Amirkabir Journal of Civil Engineering

Amirkabir J. Civil Eng., 53(12) (2022) 1127-1130
DOI: 10.22060/ceej.2020.18756.6952

Social Impacts Assessment of Water Demand Management Policies on Wastewater System by Using SLCA Method

H. Safarpour, M. Tabesh , S. A. Shahangian

School of Civil Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

ABSTRACT: Urban water demand management policies (UWDMPs) are being proposed as a solution to deal with water scarcity. Applying any UWDMPs can lead to positive/ negative impacts on several aspects, including the urban infrastructure (e.g., water distribution networks or wastewater systems). Besides, studies on the effects of these policies on urban infrastructures have often focused on the water sector, and there is scant evidence in the wastewater section. Hence, in the current study, the impacts of the implementation of UWDMPs on sewage systems (consisting of the wastewater collection system and the wastewater treatment plant) from a social viewpoint have been evaluated during different scenarios of demand reduction. For this purpose, the Social Life Cycle Assessment (SLCA) method, as a subset of life cycle thinking, has been applied. In this regard, Baharestan city (located in Isfahan province) is selected. The groups (stakeholders) related to wastewater systems that are affected by the social impacts of UWDMPs have been identified and their characteristics have been determined. Stakeholders contain the social and local community, workers, and consumers (stakeholders that use wastewater or its other products for a specific activity). Then, by compiling a questionnaire and using the experts' opinions, the Analytic Hierarchy Process (AHP) method has been used in order to evaluate scenarios. In this procedure, (1) indicators are scored by the survey from experts, (2) the intensity of the effects of indicators in each scenario is specified, and (3) the social score of all scenarios is obtained. The results showed that social and local community had the biggest weight among stakeholders (weight of 0.45), and safe and healthy living condition was the most important indicator for this stakeholder. Moreover, the scenario that had the least decline in water consumption and sewage production was socially better than the others.

Review History:

Received: Jul. 21, 2020
Revised: Sep. 01, 2020
Accepted: Dec. 09, 2020
Available Online: Dec. 26, 2020

Keywords:

Water Demand Management
Life Cycle Thinking
Social Life Cycle Assessment
Analytic Hierarchy Process
Wastewater System

1- Introduction

Urban water Demand Management Policies (UWDMPs) are considered as a solution to deal with water scarcity and sustainability of the environment [1]. These policies containing water tariffs and water-efficient appliances lead to a decrease in water end-uses [2]. UWDMPs not only decrease water consumption but also affect the wastewater system (WWS), both wastewater treatment plants and wastewater collection networks [3]. There is a wide gap in terms of considering the social impacts of UWDMPs on WWSs which affect different stakeholders. There is some research that assesses the social impacts of WWSs with different viewpoints [4-7]. As an example, Opher et al. considered the social aspects of four scenarios related to greywater reuse in a city by the application of life cycle thinking methods [6].

2- Methodology

Social Life Cycle Assessment (SLCA) is one of the up-to-date methods. This method considers both positive (e.g., welfare) and negative (e.g., harmful to health) effects of any product or service in its life cycle (cradle to grave) [8]. The steps in using the SLCA method are as follows: 1) Defining goal and scope, 2) Specifying the boundary of the system and the stakeholders, 3) Determining of indicators, 4) Completing questionnaire, 5) Interpretation of results, and 6) Comparing different scenarios. For step 5, the Analytical Hierarchy Process (AHP) method is used [8, 9].

AHP is a technical method to categorize and analyze complicated decisions. This method helps the decision-makers to choose the base scenario according to their main goal [10]. To compare different indicators, Saaty's pairwise comparison matrix is used [11]. The aim of this paper is to compare the social impacts of different scenarios of applying UWDMPs on WWS. The WWS of Baharestan city, Isfahan province, Iran is considered as a real case study and the boundary of the research.

3- Alternative scenarios

1.The base scenario (0): This scenario considers the city without any usage of UWDMPs.

*Corresponding author's email: mtabesh@ut.ac.ir

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to Amirkabir University Press. The content of this article is subject to the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY-NC 4.0) License. For more information, please visit https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.

2.Scenario 1: The real situation of the city by applying water pressure management is considered. This scenario, as stated by Baharestan Water and Wastewater Company, reduces 20% of wastewater productions in 10 years.

3.Scenario 2: This scenario is adopted from the review of the previous literature and uses water-efficient appliances in the city. It decreases 30% of wastewater production in a long time.

4.Scenario 3: This scenario is applied to the water tariff that reduces 18% of wastewater productions based on the literature review.

5.Scenario 4: This is a hypothetical combination of the above scenarios.

4- Results and Discussion

The main stakeholders in the considered boundary are 1) Workers and employees: People who work in WWS' operation and maintenance phase. The indicators of this stakeholder encompass working hours, health and safety, and performance monitoring programs, 2) Society and local community: Residents of the city who are concerning with problems of sewer networks such as blockages and bad smells of them. Indicators are community engagement, health and safety living conditions, and satisfaction of the performance with the wastewater network, and 3) Consumers: People and companies who use sludge and treated wastewater. The indicators of this stakeholder contain effluent quality, expenses, demand satisfaction, feedback mechanism, and consumers' satisfaction.

Every stakeholder has some relevant indicators such as health and safety for workers. These indicators and their weights which are extracted from experts' face-to-face interviews through a questionnaire survey by use of the AHP method, are shown in Figure 1.

To evaluate the impact intensities of every indicator in different alternative scenarios, the AHP method is used for qualitative indicators based on the data and information of the case study. On the contrary, the qualitative indicators were computed directly.

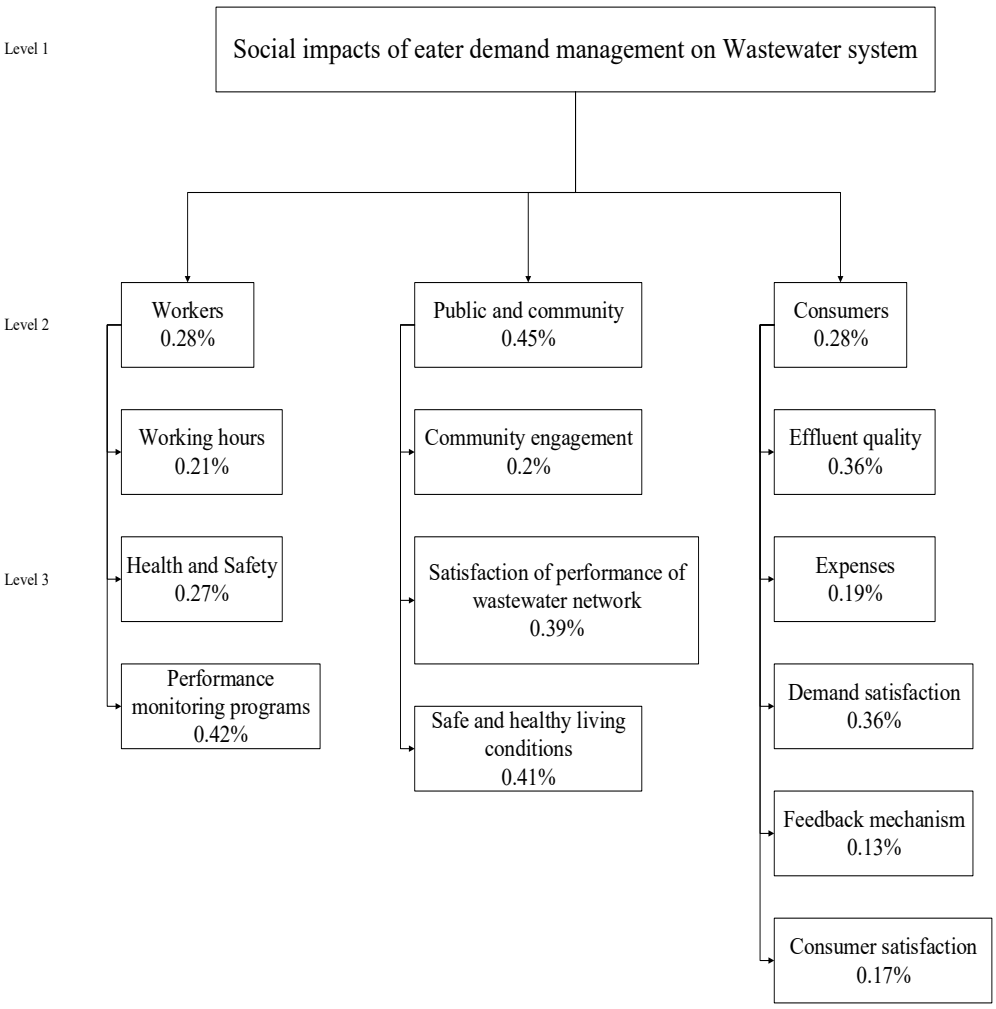


Fig. 1. AHP for social impacts of UWDMPs on WWS and weights of indicators.

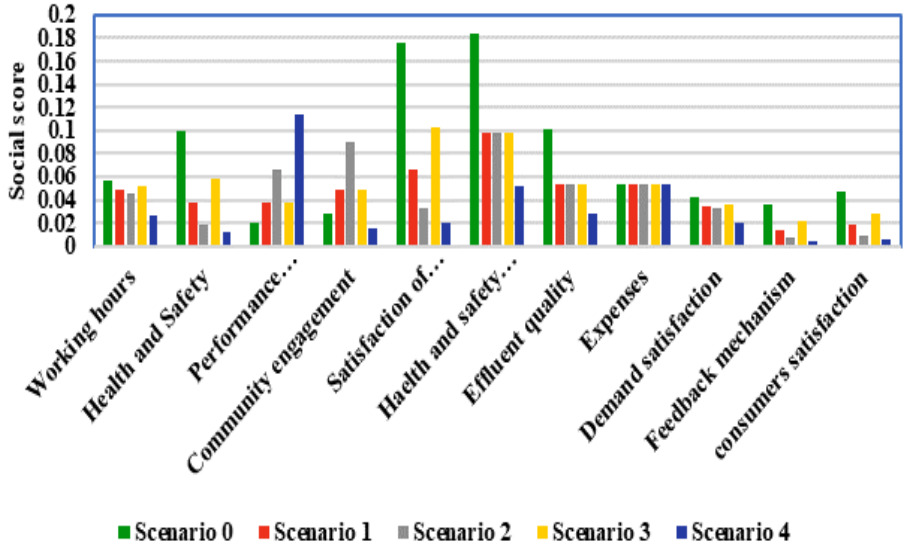


Fig. 2. Social scores of different scenarios

Table 1. The aggregated score of social impacts of different scenarios

	Scenario 0	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
Aggregated social score	0.845	0.510	0.506	0.589	0.352
Normalized social score	1.000	0.603	0.598	0.698	0.417

5- Interpretation of results

The social benefits of every scenario, computed by multiplying the weight of every indicator by its impact intensity, are depicted in Figure 2. As it is illustrated in this Figure, the base scenario is the ideal scenario in most of the social indicators. The main reason for this result is that the base scenario is not changed at all and it is completely in line with the designing assumptions of the WWS. At last, the aggregated score of social impacts of different scenarios is shown in Table 1. This table shows that by changing a large percentage of the wastewater production volume from its normal and designed amount, the social stakeholders are affected adversely.

6- Conclusions

UWDMPs, as a simple solution for water shortage, can affect different aspects of WWSs, such as the social aspect which is ignored in previous studies. This paper shows the negative effects of decreasing wastewater production flow in the operation and maintenance phase of the WWS of Baharestan city, a real case study.

To reach these results, 22 experts were interviewed. In addition, results show the importance of considering the situation of every site before applying UWDMPs. Also, these results challenge the positive viewpoints about UWDMPs and will help decision-makers to have a comprehensive perspective in applying various scenarios of UWDMPs.

References

[1] Stavenhagen, M., Buurman, J. & Tortajada, C., 2018. Saving water in cities: Assessing policies for residential water demand management in four cities in Europe. Cities, 79, pp. 187-195.

[2] Ramsey, E., Berglund, E. & Goyal, R., 2017. The impact of demographic factors, beliefs, and social influences on residential water consumption and implications for non-price policies in Urban India. Water, 9(11), p. 844.

[3] Shahangian, S.A., Tabesh, M., Safarpour, H. 2020. A review of the conceptual framework of the interactive cycle and modeling process used in urban water management, Journal of Iran-Water Resources Research, In press (In Persian).

[4] Lehmann, A., Zschieschang, E., Traverso, M., Finkbeiner, M. & Schebek, L., 2013. Social aspects for sustainability assessment of technologies—challenges for social life cycle assessment (SLCA). The International Journal of Life Cycle Assessment, 18(8), pp. 1581-1592.

[5] Padilla-Rivera, A., Morgan-Sagastume, J.M., Noyola, A. & Güereca, L.P., 2016. Addressing social aspects associated with wastewater treatment facilities. Environmental Impact Assessment Review, 57, pp. 101-113.

[6] Opher, T., Shapira, A. & Friedler, E., 2018a. A comparative social life cycle assessment of urban domestic water reuse alternatives. The International Journal of Life Cycle Assessment, 23(6), pp. 1315-1330.

[7] Zhou, Z., Chi, Y., Dong, J., Tang, Y. & Ni, M., 2019. Model development of sustainability assessment from a life cycle perspective: A case study on waste management systems in China. Journal of Cleaner Production, 210, pp. 1005-1014.

[8] UNEP\SETAC, 2009, 2011. Guidelines for social life cycle assessment of products. UNEP/Earthprint.

[9] Opher, T., Friedler, E. & Shapira, A., 2018b. Comparative life cycle sustainability assessment of urban water reuse at various centralization scales. The International Journal of Life Cycle Assessment, pp. 1-14.

[10] Chen, C.W., Wang, J.H., Wang, J.C. & Shen, Z.H., 2018. Developing indicators for sustainable campuses in Taiwan using fuzzy Delphi method and analytic hierarchy process. Journal of Cleaner Production, 193, pp. 661-671.

[11] Bottero, M., Comino, E. & Riggio, V., 2011. Application of the analytic hierarchy process and the analytic network process for the assessment of different wastewater treatment systems. Environmental Modelling & Software, 26(10), pp. 1211-1224.

HOW TO CITE THIS ARTICLE

H. Safarpour, M. Tabesh , S. A. Shahangian, Social Impacts Assessment of Water Demand Management Policies on Wastewater System by Using SLCA Method, Amirkabir J. Civil Eng., 53(12) (2022) 1127-1130.

DOI: 10.22060/ceej.2020.18756.6952

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۵۳، شماره ۱۲، سال ۱۴۰۰، صفحات ۵۲۳۹ تا ۵۲۵۸
DOI: 10.22060/ceej.2020.18756.6952

ارزیابی اثرات اجتماعی اعمال سیاست‌های مدیریت تقاضا بر سامانه‌های فاضلاب به روش ارزیابی اجتماعی چرخه حیات

هانیه صفرپور، مسعود تابش*، سید احمدرضا شاهنگیان

دانشکده مهندسی عمران، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

خلاصه: سیاست‌های مدیریت تقاضا به عنوان راهکاری برای جبران مشکل کم آبی مطرح هستند. این سیاست‌ها علاوه بر تأثیرگذاری بر کاهش مصرف آب، می‌توانند تبعات گسترده‌ای در زیرساخت‌های شهری، از جمله شبکه جمع‌آوری و تصفیه خانه فاضلاب در بر داشته باشند. این در حالی است که تحقیقات عمدتاً به ارزیابی اثرات سیاست‌های مدیریت تقاضا بر سامانه‌های آبی متمرکز شده‌اند و لذا در بخش فاضلاب خلاء تحقیقاتی احساس می‌شود. با توجه به اهمیت موضوع، این تحقیق بر روی ارزیابی اثرات ناشی از سناریوهای متعدد سیاست‌های مدیریت تقاضا بر روی سامانه‌های فاضلاب، متمرکز شده است. این ارزیابی از دیدگاه اجتماعی به عنوان یکی از مهم‌ترین جنبه‌های مدیریت آب شهری به کمک روش ارزیابی اجتماعی چرخه حیات (SLCA) در شهر بهارستان (استان اصفهان)، انجام شده است. در این راستا گروه‌های تأثیرپذیر از اثرات اجتماعی سیاست‌های مدیریت تقاضا بر سامانه‌های فاضلاب (گرودران)، شامل مصرف کنندگان پساب و لجن، جامعه و جوامع محلی و نیروی انسانی شناسایی و شاخص‌هایی برای آن‌ها تعریف شد. سپس به کمک پرسش‌نامه، نظرات متخصصین و کارشناسان این حوزه جمع‌آوری شد و شاخص‌های تعریف شده با روش تحلیل سلسله مراتبی نمره‌دهی شد. سپس با در نظر گرفتن شدت اثر هر شاخص در هر سناریو، امتیاز اجتماعی تمامی سناریوها به دست آمد. نتایج نشان می‌دهد که جوامع محلی از بین سایر گروداران از نظر متخصصان وزن بیشتری دارد (۰/۴۵) و بین زیرگروه‌های آن نیز شرایط زندگی سالم و ایمن مهم‌تر از سایرین بوده است. هم‌چنین سناریویی که بیش‌ترین میزان مصرف آب و تولید فاضلاب را داشته، از لحاظ اجتماعی برتر از سایرین است (امتیاز ۰/۸۴۵ از ۱).

تاریخچه داوری:
دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۳۱
بازنگری: ۱۳۹۹/۰۶/۱۱
پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۱۹
ارائه آنلاین: ۱۳۹۹/۱۰/۰۶

کلمات کلیدی:
مدیریت تقاضا
تفکر چرخه حیات
ارزیابی اجتماعی چرخه حیات
تحلیل سلسله مراتبی
سامانه‌ی فاضلاب

۱- مقدمه

سیاست‌های مدیریت تقاضای آب که به عنوان پاسخی برای کمبود آب و پایداری محیط زیست مطرح می‌شوند [۱]، به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند: سیاست‌های وابسته به قیمت (PPs)[1] و سیاست‌های مستقل از قیمت (NPPS)[2] [۲]. یکی از راهکارهای کاهش مصرف که به عنوان ساده‌ترین آن‌ها شناخته می‌شود، تعرفه‌گذاری است. این سیاست، موافقین و مخالفین زیادی دارد و با روش‌های مختلفی متناسب با شرایط منطقه مورد نظر و خصوصیات اجتماعی آن اعمال می‌شود. سابقه استفاده از این سیاست بسیار طولانی است و همواره مورد استقبال مسئولین و مدیران آبی بوده و تحقیقات زیادی نیز از سال‌های گذشته بر روی این راهکار انجام شده است [۴ و ۳].

در تحقیقی که در سال ۲۰۱۷ انجام شده، از دو روش قیمت‌گذاری یکنواخت و رویکرد افزایش پله‌ای قیمت (IBT)[3] استفاده شده است. در این تحقیق با رویکرد پله‌ای، در نهایت کاهش تقریبا ۳۶/۵٪ مصرف آب گزارش شده است [۵]. استاونهگن و همکاران [۱] بیان می‌کنند که سیاست تعرفه‌گذاری برای آب در آمریکا، به ازای ۱۰٪ افزایش قیمت، مصرف آب را به طور متوسط ۴-۳٪ کاهش می‌دهد. از جمله اقدامات معمول و مؤثر در کاهش مصرف آب خانگی، استفاده از شیرآلات و تجهیزات کاهنده مصرف است که بدین منظور طراحی شده‌اند [۶]. تحقیقاتی نیز در زمینه تأثیر این تجهیزات بر کاهش مصرف آب انجام شده است که از این بین، می‌توان به ملکی‌نسب و همکاران [۷] اشاره کرد. بررسی و ارزیابی آن‌ها به واسطه استفاده از قطعات کاهنده

1 Price Policies
2 Non-Price Policies
3 Increasing Block Tariff scheme

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: mtabesh@ut.ac.ir

حقوق مؤلفین به نویسندگان و حقوق ناشر به انتشارات دانشگاه امیرکبیر داده شده است. این مقاله تحت لیسانس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License) در دسترس شما قرار گرفته است. برای جزئیات این لیسانس، از آدرس https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode دیدن فرمائید.

مصرف در شهر کاشان، نشان داد که نصب این قطعات، شامل سردوشی حمام، سرشیر آشپزخانه و سرشیر دستشویی، مصرف آب خانگی را ۲۲ درصد کاهش می‌دهد. در مطالعه دیگری، ترکیب‌های مختلفی از سناریوهای بازچرخانی آب خاکستری، جمع‌آوری آب باران و ابزار کاهنده مصرف اعمال و میزان تاثیر هر کدام بر مصرف آب و تولید فاضلاب بررسی شد. طبق نتایج این تحقیق، تنها در صورت اعمال ابزار کاهنده مصرف، مصرف آب و تولید فاضلاب ۲۸/۹ ٪ کم می‌شود [۸].

سیاست‌ها و اقدامات مدیریت تقاضای آب شهری علاوه بر تأثیرگذاری بر کاهش مصرف آب، می‌توانند تبعات مثبت و منفی گسترده‌ای را بر جنبه‌های مختلف محیط زیستی، فنی و غیره در بر داشته باشند؛ به طوری که دامنه این تبعات می‌تواند حتی زیرساخت‌های شهری (از جمله شبکه‌های توزیع آب و جمع‌آوری فاضلاب) را تحت تأثیر قرار دهد [۹]. علی‌رغم وجود تبعات گسترده مدیریت تقاضا بر روی زیرساخت‌های آب و فاضلاب شهری، غالباً تمرکز تحقیقات بر روی ارزیابی اثرات این سیاست‌ها بر سامانه‌های آب بوده و بخش فاضلاب تا حدود زیادی نادیده گرفته شده است. از طرفی ارزیابی اجتماعی به دلیل ارتباط مستقیم با مردم در بررسی همه جانبه تصمیمات مختلفی که توسط سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران گرفته می‌شود، از ضروریات است؛ زیرا با تغییر کمی و کیفی فاضلاب (کاهش میزان فاضلاب تولیدی و نزول کیفیت آن) گروداراني[1] که با این مسئله ارتباط دارند از جمله کارگران و کارمندان شبکه و تصفیه خانه از لحاظ سلامتی و میزان کاری که در طول یک روز انجام می‌دهند، تحت تاثیر خواهند بود.

بنابراین در این تحقیق تلاش شده است که خلاء تحقیقاتی موجود در ارزیابی اثرات مدیریت تقاضا بر سامانه‌های فاضلاب از بعد اجتماعی مورد بررسی قرار گیرد. یکی از ابزارهای قابل استفاده در این زمینه که از زیرمجموعه‌های تفکر چرخه حیات است، ارزیابی اجتماعی چرخه حیات (SLCA)[2] نام دارد. رویکرد SLCA، به عنوان بخشی از ارزیابی پایداری چرخه حیات (LCSA)[3]، تنها روش ارزیابی اجتماعی است که جنبه‌های اجتماعی را از دیدگاه چرخه حیات در نظر می‌گیرد و توان انتقال اثرات بین مراحل مختلف چرخه حیات را دارد. این روش دارای ۴ فاز اصلی است و با ارزیابی اجتماعی در طول چرخه عمر محصول، اطلاعاتی پیرامون جنبه‌های اجتماعی برای تصمیم گیرندگان فراهم می‌کند [۱۰].

لهمن و همکاران [۱۰]، به ارزیابی پایداری چرخه حیات (LCSA) که ترکیبی از روش‌های ارزیابی محیط زیستی چرخه حیات (LCA) [4]، هزینه چرخه عمر (LCC)[5] و ارزیابی اجتماعی چرخه حیات (SLCA) است، پرداختند. آن‌ها در این تحقیق با استفاده از روش SLCA، به بررسی مشکلات و شاخص‌های مرتبط با ارزیابی اجتماعی دو مطالعه موردی مختلف از تولید آب پرداختند و در نهایت ثابت کردند که این روش، بهترین رویکرد ممکن در ارزیابی اجتماعی است. پادیلا ریورا و همکاران [۱۱] از روش SLCA، به عنوان چارچوب اندازه‌گیری عملکرد اجتماعی در راستای رسیدن به پایداری در تصفیه خانه فاضلاب (WWTF)[6] استفاده کردند.

اوفر و همکاران [۱۲] از روش SLCA برای ارزیابی اثرات اجتماعی در مدیریت آب استفاده کردند. سپس از تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[7] که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)[8] است، برای وزن‌دهی و رسیدن به یک امتیاز اجتماعی استفاده کردند. ژو و همکاران [۱۳] با در نظر گرفتن افزایش شهرنشینی و مشکلات دفع پسماند، راهکاری مناسب در راستای توسعه پایدار بر اساس جنبه‌های مصرف انرژی، اثرات محیط زیستی، اقتصادی و اجتماعی در نظر گرفتند. تصمیم‌گیری نهایی از بین روش‌های دفع پسماند بر اساس روش تحلیل سلسله مراتبی انجام شده است. آن‌ها در بخش اجتماعی از رویکرد SLCA استفاده کردند.

تحقیقات اندکی اثرات مدیریت تقاضا را بر روی سامانه فاضلاب در نظر گرفته‌اند و بین آن‌ها نیز تحقیقی مشخصا وارد مبحث مهم اجتماعی و اثرگذاری تصمیمات بر روی افراد و سازمان‌ها نشده است. این تحقیق سعی دارد که اهمیت در نظر گرفتن ابعاد دیگری از تصمیمات (من جمله اجتماعی) را نشان دهد. بدین منظور از روش ارزیابی اجتماعی چرخه حیات که یکی از جدیدترین و به روزترین روش‌ها است استفاده شده است. لذا با توجه به اهمیت و به روز بودن موضوع، این تحقیق تعریف و انجام شده است. هدف اصلی از این مطالعه، انجام ارزیابی اجتماعی سناریوهای مختلف مدیریت تقاضا بر

1 Stakeholders
2 Social Life Cucle Assessment (SLCA)
3 Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA)

4 Life Cycle Assessment (LCA)
5 Life Cycle Cost (LCC)
6 WasteWater Treatment Facilities (WWTF)
7 Analytic Heirarchy Process (AHP)
8 Multi Criteria Decision Making (MCDM)

سامانه فاضلاب، در شهر بهارستان واقع در استان اصفهان است که در این راستا از روش ارزیابی اجتماعی چرخه حیات (SLCA) استفاده شده است.

۲- مواد و روش‌ها

در گذشته مصرف کنندگان با مقایسه هزینه و کیفیت دو کالای مشابه، کالای متناسب با نیاز خود را به راحتی انتخاب می‌کردند. اما امروزه انتخاب‌ها متنوع و سخت شده‌اند و خریدارها باید از اثرات انتخاب‌شان بر محیط زیست و اقتصاد محلی آگاه باشند. بررسی این اثرات، موضوع اصلی ارزیابی اجتماعی چرخه حیات هستند. ارزیابی اجتماعی چرخه حیات، ابزاری برای در نظر گرفتن اثرات مثبت (مثل افزایش رفاه) و منفی (مثل به خطر انداختن سلامت) اجتماعی یک محصول یا روند در طول عمر آن از مواد خام، ساخت، توزیع، استفاده، استفاده مجدد[1]، نگهداری، بازچرخانی[2] و دفع نهایی است. این ابزار می‌تواند به تنهایی یا به همراه ارزیابی محیط زیستی مورد استفاده قرار گیرد [۱۴].

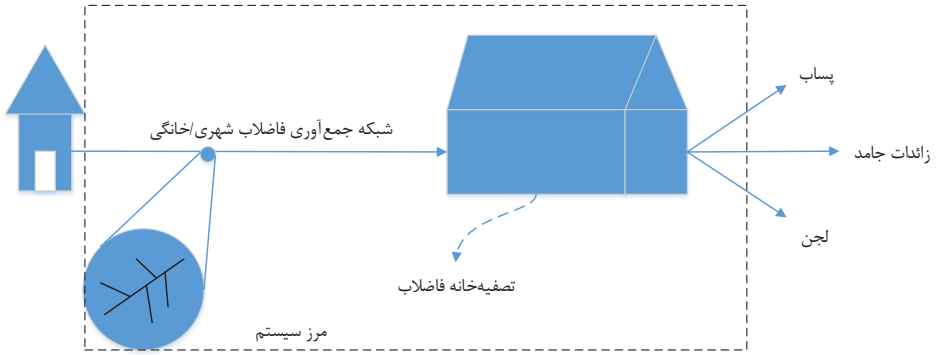
به طور کلی تفکر چرخه حیات دارای چهار فاز اصلی است که عبارتند از: ۱) هدف و محدوده: هدف اصلی از انجام تحقیق چیست؟ مرزهای تحقیق کدام است و واحد عملیاتی مورد استفاده چیست، ۲) فهرست‌نویسی: اطلاعات مورد نیاز برای انجام تحقیق چه مواردی هستند، ۳) ارزیابی اثرات: فرایند انجام ارزیابی اثرات چگونه است و ۴) تفسیر نتایج: تفسیر و بررسی نتایج به چه صورت است [۱۵]. ارزیابی اجتماعی نیز که از زیرمجموعه‌های تفکر چرخه حیات است، فازهای مطرح شده را به شکلی متناسب با هدف تحقیق مورد ارزیابی قرار می‌دهد. برای اینکه در هر موضوعی امکان تعریف ارزیابی اجتماعی چرخه حیات وجود داشته باشد، نیاز به لحاظ سه بعد اصلی این روش وجود دارد. رفتارها[3] یا به عبارت دیگر تصمیماتی که گرفته می‌شود، روندهای اجتماعی-اقتصادی[4] به این معنی که شاخص انتخاب شده در چه سطحی است و منتخب‌های[5] تاثیرپذیر، شامل انسان، اجتماع و فرهنگ که بیان کننده ارتباط فعالیت با یک فرد، گروه یا جامعه مرتبط است. این سه بعد مجزا نیستند و با یکدیگر ارتباط دارند [۱۴].

در ارزیابی اجتماعی با لحاظ تفکر چرخه حیات، بایستی مراحل زیر را انجام داد: ۱) تعریف هدف و محدوده که در فاز اول تفکر چرخه حیات قرار دارند، ۲) تعریف واحد عملیاتی، مرزها و گرودارن، ۳) تعریف شاخص‌ها و زیرشاخص‌هایی برای هر گرودار، ۴) تدوین پرسش‌نامه و نظرخواهی از متخصصین و کارشناسان مربوطه، ۵) تحلیل و بررسی نتایج پرسش‌نامه برای پی بردن به اهمیت و ارزش هر یک از شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها به کمک یکی از روش‌های رایج در تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) مثل تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و ۶) در نهایت مقایسه سناریوهای مختلف با یکدیگر. از نتایج این روش می‌توان در تصمیم‌گیری پیرامون مسائل اجتماعی استفاده کرد و در ترکیب با ارزیابی محیط زیستی و اقتصادی، به ارزیابی پایداری چرخه حیات پرداخت [۱۶ و ۱۴].

به طور کلی، اثرات اجتماعی در پنج دسته اصلی گروداران قرار می‌گیرند: کارگرها/کارمندان (نیروی انسانی)، جوامع محلی، جامعه (ملی و جهانی)، مصرف کنندگان و زنجیره تامین[6] [۱۷]. گروداران متناسب با هدف و محدوده تحقیق مشخص و سپس شاخص‌هایی برای هر یک از آن‌ها در نظر گرفته می‌شود. با توجه به توضیحات ارائه شده، سه بعد اصلی در روش ارزیابی اجتماعی چرخه حیات در این تحقیق، عبارتند از: ۱) مشکل کمبود آب به عنوان پروسه اجتماعی-اقتصادی، ۲) اعمال سیاست‌های مدیریت تقاضا به عنوان رفتار و ۳) گروه‌های اثر مختلف به عنوان منتخب اثرپذیر، معرفی شده است که بر اساس دستورالعمل ارزیابی اجتماعی چرخه حیات (SLCA) انتخاب می‌شوند. انتخاب هر یک از گروه‌های اثر بستگی به هدف، محدوده، مرزهای سیستم و توجه به اینکه کدام بخش از چرخه در حال مطالعه است، دارد.

هدف از انجام این تحقیق، مقایسه اثرات سناریوهای مختلف سیاست‌های مدیریت تقاضای آب خانگی (مثل قطعات کاهنده مصرف آب و مدیریت فشار) بر سامانه فاضلاب (شبکه جمع‌آوری و تصفیه خانه فاضلاب) از دیدگاه اجتماعی است. واحد عملیاتی یک متر مکعب فاضلاب ورودی به شبکه فاضلاب و تصفیه خانه است که در نهایت به شکل پساب و لجن از آن خارج می‌شود. بر اساس هدف و محدوده مرزهای سیستم تعیین می‌شوند که در این تحقیق سامانه فاضلاب شهر بهارستان را شامل می‌شود. در شکل ۱، مرزهای سیستم ارائه

1 Reuse
2 Recycle
3 Behavior
4 Socio-Economic process
5 Capitals
6 Value Chain Actors



شکل ۱. مرزهای سیستم در ارزیابی اثرات اجتماعی سیاست‌های مدیریت تقاضا بر سامانه فاضلاب

Fig. 1. System boundries in assessment of social impacts of water demand management in wastewater system

شده است.

۲- ۱- مطالعه موردی

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، شهر جدید بهارستان یکی از شهرهای برنامه‌ریزی‌شده اقماری است که در ۱۵ کیلومتری جنوب شرقی شهر اصفهان، در مسیر جاده اصفهان-شیراز قرار دارد [۱۸]. جمعیت این شهر طبق سرشماری‌های نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ به ترتیب ۶۱۶۷۴ و ۷۹۰۲۳ نفر و بر اساس اطلاعات دریافتی از شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان، در سال ۱۳۹۷ برابر ۸۶۰۱۱ نفر بوده است. شبکه‌ی فاضلاب این شهر با قطر فاضلاب‌رو حداقل ۲۰۰ میلی‌متر و با جنس پلی‌اتیلن برای انتقال فاضلاب تولیدی جمعیتی معادل ۱۵۰ هزار نفر ساخته شده است. تصفیه خانه فاضلاب این شهر نیز برای افق طرح سال ۱۴۱۵ طراحی شده و با روش تصفیه فاضلاب لجن فعال با فرایند پایه (MLE)[1] کار می‌کند. در این شهر به دلیل کمبود آب در سال‌های اخیر متناسب با سیاست‌های اتخاذی شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان، سیاست مدیریت تقاضای آب در شرایط کم آبی با استفاده از مدیریت فشار و فرهنگ‌سازی (شامل آموزش و آگاهی رسانی از طریق بروشورهای تبلیغاتی، برنامه‌های تلویزیونی و غیره) اعمال شده است. در شرایط معمول پیش از اعمال مدیریت تقاضا در شهر بهارستان متوسط سرانه مصرف آب هر نفر در روز ۲۰۶/۸ لیتر است.

۲- ۲- سناریوهای مدیریت تقاضا

پنج سناریو مختلف برای تحلیل و بررسی این تحقیق در نظر گرفته شده است:

۱) سناریوی پایه (صفر): در این سناریو شرایط طراحی انتهای دوره طرح (بدون لحاظ هرگونه مدیریت تقاضا) با جمعیت سال ۱۴۱۵ و متوسط سرانه تولید فاضلاب ۱۶۵/۴ لیتر به ازای هر نفر در روز است (ضریب تبدیل آب به فاضلاب معادل ۰/۸ در نظر گرفته شده است) که بر اساس متوسط سرانه تولید فاضلاب سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۶ شهر بهارستان است.

۲) سناریوی ۱: این سناریو شرایطی را نشان می‌دهد که منطقه مورد مطالعه با آن روبه‌رو است، یعنی اعمال مدیریت فشار (کاهش فشار شبکه توزیع آب از بازه فشار مطلوب؛ یعنی فشاری کمتر از ۳۰ متر) و همزمان فرهنگ‌سازی. بر اساس داده‌های دریافتی از شرکت آب و فاضلاب بهارستان در این سناریو در سال اول سرانه تولید فاضلاب، ۸/۸۴ درصد کاهش داشته است و این مقدار تا انتهای دوره به ۲۰٪ می‌رسد. بر اساس اطلاعات دریافتی از شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان، از ابتدای اعمال مدیریت فشار و فرهنگ‌سازی در این استان مصرف سرانه آب طی ۱۰ سال ۲۰ درصد کاهش یافته و پس از آن نسبتاً ثابت مانده است. لذا در این تحقیق نیز فرض شده است که

1 Modified Ludzack-Ettinger

جدول ۱. وزن‌دهی به روش ساعتی [۲۸]

Table 1. Weights in Saaty's method [28]

نحوه ارزش‌دهی			
عدد ارزش	اولویت‌ها	عدد ارزش	اولویت‌ها
۱	ترجیح یکسان	۷	ارجحیت خیلی زیاد
۳	ارجحیت کم	۹	کاملاً ارجح
۵	ارجحیت زیاد	۲، ۴، ۶ و ۸	بینابین

این عدد حد نهایی برای اعمال این شرایط بوده و لذا سناریوی یک، بر مبنای این میزان کاهش مصرف و در نتیجه کاهش فاضلاب تولیدی طراحی و پیاده‌سازی شده است.

۳) سناریوی ۲: این سناریو بر مبنای اعمال سیاست ترویج استفاده از قطعات کاهنده مصرف و فرهنگ‌سازی به منظور استفاده از این قطعات است. با مروری بر تحقیقات پیشین در حوزه میزان اثرگذاری سیاست تشویق به استفاده از قطعات کاهنده مصرف، این نتیجه حاصل شده که این سیاست قادر است تا مصرف آب را بین ۱۰ تا ۴۰ درصد کاهش دهد [۲۱-۱۹]. لذا با توجه به این موضوع فرض شده است که سیاست تشویق به استفاده از قطعات کاهنده می‌تواند در نهایت ۳۰ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب و نتیجتاً تولید فاضلاب داشته باشد.

۴) سناریوی ۳: این سناریو، شامل اعمال سیاست قیمت‌گذاری به عنوان راهکاری برای کاهش مصرف است. طبق تحقیقاتی که پیش از این انجام شده [۲۳ و ۲۲ و ۵]، سیاست افزایش قیمت از ۱۵ تا ۳۶ قابلیت کاهش مصرف را دارد. بر اساس تحقیق استاونهگن و همکاران [۱] به ازای هر ۱۰ درصد افزایش قیمت آب بها، نهایتا ۴-۳ درصد از مصرف آب کم می‌شود، در این سناریو در نهایت ۱۸ درصد کاهش تولید فاضلاب اتفاق می‌افتد.

۵) سناریوی ۴: این سناریو ترکیبی از سناریوهای ۲، ۳ و ۴ است. در واقع شرایطی را شبیه‌سازی می‌کند که همزمان با اعمال مدیریت فشار و فرهنگ‌سازی، تشویق به استفاده از قطعات کاهنده مصرف و افزایش قیمت آب نیز اعمال می شود. این سناریو، یک سناریوی فرضی و حدی است (البته نه به دور از واقعیت که از پیشینه تحقیقات استخراج شده است) و می‌تواند ترکیبی از سناریوهای پیشین باشد. علت انتخاب این سناریو، این بود که بتوان به کمک آن، اثرات اعمال مدیریت تقاضا را به صورت ملموس‌تر و قابل درک‌تر بیان کرد.

۲- ۳- تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

AHP یک تکنیک ساختار یافته برای مرتب‌سازی و آنالیز تصمیم‌های پیچیده است. کاربرد مشخصی در تصمیم‌گیری گروهی دارد و به تصمیم گیرندگان کمک می‌کند که تصمیمی مناسب هدف و شناخت آن‌ها از مسئله بگیرند [۲۴]. سطح اول در ساختار سلسله مراتبی، شامل هدف اصلی مسئله است. در سطح دوم و سوم به ترتیب شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها قرار دارند. زمانی که سلسله مراتب مسئله ساخته شد، المان‌های تصمیم‌گیری به صورت زوجی و اثرگذاری بر روی ضابطه بالاسری و مستقل از یکدیگر مقایسه می‌شوند. درجه اهمیت توسط طیف ۹ نمره‌ای انجام می‌شود که به آن مقیاس پایه‌ای ساعتی گفته می‌شود [۲۶ و ۲۵].

در این روش پس از مشخص کردن هدف اصلی، شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها و نمره‌دهی به روش ساعتی که در جدول ۱ آورده شده است، ماتریس‌های مقایسه زوجی، نرمال‌سازی شده و با عملیات ساده ریاضی و استفاده از بردارهای ویژه به وزن مورد نظر تبدیل شده است [۲۷]. این مراحل می‌تواند هم به صورت دستی و به کمک عملیات ریاضی در اکسل و هم به کمک نرم افزارهایی که برای این روش توسعه داده شده‌اند، انجام شود.

روش AHP به روش ارزیابی اجتماعی چرخه حیات در دو بخش کمک می‌کند: ۱) ایجاد هم‌فکری رسمی با گرودارن به منظور رسیدن به اهمیت هر شاخص نسبت به سایرین که در این تحقیق از نظرات متخصصان استفاده شده است؛ زیرا بسیاری از گرودارن تعریف شده

شرایط خاص اعمال مدیریت تقاضا را تجربه نکرده‌اند و اطلاعات اندکی دارند و لذا استفاده از نظرات تخصصی خبرگان در این زمینه به نتایج قابل اعتمادتری می‌انجامد و ۲) این روش، یک روش سیستماتیک برای تبدیل اثرات کیفی به کمی و قابل مقایسه است.

به منظور انجام این تحقیق، در فرایند تصمیم‌گیری و وزن‌دهی با ۲۲ نفر از متخصصان حوزه آب و فاضلاب متشکل از دو بخش دانشگاه و صنعت مصاحبه به عمل آمده و وزن شاخص‌های مورد نظر با کمک پرسش‌نامه و نظرات متخصصان، به دست آمده است. متخصصان دانشگاهی در این تحقیق از بین اساتید دانشگاه‌های معتبر سراسر کشور که در حوزه آب و فاضلاب تحقیق می‌کنند و متخصصان بخش صنعت نیز، از بین کارشناسان خبره شاغل در شرکت‌های آب و فاضلاب شهرهای مختلف و تعدادی از شرکت خصوصی که سابقه خوبی در مسائل مرتبط با آب و فاضلاب و حوزه مدیریت تقاضا دارند و با مسائل منطقه آشنایی دارند، انتخاب شده‌اند. نمونه‌ای از پرسش‌نامه در پیوست۱ آورده شده است.

در این تحقیق با متخصصان تک به تک و به صورت حضوری و مجازی مصاحبه شده و در ارتباط با پرسش‌نامه‌ای که به روش ماتریس مقایسه زوجی تنظیم شده، توضیح داده شده است. در ابتدای پرسش‌نامه نیز، توضیحی از نحوه امتیاز دادن به روش ساعتی ارائه شده است. هر سلول ماتریس مقایسه زوجی بدین گونه پر می‌شود که شاخص (ردیف افقی در جدول مقایسه) نسبت به شاخص B (ستون عمودی در جدول) مهم‌تر است یا خیر؟ و درجه اهمیت آن چند برابر بیشتر است؟ در نهایت از هر متخصص چهار جدول مقایسه زوجی تکمیل و با روش مرسوم AHP نرخ ناسازگاری برای جدول محاسبه شده است تا از سازگار بودن امتیازها اطمینان حاصل شود (بر اساس تحقیق ساعتی [۲۹] نرخ ناسازگاری باید کمتر از ۰/۱ باشد). برای انجام فرایند نمره‌دهی به این روش از نرم افزار اکسل بارنارد [۳۰] که دقیقا منطبق بر روش ساعتی است، استفاده شده است.

با اطمینان از سازگاری امتیازها، وزن شاخص‌ها برای هر متخصص محاسبه می‌شود و در انتها از وزن‌های به دست آمده برای تمام متخصصان، میانگین هندسی گرفته می‌شود (به توصیه ساعتی [۳۱]) و وزن تمامی شاخص‌ها به دست می‌آید. به دلیل این که تمامی متخصصان با دقت انتخاب شده‌اند، نظر تمامی آن‌ها وزن یکسانی دارد. گام بعدی انتخاب گرودارن است، در دستورالعمل SLCA پنج گروه از گرودارن معرفی شده که از بین آن‌ها سه گرودار کارگران و کارمندان (نیروی انسانی)، جامعه و جوامع محلی (در یک گروه جای گرفته‌اند) و مصرف کنندگان انتخاب شده‌اند. در بین موارد مطرح شده در دستورالعمل، زنجیره تامین به دلیل ارتباط کمتر آن با مرزهای تحقیق در نظر گرفته نشده است. زیرگروه‌ها و شاخص‌ها به غیر از موارد ذکر شده در توضیحات مربوط به آن‌ها، بر اساس پیشنهادات دستور العمل SLCA انتخاب شده‌اند. در ادامه در مورد شاخص‌ها و زیرگروه‌ها توضیح داده خواهد شد.

۳- نتایج و بحث

۳- ۱- گرودارن و زیرگروه‌ها

۱- کارگران و کارمندان (نیروی انسانی): این گرودار در واقع نیروی انسانی فعال در حوزه بهره‌برداری از شبکه و تصفیه خانه فاضلاب است که شامل سه زیرگروه می‌شود.

الف) ساعت کاری[1]: این زیرگروه بر اساس تغییراتی که در شبکه و تصفیه خانه اتفاق می‌افتد به صورت کمی در نظر گرفته می‌شود افرادی که در تصفیه خانه کار می‌کنند اغلب دارای ساعت کاری مشخصی هستند ولی در شبکه با تغییر حوادث میزان کاری که باید انجام دهند تغییر می‌کند.

ب) سلامت و ایمنی[2]: تغییر غلظت مواد آلاینده و گازهای خروجی که کارگران و کارمندان با آن در تماس هستند بر سلامت و ایمنی آن‌ها اثر می‌گذارد و نیاز به دقت بیشتری در حین کار دارد.

پ) برنامه نظارت بر عملکرد[3]: این مورد از تحقیق پادیلا ریورا و همکاران [۱۱] که بر روی اثر اجتماعی تجهیزات تصفیه خانه فاضلاب بر گرودار نیروی انسانی به روش SLCA انجام شده، انتخاب شده است و مرتبط با وجود برنامه‌هایی است که از طرف شرکت مربوطه در نظر گرفته می‌شود تا فرایند بهره‌برداری در شرایط ایجاد شده در سناریوهای مختلف به بهترین و کارآمدترین حالت ممکن توسط کارگران انجام شود. به عبارت دیگر وجود برنامه‌های نظارتی برای افزایش سطح بهره‌وری و بهبود فرایند بهره‌برداری مهم است.

۲- جوامع محلی و جامعه: به دلیل کوچک بودن منطقه مورد مطالعه و اعمال سناریوها در کل شهر، جامعه و جوامع محلی در یک

1 Working Hours
2 Health and Safety
3 Performance Monitoring Programs

جدول ۲. گروداران، گروه‌ها و شاخص‌های فواید اجتماعی

Table 2. Stakeholders, Categories and indicators of social impacts

گروه‌دار (سطح ۲)	گروه (سطح ۳)	وزن (٪)	شاخص	نوع شاخص
نیروی انسانی	ساعت کاری	۵/۶۷	حوادث اتفاق افتاده در شبکه	کمی
	سلامت و ایمنی	۹/۹۹	کیفیت فاضلاب	کیفی
	برنامه نظارت بر عملکرد	۱۱/۳۴	تغییر در شرایط موجود	کیفی
جامعه و جوامع محلی	مشارکت مردمی	۹/۰۰	ارتباط با امور مشترکین	کیفی
	رضایت از عملکرد شبکه فاضلاب	۱۷/۵۵	حوادث و بوی بد	کیفی
	شرایط زندگی سالم و ایمن	۱۸/۴۵	کیفیت فاضلاب	کیفی
مصرف کنندگان	کیفیت خروجی	۱۰/۰۸	غلظت آلاینده‌ها در لجن	کیفی
	هزینه	۵/۳۲	هزینه تامین پساب و لجن	کمی
	رضایت از دبی (کمیت) خروجی	۴/۲۰	میزان پساب خروجی حمل شده به خارج از تصفیه خانه	کمی
	ساز و کار (مکانیزم) بازخورد	۳/۶۴	میزان شکایت‌های سازمانی	کیفی
	رضایت کلی مصرف کننده	۴/۷۶	تغییرات کمی و کیفی پساب و لجن	کیفی
مجموع وزن‌ها		۱۰۰		

گروه در نظر گرفته شدند. پادیلا ریورا و همکاران [۱۱] نیز این دو گروه را یکسان گرفته‌اند. هدف از در نظرگیری این گروودار، محل بروز مشکلات فنی-اجتماعی در شبکه فاضلاب است که به دلیل اعمال سیاست‌های مدیریت تقاضا، می‌تواند مشکلاتی از قبیل ایجاد بوی بد، حوادث و گرفتگی را در شبکه فاضلاب ایجاد کند. این گروودار دارای سه زیرگروه اصلی است.

الف) مشارکت مردم[1]: این زیرگروه به در نظر گرفتن تمایل همکاری و تغییرات میزان و نوع همکاری افرادی که در درون مرزهای سیستم زندگی می‌کنند و به ارتباط مردم با مرکز اطلاع‌رسانی شرکت آب و فاضلاب (سامانه ۱۲۲) و امور مشترکین دلالت می‌کند. این ارتباط می‌تواند اطلاع‌رسانی مشکلات پیش آمده و نحوه کار سیستم باشد. ارتباط درست و سالم بین مردم و شرکت‌های آب و فاضلاب به نوعی که برای هر دو طرف مفید باشد، می‌تواند باعث اعتماد بیشتر به شرکت‌ها و بهبود روند کار آن‌ها شود.

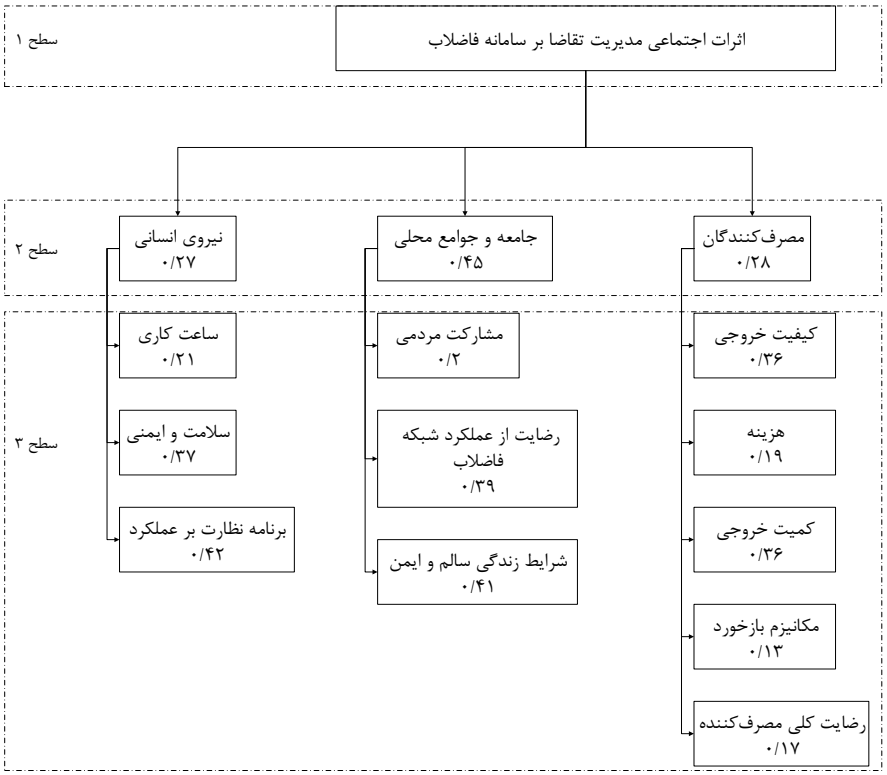
ب) رضایت از عملکرد شبکه فاضلاب: مشکلات یاد شده مثل افزایش حوادث، رضایت مردم از شبکه فاضلاب که از محل زندگی آن‌ها عبور می‌کند را تحت تاثیر قرار می‌دهد. این مورد در ارتباط با تصفیه خانه فاضلاب ذکر نشده زیرا تصفیه خانه از محل زندگی افراد دور بوده و به صورت متمرکز تصفیه انجام می‌شود. این زیرگروه با توجه به اطلاعات دریافتی از شرکت آب و فاضلاب بهارستان و اعلام نارضایتی‌های مردم در نظر گرفته شده است.

پ) شرایط زندگی سالم و ایمن[2]: تغییرات در کیفیت فاضلاب تولیدی که به دلایلی (گرفتگی و پس‌زدگی) می‌تواند در تماس با جوامع محلی و افراد قرار بگیرد، نیز مهم خواهد بود. در بسیاری از موارد خود افراد حاضر در جوامع محلی اطلاعی از کیفیت فاضلاب ندارند و به طور نادانسته بر روی سلامت آن‌ها اثر خواهد گذاشت.

۳- مصرف کنندگان: گروودار سوم که در این تحقیق و با توجه به هدف و محدوده تعیین شده، افراد یا سازمان‌هایی هستند که از پساب و لجن تصفیه خانه استفاده می‌کنند. زیرگروه‌های این گروودار در پنج دسته انتخاب شدند.

1 Community Engagement

2 Health and Safety Living Conditions



شکل ۲. سلسله مراتب AHP برای اثرات اجتماعی مدیریت تقاضا بر سامانه فاضلاب و وزنهای محلی

Fig. 2. Analytic Heirachy Process (AHP) for social impacts of water demand management on wastewater system and wights of indicators

الف) کیفیت خروجی: این زیرگروه از تحقیق پادیلا ریورا و همکاران [۱۱] انتخاب شده است. کیفیت خروجی طبیعتا برای مصرف کنندگان متناسب با نوع مصرف آن‌ها مهم خواهد بود اما تصفیه خانه موظف است که پساب و لجن را با کیفیت استاندارد تحویل دهد. در تصفیه خانه فاضلاب شهر بهارستان کیفیت لجن خروجی اندازه‌گیری نمی‌شود که بتواند وجود کیفیت استاندارد را تضمین کند.

ب) هزینه: این زیرگروه از تحقیق اوفر و همکاران [۱۲] انتخاب شده است. مصرف کننده لجن و پساب بابت کمیت و کیفیت دریافتی هزینه‌ای را متحمل می‌شود که با تغییر این دو شرایط می‌تواند تغییر کند.

پ) رضایت از کمیت خروجی: این زیرگروه نیز از تحقیق پادیلا ریورا و همکاران [۱۱] انتخاب شده است و رضایت مصرف کننده از میزان پساب و لجن خروجی را مد نظر قرار می‌دهد که با کاهش فاضلاب ورودی به تصفیه خانه تغییر خواهد کرد.

ت) ساز و کار (مکانیزم) بازخورد نظر[1]: میزان شکایت‌های سازمانی در مقابل شکایت‌های حل شده را بررسی می‌کند به گونه‌ای که مصرف کننده امکان ایجاد ارتباط و بیان مشکلات پساب و لجن با شرکت آب و فاضلاب را داشته باشد و از طرف شرکت و تصفیه خانه به آن‌ها رسیدگی شود.

ث) رضایت کلی مصرف کننده: رضایت کلی مصرف کننده به دلیل عدم تامین نیازی آبی از منبع مورد نظر و افزایش هزینه‌های ناشی از تامین نیاز آبی از سایر منابع تحت تاثیر قرار خواهد گرفت. این مورد در تحقیقات مختلف موجود است [۱۲ و ۱۱] که متناسب با این تحقیق تعریف شده است.

۳- ۲- وزن‌دهی

وزن هر کدام از شاخص‌ها با روش گفته شده و بر اساس نظر متخصصان مشابه شکل ۲ است. وزن‌های هر مجموعه باید به مجموع

1 Feedback Mechanism

جدول ۳. نمره و امتیاز نیروی انسانی در سناریوها

Table 3. Score of Workers/employees of different scenarios

سناریوها	تعداد کل گرفتگی‌ها (لوله‌های شبکه و انشعابات)	نرمال شده	امتیاز
۰	۱۵۲۲۶	۰/۲۵	۱
۱	۱۷۶۲۸	۰/۲۱	۰/۸۶
۲	۱۸۹۸۷	۰/۲۰	۰/۸۰
۳	۱۶۷۴۶	۰/۲۲	۰/۹۱
۴	۳۱۶۶۲	۰/۱۲	۰/۴۸

جدول ٤. نمره و امتیاز سلامت و ایمنی در سناریوها (منظور از ۱/۲، کسر یک به دو است)

Table 4. Score of Health and safety of different scenarios

سناریوها	۰	۱	۲	۳	۴	وزن‌ها	امتیاز
۰		۳	۵	۲	۷	۰/۴۴	۱/۰۰
۱			۳	۱/۲	۳	۰/۱۷	۰/۳۸
۲				۱/۳	۲	۰/۰۸	۰/۱۹
۳					۵	۰/۲۶	۰/۵۹
۴						۰/۰۵	۰/۱۲

یک برسد و میزان هر شاخص نسبت به کل در جدول ۲ با ضرب وزن هر شاخص در انتهای سلسه مراتب (گره برگ[1]) در وزن سرگروه‌های آن به دست می‌آید. به عنوان مثال میزان اهمیت شاخص ساعت کاری از حاصل ضرب وزن خود (۰/۲۱) در سرگروه خود، نیروی انسانی (۰/۲۷) و در هدف تحقیق در ابتدا سلسله مراتب (شکل ۲) که دارای وزن ۱ است به دست می‌آید که برابر ۵/۶۷ درصد است. شاخص رضایت از عملکرد فاضلاب از نظر متخصصان مهم‌ترین شاخص (وزن ۱۷/۵۵ درصد) شناخته می‌شود.

۳- ۳- شدت اثرات

در این بخش شدت اثر هر زیرگروه در سناریوهای صفر تا چهار بررسی می‌شود.

۱- ساعت کاری: ارزیابی این زیرگروه بر اساس تعداد گرفتگی‌ها که در سناریوهای مختلف متغیر است، انجام می‌شود. امتیازها بر اساس نرخ تغییرات گرفتگی‌ها (تعداد کل گرفتگی‌ها در طول ۱۹ سال بهره‌برداری در سناریوهای صفر تا چهار مشابه جدول ۳ است) به دست می‌آید. در نهایت با تبدیل امتیاز به عددی بین صفر و یک با تقسیم بر بزرگ‌ترین امتیاز به دست آمده بین گزینه‌ها بر اساس روش نقطه ایده‌آل ساعتی [۳۲]، عددی که به یک نزدیک‌تر باشد دارای اثرات مثبت بیشتر (اثر منفی کمتر) بر روی شاخص خود است. یعنی نقطه ایده‌آل دارای نمره یک خواهد بود و شدت سایر گزینه‌ها بر اساس آن به دست می‌آید. در اینجا هر چه ساعت کاری کمتر باشد به نفع کارگران و کارمندان خواهد بود، پس سناریو صفر بالاترین امتیاز را خواهد داشت.

۲- سلامت و ایمنی: در این قسمت از اطلاعات کیفی فاضلاب و

1 Leaf Node

جدول ۵. نمره و امتیاز برنامه نظارت بر عملکرد در سناریوها

Table 5. Score of performance monitpring programs of different scenarios

سناریوها	۰	۱	۲	۳	۴	وزن‌ها	امتیاز
۰		۱/۲	۱/۳	۱/۲	۱/۵	۰/۰۷	۰/۱۸
۱			۱/۲	۱	۱/۳	۰/۱۴	۰/۳۳
۲				۲	۱/۲	۰/۲۴	۰/۵۸
۳					۱/۳	۰/۱۴	۰/۳۳
۴						۰/۴۱	۱/۰۰

جدول ٦. نمره و امتیاز مشارکت مردمی در سناریوها

Table 6. Score of community engagement of different scenarios

سناریوها	۰	۱	۲	۳	۴	وزن‌ها	امتیاز
۰		۱/۲	۱/۳	۱/۲	۲	۰/۱۲	۰/۳۱
۱			۱/۲	۱	۳	۰/۲۱	۰/۵۵
۲				۲	۵	۰/۳۹	۱/۰۰
۳					۳	۰/۲۱	۰/۵۵
۴						۰/۰۷	۰/۱۸

گازهای خروجی استفاده می‌شود. طبق اطلاعات دریافتی از شرکت آب و فاضلاب بهارستان و تصفیه خانه‌ی شهر، با کاهش کمی فاضلاب تولیدی غلظت مواد آلاینده و شکایت‌ها از بوی بد شبکه که ناشی از خروج گازهایی مثل هیدروژن سولفید است افزایش یافته است. موارد ذکر شده بر سلامت کارگرانی که با فاضلاب در ارتباط هستند، اثر دارد. امتیازدهی این بخش به صورت کیفی بین سناریوهای مختلف و بر اساس اطلاعات کمی انجام می‌شود. در این ارزیابی از AHP استفاده می‌شود. بدین صورت که سناریو صفر به دلیل غلظت کمتر مواد آلاینده و تولید گازهای خطرناک کمتر بهترین گزینه خواهد بود (نمره ۷ در AHP نسبت به سناریوی ۴ در جدول ۴). باید دقت شود که نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ باشد.

۳- برنامه نظارت بر عملکرد: هر چه تغییرات میزان کمی فاضلاب بیشتر باشد، نیاز به برنامه نظارت بر عملکرد بیشتر خواهد بود و کارایی نیروی انسانی بیشتر مورد بررسی قرار خواهد گرفت. سناریو با بیش‌ترین کاهش فاضلاب تولیدی نیاز به برنامه‌هایی دقیق‌تر برای نظارت بر عملکرد نیروی انسانی خود خواهد داشت. سناریوی چهار بیش‌ترین درصد کاهش فاضلاب را دارد و بعد از آن سناریوهای دو، سه، یک و سناریوی صفر که هیچ تغییری نسبت به سابق ندارند قرار می‌گیرند. تفاوت درصد تغییرات بین سناریوهای یک و سه خیلی کم است (۲ درصد) و تفاوت آن‌ها با سناریو دو نیز نسبتا کم است. نمره‌دهی مشابه جدول ۵ برای این زیرگروه در نظر گرفته شده است.

۴- مشارکت مردمی (محلی): این زیرگروه به صورت کیفی ارزیابی خواهد شد (جدول ۶). اطلاعات دریافتی در ارتباط با گزارشات مردم به امور مشترکین شرکت آب و فاضلاب بهارستان مد نظر قرار گرفته است. با توجه به این اطلاعات، کاهش میزان فاضلاب تولیدی منجر به تماس‌ها و ارتباط بیشتر مردم با شرکت به منظور گزارش مشکلات شبکه عبوری از محل زندگی آن‌ها مثل بوی بد و پس‌زدگی بیشتر می‌شود. با گزارش به موقع مردم به شرکت آب و فاضلاب، به بهره‌برداری دقیق‌تر و رفع نواقص و تالیف برنامه‌های راهبردی مناسب توسط شرکت آب و فاضلاب کمک خواهد شد. به همین دلیل

جدول ۷. نمره و امتیاز رضایت از عملکرد شبکه فاضلاب در سناریوها

Table 7. Score of satisfaction of sewer network's performance of different scenarios

سناریوها	۰	۱	۲	۳	۴	وزن‌ها	امتیاز
۰		۳	۵	۲	۷	۰/۴۴	۱/۰۰
۱			۳	۱/۲	۳	۰/۱۷	۰/۳۸
۲				۱/۳	۲	۰/۰۸	۰/۱۹
۳					۵	۰/۲۶	۰/۵۹
۴						۰/۰۵	۰/۱۲

جدول ۸. نمره و امتیاز شرایط زندگی سالم و ایمن در سناریوها

Table 8. Score of Health and safety living conditions of different scenarios

سناریوها	۰	۱	۲	۳	۴	وزن‌ها	امتیاز
۰		۲	۲	۲	۳	۰/۳۵	۱/۰۰
۱			۱	۱	۲	۰/۱۸	۰/۵۳
۲				۱	۲	۰/۱۸	۰/۵۳
۳					۲	۰/۱۸	۰/۵۳
۴						۰/۱۰	۰/۲۸

جدول ۹. نمره و امتیاز کیفیت خروجی در سناریوها

Table 9. Score of effluent quality of different scenarios

سناریوها	۰	۱	۲	۳	۴	وزن‌ها	امتیاز
۰		۲	۲	۲	۳	۰/۳۵	۱/۰۰
۱			۱	۱	۲	۰/۱۸	۰/۵۳
۲				۱	۲	۰/۱۸	۰/۵۳
۳					۲	۰/۱۸	۰/۵۳
۴						۰/۱۰	۰/۲۸

جدول ۱۰. نمره و امتیاز رضایت از کیمیت خروجی در سناریوها

Table 10. Score of satisfaction of effluent quantity of different scenarios

سناریوها	تعداد کل دفعات حمل پساب به خارج از تصفیه خانه	امتیاز
۰	۱۰۴۹۷	۱/۰۰
۱	۸۵۲۴	۰/۸۱
۲	۸۱۱۶	۰/۷۷
۳	۸۹۴۸	۰/۸۵
۴	۴۸۶۱	۰/۴۶

جدول ۱۱. نمره و امتیاز ساز و کار بازخورد در سناریوها

Table 11. Score of feedback mechanism of different scenarios

سناریوها	۰	۱	۲	۳	۴	وزن‌ها	امتیاز
۰		۳	۵	۲	۷	۰/۴۴	۱/۰۰
۱			۳	۱/۲	۳	۰/۱۷	۰/۳۸
۲				۱/۳	۲	۰/۰۸	۰/۱۹
۳					۵	۰/۲۶	۰/۵۹
۴						۰/۰۵	۰/۱۲

سناریوهایی که مردم را به شرکت آب و فاضلاب مرتبط می‌کنند، می‌توانند روابط بین مردم و شرکت آب و فاضلاب را بهبود ببخشد.

با در نظر گرفتن مشارکت مثبت و منفی با فرض سطحی از تحمل مردم محلی و به تبع آن سطحی از مشکلات که بعد از آن ارتباطات بیشتر شکل منازعات به خود می‌گیرد، انجام شده است. به همین دلیل تا سطح ۳۰-۲۰ درصد کاهش فاضلاب که خیلی اثر بزرگ و غیر قابل تحملی بر مشکلات ندارد به عنوان اثرات مثبت ارتباطات در نظر گرفته می‌شود و بعد از آن دارای اثرات منفی فرض می‌شود.

۵- رضایت از عملکرد شبکه فاضلاب: بر اساس افزایش میزان گازهای خروجی، حوادث و کاهش سرعت به دلیل کاهش دبی فاضلاب تولیدی [۳۳] می‌تواند نارضایتی از شبکه را به همراه داشته باشد. پس متناسب با درصد کاهش فاضلاب در سناریوها به آن‌ها امتیاز داده شده است (جدول ۷). سناریو صفر به دلیل عدم وجود تغییرات در آن، ایده‌آل‌ترین شرایط است، زیرا شبکه برای این حالت طراحی شده و بهره‌برداری از آن در این سناریو مطلوب خواهد بود.

۶- شرایط زندگی ایمن و سالم: کیفیت فاضلاب در صورت ایجاد گرفتگی و پس‌زدگی و بوی بد می‌تواند بر شرایط زندگی افراد اثر بگذارد ولی چون فاضلاب به طور مستقیم با زندگی افراد تماس ندارد اثر آن زیاد نخواهد بود. در این زیرگروه نیز سناریو با کمترین غلظت آلاینده مناسب‌ترین سناریو خواهد بود. سناریوهای یک، دو و سه به دلیل درصد تغییرات نزدیک به هم، از نظر به خطر انداختن سلامت افراد و جوامع محلی دارای اثری یکسان فرض می‌شوند (جدول ۸).

۷- کیفیت خروجی: کیفیت خروجی در سناریوهای مختلف نباید تغییر کند زیرا تصفیه خانه موظف است که پساب و لجن را با کیفیتی در بازه استاندارد تحویل افراد یا سازمان‌های مصرف کننده آن بدهد. بدین منظور از نظر کیفیت خروجی پساب تمامی سناریوها یکسان در نظر گرفته می‌شوند. اما تصفیه خانه محل مورد نظر از لحاظ کیفیت لجن اندازه‌گیری انجام نمی‌دهد و لجن را نمی‌فروشد. کشاورزان از

جدول ۱۲. نمره و امتیاز رضایت کلی مصرف کننده در سناریوها

Table 12. Score of consumer's satisfaction of different scenarios

سناریوها	۰	۱	۲	۳	۴	وزن‌ها	امتیاز
۰		۳	۵	۲	۷	۰/۴۴	۱/۰۰
۱			۳	۱/۲	۳	۰/۱۷	۰/۳۸
۲				۱/۳	۲	۰/۰۸	۰/۱۹
۳					۵	۰/۲۶	۰/۵۹
۴						۰/۰۵	۰/۱۲

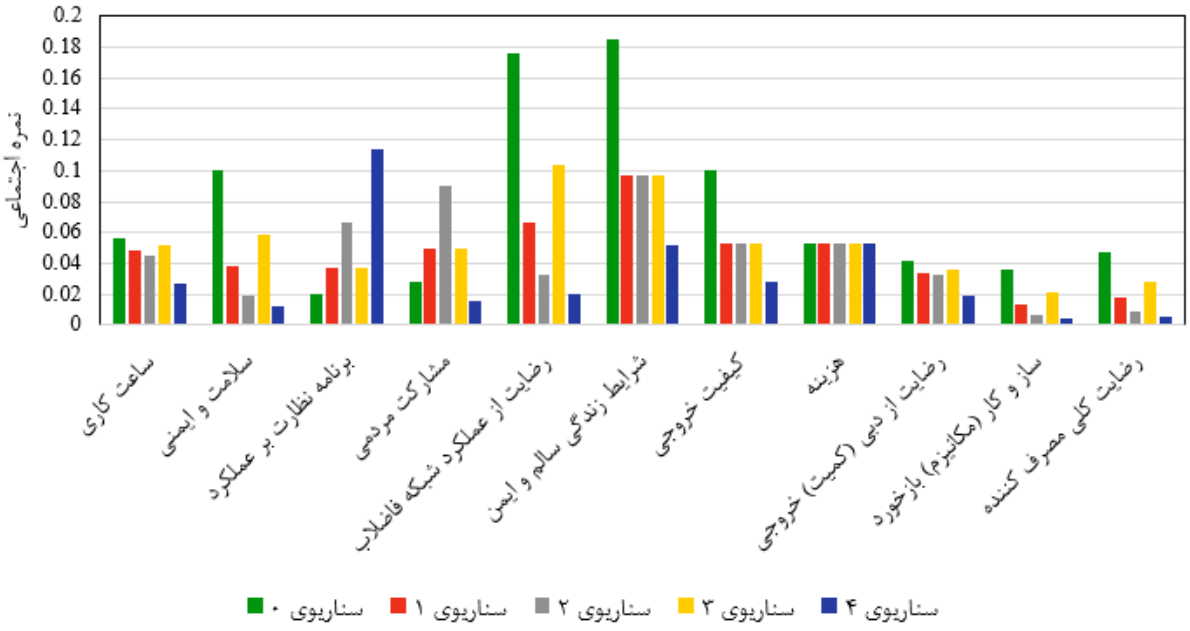
جدول ۱۳. جمع‌بندی امتیازهای هر یک از شاخص‌ها در سناریوهای صفر تا چهار

Table 13. Aggregated ratings of every indicator of different scenarios

	نیروی انسانی			جامعه و جوامع محلی				مصرف کنندگان			
سناریو	ساعت کاری	سلامت و ایمنی	برنامه نظارت بر عملکرد	مشارکت مردمی	رضایت از عملکرد شبکه	شرایط زندگی سالم و	کیفیت خروجی	هزینه	رضایت از دبی (کمیت)	ساز و کار (مکانیزم)	رضایت کلی مصرف
۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۱۸	۰/۳۱	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
۱	۰/۸۶	۰/۳۸	۰/۳۳	۰/۵۵	۰/۳۸	۰/۵۳	۰/۵۳	۱/۰۰	۰/۸۱	۰/۳۸	۰/۳۸
۲	۰/۸۰	۰/۱۹	۰/۵۸	۱/۰۰	۰/۱۹	۰/۵۳	۰/۵۳	۱/۰۰	۰/۷۷	۰/۱۹	۰/۱۹
۳	۰/۹۱	۰/۵۹	۰/۳۳	۰/۵۵	۰/۵۹	۰/۵۳	۰/۵۳	۱/۰۰	۰/۸۵	۰/۵۹	۰/۵۹
۴	۰/۴۸	۰/۱۲	۱/۰۰	۰/۱۸	۰/۱۲	۰/۲۸	۰/۲۸	۱/۰۰	۰/۴۶	۰/۱۲	۰/۱۲

لجن به صورت رایگان استفاده می‌کنند. کیفیت لجن را در صورت نیاز، خود مصرف کننده آن اندازه‌گیری می‌کند که طبیعتا با کاهش کیفیت فاضلاب ورودی کیفیت لجن خروجی نیز نزول خواهد کرد ولی چون اطلاعات دقیقی در دست نیست تفاوت‌ها اندک در نظر گرفته می‌شود و به دلیل عدم تغییر کیفیت لجن از حالت استاندارد در شرایط پایه، این سناریو امتیاز بیشتری را به خود اختصاص می‌دهد (جدول ۹).

۸- هزینه: برای خرید پساب، قراردادی بین سازمان‌های خریدار (در اینجا شرکت فولاد مبارکه اصفهان) با شرکت آب و فاضلاب بسته شده است. این قرارداد بدین صورت است که ابتدا سازمان خریدار هزینه را به صورت ساخت زیرساخت‌های مرتبط پرداخت می‌کند و انتظار دریافت میزان مشخصی پساب در طول بازه قرارداد دارد. با کاهش میزان پساب تولیدی و به تبع آن پساب تصفیه شده، شرکت آب و فاضلاب توانایی تأمین ظرفیت قراردادی را نداشته و نمی‌تواند



شکل ۳. فواید اجتماعی وزن‌دهی شده در سناریوهای مختلف

Fig. 3. Social scores of different scenarios

جدول ۱۴. تجمیع نهایی نمره سناریوها

Table 14. The aggregated score of social impacts of different scenarios

	سناریوی پایه	سناریوی ۱	سناریوی ۲	سناریوی ۳	سناریوی ۴
مجموع نمره اجتماعی	۰/۸۴۵	۰/۵۱۰	۰/۵۰۶	۰/۵۸۹	۰/۳۵۲
نرمال شده نمره اجتماعی	۱/۰۰۰	۰/۶۰۳	۰/۵۹۸	۰/۶۹۸	۰/۴۱۷

به تعهدات خود عمل کند. این در حالی است که سازمان خریدار پیش از این، هزینه آن را پرداخت کرده است و از لحاظ هزینه پرداختی مصرف کننده تفاوتی ایجاد نخواهد شد. شرکت آب و فاضلاب موظف است آن میزان پساب را از سایر شهرها فراهم کرده و به خریدار تحویل دهد. به عبارت دیگر هزینه هر متر مکعب پساب تغییری نخواهد کرد.

۹- رضایت از کمیت پساب خروجی: به دلیل کاهش فاضلاب ورودی میزان پساب خروجی نیز کم خواهد شد و نارضایتی مصرف کننده را در این زمینه برخواهد انگیخت. برای بررسی این شاخص از

اطلاعات کمی تعداد دفعات حمل پساب به دریاچه مصنوعی زیتون استفاده می‌شود. تعداد دفعات حمل پساب در طول بازه زمانی (چرخه عمر) در نظر گرفته شده است. میزان لجن به دلیل اینکه به فروش نمی‌رسد و نارضایتی خاصی از این جهت نمی‌تواند ایجاد کند، در نظر گرفته نشده است. از نظر مصرف کننده هر چه میزان پساب بیشتر باشد مطلوب‌تر است (جدول ۱۰).

۱۰- ساز و کار (مکانیزم) بازخورد نظر: با کاهش میزان پساب خروجی در قرارداد دو طرفه‌ای که شرکت آب و فاضلاب با فولاد مبارکه اصفهان دارد، مشکل ایجاد می‌شود و هر چه میزان پساب از میزان مقرر شده کمتر باشد میزان این شکایت‌ها بیشتر خواهد شد. این مورد نیز به صورت کیفی و با کمک AHP انجام شده است (جدول ۱۱).

۱۱- رضایت کلی مصرف کننده: با این که از لحاظ هزینه و کیفیت خروجی تفاوت خاصی بین سناریوها وجود ندارد ولی به طور کلی به دلیل تغییر شرایط برای مصرف کننده پساب و لجن (با این که از لجن به صورت رایگان استفاده می‌کنند ولی رضایت آن‌ها منوط به کیفیت و میزان لجن خواهد بود) رضایت کلی آن‌ها تحت تاثیر قرار می‌گیرد. این مورد نیز به صورت کیفی امتیازدهی شده است (جدول ۱۲).

۳- ۴- ارزیابی و تفسیر نتایج

فواید اجتماعی از پنج سناریوی مدل‌سازی شده با جمع حاصل ضرب نمره هر یک از وزن‌ها (جدول ۲) در شدت اثر آن شاخص (جدول۱۳) تقسیم بر ۱۰۰ به دست می‌آید که نتایج در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۳ قابل مشاهده است سناریوی صفر در غالب شاخص‌ها، ایده‌آل‌ترین گزینه است؛ زیرا که شبکه و تصفیه خانه‌ی مورد نظر برای آن شرایط طراحی شده و هیچ‌گونه کاهش فاضلابی تولیدی برای طراحی آن در نظر گرفته نشده است. با کاهش میزان فاضلاب مشکلاتی می‌تواند در آن‌ها ایجاد شود که با افزایش درصد کاهش فاضلاب تولیدی این مشکلات بزرگ‌تر خواهند شد. با این حال تغییرات بیشتر شرایط (سناریوی ۴) در مواردی مثل برنامه‌های نظارت بر عملکرد مهم‌تر و موثرتر خواهند بود، در واقع تغییر شرایط به مانند زنگ خطری عمل می‌کند تا شرکت‌ها برای بهره‌برداری بهتر به فکر بیافتند و برنامه‌ریزی کنند. در مشارکت مردمی نیز سناریو دو بهتر از سایرین عمل می‌کند زیرا ارتباطات بین شرکت آب و فاضلاب و مردم را به شکل موثری افزایش می‌دهد.

در نهایت نیز تجمیع رتبه‌بندی اجتماعی سناریوهای مختلف با جمع کردن نمره‌های تمام شاخص‌های موثر به دست می‌آید که مشابه جدول ۱۴ است.

۴- نتیجه‌گیری

همواره مدیریت تقاضا از راهکارهای اصلی مطرح شده در شرایط کمبود آب شناخته می‌شود. سیاست‌های مدیریت تقاضا بسته به نوع آن‌ها و شرایط منطقه‌ای که در آن اعمال می‌شوند می‌تواند درصدهای متفاوتی از میزان سرانه آب مصرفی و فاضلاب تولیدی کم کند. این تغییرات می‌توانند علاوه بر تغییر در کمیت فاضلاب، کیفیت فاضلاب و شرایط هیدرولیکی شبکه فاضلاب را نیز تحت تأثیر قرار دهند. با توجه به این که هر تصمیم و تغییری می‌تواند تبعات گسترده‌ای در مباحث مختلف از جمله مباحث محیط زیستی، اقتصادی و اجتماعی داشته باشد، در این تحقیق بخش اجتماعی که از مهم‌ترین حوزه‌های اثرات شناخته می‌شود و معمولا در ارزیابی‌ها وارد نمی‌شود مد نظر قرار گرفته است. اثر اجتماعی اعمال سیاست‌های مدیریت تقاضا برای سه گروه‌دار نیروی انسانی، جامعه و جوامع محلی و مصرف کنندگان تعریف شده و برای هر یک از آن‌ها شاخص‌هایی در نظر گرفته شده است که اهمیت هر شاخص بر اساس نظرات ۲۲ متخصص این زمینه به دست آمده است. برای رسیدن به وزن هر یک از شاخص‌ها از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده شده که که به تبدیل پارامترهای کیفی به کمی بسیار کمک می‌کند. شاخص‌های انتخاب شده در شرایط منطقه مورد مطالعه، شهر جدید بهارستان، اعمال شده است و با توجه به اطلاعات موجود شدت اثرات در سناریوهای مختلف محاسبه شده است. سناریوهای در نظر گرفته شده برای انجام این تحقیق شامل ۱) بدون تغییر در شرایط، ۲) اعمال مدیریت فشار و فرهنگ‌سازی مرتبط با آن، ۳) ترویج استفاده از قطعات کاهنده مصرف، ۴) واقعی کردن قیمت آب و ۵) ترکیبی فرضی از سناریوهای ۲ تا ۴ است. پس از محاسبه و نرمال‌سازی امتیاز هر سناریو از دیدگاه اجتماعی با روش ارزیابی اجتماعی چرخه حیات بهترین سناریوها به ترتیب اولیت سناریوی صفر، سه، یک، دو و چهار هستند. دلیل این ترتیب این است که سامانه مورد بررسی برای شرایط سناریوی صفر طراحی شده است و هر نوع تغییری آن را از شرایط پایدار موجود خارج می‌کند. این موضوع اهمیت در نظر گرفتن سیاست‌های قابل اعمال و در دست اعمال برای طراحی هر شبکه و تصفیه خانه را نشان می‌دهد. هم‌چنین دیدگاه مثبت موجود در ارتباط با اعمال سیاست‌های مدیریت تقاضا را

وارد چالش کرده و به تصمیم‌گیران و سیاست‌گذاران کمک می‌کند که با دیدی جامع و همه جانبه به تحلیل شرایط بپردازند.

۵- قدردانی

بدین وسیله از شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان (به خصوص جناب آقای مهندس اکبری، سرکار خانم مهندس ملاباشی و سرکار خانم مهندس احمدی) و شهرستان بهارستان (به خصوص جناب آقای مهندس آلمانی) به دلیل همکاری در انجام این تحقیق و در اختیار قرار دادن اطلاعات مربوطه، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

[1] Stavenhagen, M., Buurman, J. & Tortajada, C., 2018. Saving water in cities: Assessing policies for residential water demand management in four cities in Europe. Cities, 79, pp.187-195.

[2] Ramsey, E., Berglund, E. & Goyal, R., 2017. The impact of demographic factors, beliefs, and social influences on residential water consumption and implications for non-price policies in Urban India. Water, 9(11), p.844.

[3] Zhong, L.J. & Mol, A.P., 2008. Participatory environmental governance in China: Public hearings on urban water tariff setting. Journal of Environmental Management, 88(4), pp.899-913.

[4] Liu, J., Savenije, H.H. & Xu, J., 2003. Water as an economic good and water tariff design: Comparison between IBT-con and IRT-cap. Physics and Chemistry of the Earth, parts A/B/C, 28(4-5), pp.209-217.

[5] Ratnasiri, S., Wilson, C., Athukorala, W., Garcia-Valiñas, M.A., Torgler, B. & Gifford, R., 2018. Effectiveness of two pricing structures on urban water use and conservation: a quasi-experimental investigation. Environmental Economics and Policy Studies, 20(3), pp.547-560.

[6] Maleki nasab, A., Tabesh, M. & Ghalibaf sarshouri, M., 2010. Field study of the effect of installing low-consumption equipment and valves in reducing domestic water consumption. Iranian Journal of Water Resources Research. 6(2). (in Persian)

[7] Maleki nasab, A. & Ghalibaf sharshouri, M., 2007. Investigating the reduction of domestic water consumption by installing low-consumption equipment and valves. The first conference on water shortage. Tehran. (in Persian)

[8] Marinoski, A.K., Rupp, R.F. & Ghisi, E., 2018. Environmental benefit analysis of strategies for potable water savings in residential buildings. Journal of environmental management, 206, pp.28-39.

[9] Shahangian, S.A., Tabesh, M., Safarpour, H. 2020. A Review of the Conceptual Framework of the Interactive Cycle and Modeling Process Used in Urban Water Management, Journal of Iran-Water Resources Research, In press (In Persian)

[10] Lehmann, A., Zschieschang, E., Traverso, M., Finkbeiner, M. & Schebek, L., 2013. Social aspects for sustainability assessment of technologies—challenges for social life cycle assessment (SLCA). The International Journal of Life Cycle Assessment, 18(8), pp.1581-1592.

[11] Padilla-Rivera, A., Morgan-Sagastume, J.M., Noyola, A. & Güereca, L.P., 2016. Addressing social aspects associated with wastewater treatment facilities. Environmental Impact Assessment Review, 57, pp.101-113.

[12] Opher, T., Shapira, A. & Friedler, E., 2018a. A comparative social life cycle assessment of urban domestic water reuse alternatives. The International Journal of Life Cycle Assessment, 23(6), pp.1315-1330.

[13] Zhou, Z., Chi, Y., Dong, J., Tang, Y. & Ni, M., 2019. Model development of sustainability assessment from a life cycle perspective: A case study on waste management systems in China. Journal of cleaner production, 210, pp.1005-1014.

[14] UNEP\SETAC, 2009,2011. Guidelines for social life cycle assessment of products. UNEP/Earthprint.

[15] International Standard, 2006, ISO 14044: Environmental management – Life cycle assessment – Life Cycle Impact Interpretation, International Standard Organization Geneva, Switzerland.

[16] Opher, T., Friedler, E. & Shapira, A., 2018b. Comparative life cycle sustainability assessment of urban water reuse

process. Journal of Cleaner Production, 193, pp.661-671.

[25] Bottero, M., Comino, E. & Riggio, V., 2011. Application of the analytic hierarchy process and the analytic network process for the assessment of different wastewater treatment systems. Environmental Modelling & Software, 26(10), pp.1211-1224.

[26] Kheybari, S., Rezaie, F.M., Naji, S.A. & Najafi, F., 2019. Evaluation of energy production technologies from biomass using analytical hierarchy process: The case of Iran. Journal of Cleaner Production, 232, pp.257-265.

[27] Karimi, A., Mehrdadi, N., Hashemian, S.J., Nabi Bidehendi, Gh. & Tavakkoli Moghaddam, R., 2010. Select the optimal wastewater treatment process using the AHP method. Journal of Water and Wastewater, 2-12, 21(4). (in Persian)

[28] Saaty, T.L., 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structures. Journal of mathematical psychology, 15(3), pp.234-281.

[29] Saaty, T.L., 1988. What is the analytic hierarchy process? In Mathematical models for decision support (pp. 109-121). Springer, Berlin, Heidelberg.

[30] Barnard, S., 2012. SCB assossiate Ltd., https://www.scbuk.com/

[31] Saaty, T.L., 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. International journal of services sciences, 1(1), pp.83-98.

[32] Saaty, T.L. & Vargas, L.G., 2012. Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process. (Vol. 175). Springer Science & Business Media.

[33] Safarpour, H., Tabesh, M. & Shahamgian, S.A., 2020. Assess the effects of demand management policies on the sewer hydraulics. 18th conference of hydraulic of Iran. University of Tehran. (in Persian)

at various centralization scales. The International Journal of Life Cycle Assessment, pp.1-14.

[17] Benoît, C., Parent, J., Kuenzi, I. & Revéret, J.P., 2007, September. Developing a methodology for social life cycle assessment: The North American tomato's CSR case. In 3rd International Conference on Life Cycle Management, August 27-29, Zürich, Switzerland.

[18] Comprehensive plan of new city of Baharestan. 2014. 1st review. (in Persian)

[19] Parkinson, J., Schütze, M. & Butler, D., 2005. Modelling the Impacts of Domestic Water Conservation on the Sustain Ability of the Urban Sewerage System. Journal of Water and Environment, 19(1), pp.49-56.

[20] Marleni, N., Gray, S., Sharma, A., Burn, S. & Muttil, N., 2015. Impact of water management practice scenarios on wastewater flow and contaminant concentration. Journal of environmental management, 151, pp.461-471.

[21] Sun, J., Hu, S., Sharma, K.R., Bustamante, H. & Yuan, Z., 2015. Impact of reduced water consumption on sulfide and methane production in rising main sewers. Journal of environmental management, 154, pp.307-315.

[22] Tanverakul, S.A. & Lee, J., 2015. Impacts of metering on residential water use in California. Journal-American Water Works Association, 107(2), pp. E69-E75.

[23] Lopez-Nicolas, A., Pulido-Velazquez, M., Rougé, C., Harou, J.J. & Escriva-Bou, A., 2018. Design and assessment of an efficient and equitable dynamic urban water tariff. Application to the city of Valencia, Spain. Environmental Modelling & Software, 101, pp.137-145.

[24] Chen, C.W., Wang, J.H., Wang, J.C. & Shen, Z.H., 2018 .Developing indicators for sustainable campuses in Taiwan using fuzzy Delphi method and analytic hierarchy

پیوست ۱: نمونه پرسش‌نامه به روش تحیل سلسله مراتبی

به نام خدا

پاسخ‌گوی گرامی؛

با سلام و احترام

پرسش‌نامه زیر به منظور انجام پژوهشی با عنوان «ارزیابی اثرات اجتماعی مدیریت تقاضا بر سامانه‌های فاضلاب» به راهنمایی جناب آقای دکتر مسعود تابش، استاد دانشکده فنی دانشگاه تهران، تهیه شده است. هدف از تهیه این پرسش‌نامه، ارزیابی تأثیر سناریوهای مدیریت تقاضا بر جنبه‌های اجتماعی چرخه حیات در سامانه‌های فاضلاب و مقایسه سناریوها است. مبنای طراحی پرسش‌نامه روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است. در ادامه، راهنمای تکمیل پرسش‌نامه به همراه مثالی از نحوه پر کردن پرسش‌نامه و امتیازدهی گزینه‌ها آورده شده است.

پیشاپیش از لطف و همکاری شما کمال تشکر را داریم.

- سازمان (اجباری): .....
- رشته تحصیلی (اجباری): .....
- تخصص (اجباری): .....

- راهنمای تکمیل فرم:

- هر یک از معیارها دو به دو با هم مقایسه شده‌اند و به کمک جدول ارزشی ذیل امتیازدهی می‌شوند.
- لازم به توضیح است که اگر اهمیت سطر نسبت به ستون مورد مقایسه کمتر بود، لازم است از معکوس اعداد درون جدول استفاده شود. به عنوان نمونه اگر در مثال زیر، اهمیت معیار A (سطر) نسبت به معیار B (ستون) ۳ برابر کمتر باشد به جای عدد ۳، عدد $\frac{1}{3}$ وارد شود.
- جدول ارزش‌دهی

نحوه ارزش‌دهی			
عدد ارزش	اولویت‌ها	عدد ارزش	اولویت‌ها
۱	ترجیح یکسان	۷	ارجحیت خیلی زیاد
۳	ارجحیت کم	۹	کاملاً ارجح
۵	ارجحیت زیاد	۲، ۴، ۶ و ۸	بینابین

- مثالی از نحوه پر کردن پرسش‌نامه و امتیازدهی گزینه‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسه مراتبی (AHP):

	A	B	C
A		3	1
B			1/5
C			

برابر است.C با معیار Aاین عدد به معنای آن است که اهمیت معیار

B، ۳ برابر بیشتر از معیار Aاین عدد به معنای آن است که اهمیت معیار

C، ۵ برابر کمتر از معیار Bاین عدد به معنای آن است که اهمیت معیار

سوال: لطفاً با مقایسه دو به دوی معیارهای زیر، اهمیت و اثرپذیری هر معیار نسبت به معیار دیگر را در صورت اعمال مدیریت تقاضا و به لحاظ اثرات آن بر روی سامانه‌های فاضلاب نمره‌دهی کنید.

سوالات

۱- لطفاً با مقایسه دو به دوی معیارهای زیر، اهمیت و اثرپذیری هر معیار نسبت به معیار دیگر را در صورت اعمال مدیریت تقاضا و به لحاظ اثرات آن بر روی سامانه‌های فاضلاب، نمره‌دهی کنید.

	کارگران و کارمندان	جامعه و جوامع محلی	مصرف‌کنندگان
کارگران و کارمندان			
جامعه و جوامع محلی			
مصرف کنندگان			

- توضیحات

- کارگران / کارمندان: نیروی انسانی فعال در حوزه بهره‌برداری از شبکه فاضلاب و تصفیه خانه فاضلاب.
- مصرف‌کنندگان: افراد یا سازمان‌هایی که از پساب و لجن تصفیه خانه استفاده می‌کند.
- جوامع محلی و جامعه: محل بروز مشکلات فنی-اجتماعی شبکه جمع‌آوری فاضلاب که ناشی از اعمال مدیریت تقاضا و کاهش میزان دبی فاضلاب (مثل بروز حوادث، تولید بو، گرفتگی و غیره) است.

۲- لطفاً با مقایسه دو به دوی معیارهای زیر، اهمیت و اثرپذیری هر معیار نسبت به معیار دیگر را در ارتباط با کارگرها/ کارمندان در صورت اعمال مدیریت تقاضا و به لحاظ اثرات آن بر روی سامانه‌های فاضلاب، نمره‌دهی کنید.

	ساعت کاری	سلامت و ایمنی	برنامه‌های نظارت بر عملکرد
ساعت کاری			
سلامت و ایمنی			
برنامه‌های نظارت بر عملکرد			

- توضیحات

*** منظور از ساعت کاری، تأثیر تغییرات کمیت و کیفیت فاضلاب که ناشی از اعمال سیاست‌های مدیریت تقاضا است، بر میزان فعالیت و تلاش کارگران و کارمندان و غیره در طول روز است.

*** مقصود از سلامت و ایمنی کارگران و کارمندان، تأثیر تغییرات کیفی فاضلاب بر روی سلامت و ایمنی آن‌ها است.

*** منظور از برنامه‌های نظارت بر عملکرد، وجود برنامه‌های نظارتی برای افزایش سطح بهره‌وری و بهبود فرآیند بهره‌برداری از سامانه‌های فاضلاب در شرایط اعمال مدیریت تقاضا است.

۳- لطفاً با مقایسه دو به دوی معیارهای زیر، اهمیت و اثرپذیری هر معیار نسبت به معیار دیگر را در ارتباط با جوامع محلی در صورت اعمال مدیریت تقاضا و به لحاظ اثرات آن بر روی سامانه‌های فاضلاب، نمره‌دهی کنید.

	رضایت از عملکرد شبکه فاضلاب	شرایط زندگی سالم و ایمن	مشارکت محلی
رضایت از عملکرد شبکه فاضلاب			
شرایط زندگی سالم و ایمن			
مشارکت محلی			

- توضیحات

*** شرایط زندگی سالم و ایمن، به تأثیر تغییرات کمیت و کیفیت فاضلاب که ناشی از اعمال مدیریت تقاضا است، بر سطح کیفیت و سلامت زندگی جوامع محلی اشاره دارد.

*** مشارکت مردمی، به میزان ارتباط مردم با مرکز اطلاع رسانی شرکت آب و فاضلاب یا همان سامانه ۱۲۲ و نیز امور مشترکین این شرکت در ارتباط با مشکلات سامانه‌های فاضلاب اشاره دارد.

۴- لطفاً با مقایسه دو به دوی معیارهای زیر، اهمیت و اثرپذیری هر معیار نسبت به معیار دیگر را در ارتباط با مصرف کننده، در صورت اعمال مدیریت تقاضا و به لحاظ اثرات آن بر روی سامانه‌های فاضلاب، نمره‌دهی کنید.

	کیفیت خروجی	هزینه	رضایت از پساب خروجی (کمیت)	مکانیزم بازخورد نظر	رضایت کلی
کیفیت خروجی					
هزینه					
رضایت از پساب خروجی (کمیت)					
مکانیزم بازخورد نظر					
رضایت کلی					

- توضیحات

*** منظور از ساز و کار (مکانیزم) بازخورد، میزان شکایت‌های سازمانی در مقابل شکایت‌های حل شده است.

*** مقصود از هزینه، هزینه‌های تحمیلی به مصرف کنندگان پساب و لجن است که ناشی از اثرگذاری مدیریت تقاضا بر کمیت و کیفیت فاضلاب و در نتیجه تغییر در سطح کمیت و کیفیت پساب و لجن خروجی از تصفیه خانه است.

با تشکر از زمانی که به پر کردن این پرسش‌نامه، اختصاص دادید.

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

H. Safarpour, M. Tabesh, S. A. Shahangian, Social Impacts Assessment of Water Demand Management Policies on Wastewater System by Using SLCA Method, Amirkabir J. Civil Eng., 53(12) (2022) 5239-5258.

DOI: 10.22060/ceej.2020.18756.6952