rosenbaum, R. K., & Olsen, S. I. (2018). Life cycle assessment. Springer International Publishing, Cham. https://doi. org/10.1007/978-3-319-56475-3 Book.

Hendrickson, T. P., & Horvath, A. (2014). A perspective on the cost-effectiveness of greenhouse gas reduction solutions in water distribution systems. Environmental Research Letters, 9(2), 024017.

Huijbregts, M. A., Steinmann, Z. J., Elshout, P. M., Stam, G., Verones, F., Vieira, M., ... & Van Zelm, R. (2017). ReCiPe2016: a harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. The International Journal of Life Cycle Assessment, 22, 138-147.

ISO 14044: Environmental management—life cycle assessment—requirements and guidelines (2008)

Karimi, P., Qureshi, A. S., Bahramloo, R., & Molden, D. (2012). Reducing carbon emissions through improved irrigation and groundwater management: A case study from Iran. Agricultural water management, 108, 52-60.

Khasreen, M. M., Banfill, P. F., & Menzies, G. F. (2009). Life-cycle assessment and the environmental impact of buildings: a review. Sustainability, 1(3), 674-701.

Kirk, B., Roseen, R., & Etnier, C. (2006). The big picture–evaluating stormwater BMPs through the life cycle lens. In Proceedings of the 5th Annual Storm Conference, Denver, CO.

Mdemu, M. V., Mziray, N., Bjornlund, H., & Kashaigili, J. J. (2017). Barriers to and opportunities for improving productivity and profitability of the Kiwere and Magozi irrigation schemes in Tanzania. International Journal of Water Resources Development, 33(5), 725-739.

Raghuvanshi, S., Bhakar, V., Sowmya, C., & Sangwan, K. S. (2017). Wastewater treatment plant life cycle assessment: treatment process to reuse of water. Procedia CIRP, 61, 761-766.

Rahmati, S., & Monem, M. J. (2014). Water, irrigation and productivity: introducing the MASSCOTE method in evaluating the performance of irrigation and drainage systems. National Congress of Irrigation and Drainage of Iran. SID. https://sid.ir/paper/870300/fa (In Persian)

Serra, P., Salvati, L., Queralt, E., Pin, C., Gonzalez, O., & Pons, X. (2016). Estimating water consumption and irrigation requirements in a long-established Mediterranean rural community by remote sensing and field data. Irrigation and Drainage, 65(5), 578-588.

Shahdany, S. M. H., Firoozfar, A., Maestre, J. M., Mallakpour, I., Taghvaeian, S., & Karimi, P. (2018). Operational performance improvements in irrigation canals to overcome groundwater overexploitation. Agricultural Water Management, 204, 234-246.