تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال پانزدهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸
Volume 15, No. 4, Winter 2020 (IR-WRR)
۳۲۸-۳۳۹

تحلیل نظام‌یافته نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای مربوط به استفاده مجدد در محل آب خاکستری مبتنی بر فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی؛ مطالعه موردی ایران

ابوالفضل فرزی[۱*] و جعفر مهرآبادی[۲]

چکیده

فاضلاب خانگی تولیدشده از استحمام، لباس‌شویی و سایر مصارف مشابه، آب خاکستری نامیده می‌شود. با توجه به قابلیت استفاده مجدد در محل آب خاکستری، برنامه‌ریزی راهبردی برای آینده‌ی آن به عنوان یکی از منابع آب نامتعارف، می‌تواند بخشی از مسائل مربوط به آب را پوشش دهد. در برنامه‌ریزی راهبردی محیط داخلی و محیط خارجی سیستم مورد نظر بررسی شده و عوامل داخلی مثبت (نقاط قوت) و منفی (نقاط ضعف) و نیز عوامل خارجی مثبت (فرصت‌ها) و منفی (تهدیدها) سیستم، شناسایی می‌گردد. در این مقاله نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای مربوط به استفاده مجدد در محل آب خاکستری در ایران شناسایی و با روشی نظام‌یافته با تلفیق فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) با تحلیل SWOT اولویت‌بندی گردیده‌اند. نتایج حاکی از آن است که عوامل منفی خارجی (تهدیدها) از اهمیت نسبی بالاتری برخوردار هستند و درنتیجه تأثیرگذاری بیشتری بر توسعه این سیستم در ایران خواهند داشت. با این حال با توجه به قرارگیری نقاط قوت و فرصت‌ها در مرتبه دوم و سوم اهمیت، به نظر می‌رسد چشم‌انداز آینده این سیستم در صورت اتخاذ استراتژی‌های مناسب مخصوصاً استراتژی‌هایی از نوع ST، روشن باشد. استراتژی‌هایی که با استفاده از نقاط قوت سیستم سعی در خنثی کردن اثر تهدیدهای خارجی دارند.

کلمات کلیدی: آب خاکستری، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، SWOT، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۴/۱۶
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۹/۹

۱- استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسفراین، اسفراین، ایران.
۲- استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، سبزوار، ایران.
*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان بهار ۱۳۹۹ امکانپذیر است.

Systematic Analysis of Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats of On-site Greywater Reuse in Iran Based on Fuzzy Analytical Hierarchy Process

A. Farzi [1] and J. Mehrabadi [2]*

Abstract

Domestic wastewater produced in bathing, washing clothes and other similar water use is called greywater. Greywater is far less contaminated than wastewater produced in toilets and can be reused on site with little or no treatment in non-potable applications like toilet flushing and landscaping. The On-site Greywater Reuse system has various strengths and weaknesses and, in addition, there are opportunities and threats for this system in Iran. The present research systematically identified and prioritized the strengths, weaknesses, opportunities, and threats (SWOT) of On-site Greywater Reuse in Iran by combining the SWOT analysis with the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) and referring to the experts' opinions. Results suggested that the negative external factors (threats) enjoyed higher relative importance and, consequently, would have greater influence on the development of this system in Iran. However, since the strengths and opportunities ranked second and third in importance, it seems that this system will have a clear future if the appropriate ST strategies. Strategies that use the system's strengths to try to neutralize the impact of external threats.

Keywords: Greywater, FAHP, SWOT, Iran.

Received: July 7, 2019
Accepted: November 30, 2019

1- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Esfarayen Branch, Islamic Azad University, Esfarayen, Iran. Email: farzi@iauesf.ac.ir
2- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran. j.mehrabadi@iaus.ac.ir
*- Corresponding Author

۱- مقدمه

یکی از ایده‌هایی که امروزه به طور روزافزونی مورد اقبال محققین و تصمیم‌سازان عرصه مدیریت خدمات شهری قرار گرفته است، ایده مدیریت ضایعات در مبدأ تولید است. این ایده در حوزه مدیریت مواد زائد جامد شهری، در قالب تقسیم زباله‌های تولیدی به انواع مختلف و تفکیک آن‌ها در مبدأ به منظور مدیریت بهتر بازیافت و دفع، مورد توجه قرار گرفته است. در حوزه مدیریت فاضلاب‌های شهری نیز این ایده به عنوان یک راهکار اجتناب‌ناپذیر مطرح گردیده است. مسأله مهم در این مورد این است که نقطه مطلوب در مدیریت فاضلاب تنها دفع آن نیست بلکه با توجه به حجم قابل‌ملاحظه فاضلاب تولیدی در منازل از یک طرف و افزایش تقاضاهای آب و نیاز به منابع آب جدید از طرف دیگر، فاضلاب به عنوان یک منبع آب غیرمتعارف مدنظر است.

فاضلاب‌های تولیدی در منازل را با توجه به ایده فوق‌الذکر می‌توان به دو گروه تقسیم‌بندی کرد. فاضلاب تولیدشده از مصارف خانگی مانند استحمام و لباس‌شویی، روشویی و حتی ظرف‌شویی را با نام آب خاکستری و فاضلاب تولیدشده از توالت‌ها را آب سیاه می‌نامند. در خیلی از سامانه‌های مورد استفاده در دنیا، آب خاکستری با آب سیاه ترکیب شده و توسط سیستم دفع فاضلاب شهری دفع می‌گردد؛ درحالی‌که آب خاکستری به دلیل داشتن میزان آلودگی کمتر، از کیفیت بالاتری برخوردار بوده و پتانسیل بالاتری برای استفاده مجدد دارد. اگر آب خاکستری چه در محل تولید و چه در نزدیکی آن مورد استفاده مجدد قرار گیرد. این پتانسیل وجود دارد که نیاز به منابع آبی جدید کاهش یافته و درنتیجه ضمن صرفه‌جویی در مصرف انرژی و کاهش اثرات کربن در طبیعت، دامنه گسترده‌ای از نیازهای اجتماعی و اقتصادی برآورده شود (Allen et al., 2010). مخصوصاً استفاده مجدد آب خاکستری می‌تواند به کاهش نیاز به آب آشامیدنی باکیفیت بالا که پرهزینه نیز است منجر گردد.

تحقیقات متعدد و متنوعی در ارتباط با آب خاکستری در جهان انجام شده است. با نگاهی کلی به تحقیقات مربوط به آب خاکستری می‌توان چند زمینه کلی را در آن‌ها تشخیص داد. برخی از این تحقیقات، به آب خاکستری به عنوان یک منبع جایگزین و نامتعارف آب پرداخته‌اند. این تحقیقات یا با مطالعه‌ی موردی در سطح یک خانوار یا مجتمع و یا حتی یک شهر، به بررسی‌های کمی و کیفی آب خاکستری به منظور استفاده مجدد در محل و تأثیر آن بر کاهش میزان مصرف آب شرب پرداخته‌اند (Church et al., 2015; de Gois et al., 2015) و یا شرایط محیطی و فرصت‌ها و چالش‌های موجود در راه استفاده مجدد آب خاکستری را در یک کشـــور خاص مورد بررسی قرار داده‌اند (Oron et al., 2014; Uddin et al., 2016). در همین راستا برخی از تحقیقات با توجه به اهمیت فوق‌العاده پذیرش عمومی در موفقیت استفاده مجدد آب خاکستری، به بررسی پذیرش عمومی در برخی از کشورها پرداخته‌اند (Bakare et al., 2015; Rice et al., 2016). گروه پرتعدادی از تحقیقات مربوط به آب خاکستری، به بررسی پارامترهای کیفی آب خاکستری (Dwumfour-Asare et al., 2017; Maimon et al., 2014) و روش‌های مختلف تصفیه آن از قبیل فیلتر شنی (Patil and Munavalli, 2016)، فیلتر بی‌هوازی (Alsulaili et al., 2017)، بیوراکتور غشایی (Fountoulakis et al., 2016) و غشا دولایه با پلی‌الکترولیت (Oh et al., 2016) پرداخته‌اند. تحقیقات دیگری نیز در زمینه‌ی بررسی پیامدهای زیست‌محیطی و اقتـــصـــادی استفـــاده مجدد آب خاکستری انجـــام شده است (García-Montoya et al., 2015). این مطالعات به پیامدهای مختلفی مانند اثر بر مصرف انرژی (Schaum et al., 2015)، تأثیر بر آب زیرزمینی (Staub et al., 2015)، تأثیر بر خاک (Siggins et al., 2016)، تأثیر بر عملکرد شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب (Chowdhury and Rajput, 2017; Penn et al., 2017) و تأثیر بر جریان و کیفیت فاضلاب (Marleni et al., 2015)، پرداخته‌اند.

در کنار تحقیقات بین‌المللی فوق‌الذکر، در ایران نیز تحقیقات معدودی در ارتباط با آب خاکستری انجام شده است. تصفیه آب خاکستری با صافی چکنده (Shamabadi et al., 2015)، انعقاد با نمک‌های آهن (Sarrafzadeh et al., 2017) و فیلتر شنی چندلایه (Babaei et al., 2018)، در کنار بررسی فنی و اقتصادی استفاده از آب خاکستری در ساختمان‌های بلندمرتبه ایران (Rohani and Tizghadam, 2017) و بررسی فرصت‌ها و موانع بازیافت پساب در مصارف شهری در تهران (Rezaee and Sarrafzadeh, 2017)، برخی از این تحقیقات معدود هستند. به نظر می‌رسد در زمینه برنامه‌ریزی برای آب خاکستری به عنوان یکی از منابع نامتعارف آب، تحقیقی جدی در ایران صورت نگرفته است. از این رو انجام یک تحلیل SWOT با هدف شناسایی نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای مربوط به این روش و تدوین استراتژی‌های مربوط به آن برای ترسیم آینده‌ای روشن‌تر برای استفاده مجدد آب خاکستری در ایران خالی از فایده نخواهد بود. تحلیل SWOT (نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها) یک ابزار معمول مورد استفاده برای آنالیز محیط داخلی و خارجی به منظور دستیابی به یک رویکرد نظام‌یافته برای موقعیت تصمیم‌گیری است (Kurttila et al., 2000).

گرچه تحلیل SWOT در اصل به عنوان یک ابزار برای برنامه‌ریزی استراتژیک برای سازمان‌ها مطرح شده است، ولی استفاده از آن برای

تحلیل محیط داخلی و خارجی مسائل آب و محیط زیست نیز رایج است. برخی از این مسائل شامل بازچرخانی آب (Mainali et al., 2011)، مدیریت آب زیرزمینی (Kallioras et al., 2010)، آنالیز بخش انرژی‌های تجدیدپذیر (Igliński et al., 2016) و نقش نفت ارزان در اقتصاد و تغییر اقلیم (Wang and Li, 2016) هستند. با وجود این‌که تحلیل SWOT ابزار خوبی برای تحلیل محیط داخلی و خارجی سازمان‌ها به شمار می‌رود ولی در این روش صرفاً تعدادی از عوامل در گروه‌های قوت، ضعف، فرصت و تهدید تعیین می‌شود؛ بدون این‌که به اهمیت نسبی این عوامل و گروه‌ها اشاره گردد (Kurttila et al., 2000). به‌منظور رفع این نقیصه در آنالیز SWOT، Kurttila et al. (2000) با تلفیق روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)[1] در تحلیل SWOT روشی نظام‌مند برای تعیین اهمیت عوامل ارائه کردند. AHP، یک روش ریاضی برای آنالیز مسائل پیچیده تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است و مبتنی بر انجام مقایسه‌های زوجی توسط کارشناسان است (Rezaali and Karimi, 2017). این روش در اصل توسط Saaty (1980) ارائه شده است.

بعد از Kurttila et al. (2000) که روش تلفیقی AHP-SWOT را ارائه کرده و برای مدیریت جنگل‌ها به کار گرفتند، محققان دیگر نیز از این روش برای آنالیز مسائل دیگری از قبیل مدیریت آب در مناطق خشک (Chitsaz and Azarnivand, 2017)، مدیریت زباله‌های معدنی در ایران (Shahba et al., 2017)، استقرار انرژی خورشیدی در هند (Sindhu et al., 2017)، مدیریت استراتژیک تقاضای آب کشاورزی مناطق خشک (Banihabib et al., 2017) و مدیریت ایستگاه‌های بیوگاز کشاورزی در اتریش (Brudermann et al., 2015) استفاده نمودند. روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره دیگر مانند فرایند تحلیل شبکه (ANP) (Zhao et al., 2016; Grošelj and Stirn, 2015) و روش شباهت به گزینه ایده‌آل (TOPSIS) (Ying, 2010) و روش بهترین- بدترین (BWM) (Chitsaz and Azarnivand, 2017) نیز به صورت تلفیقی برای تحلیل SWOT مسائل مختلف زیست‌محیطی استفاده شده‌اند.

در این مقاله، پس از شناسایی نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای استفاده مجدد در محل آب خاکستری در ایران، به محاسبه اولویت‌های محلی و کلی عوامل ذیل هرکدام از گروه‌های چهارگانه SWOT، پرداخته می‌شود. روش انجام کار مشابه روش ارائه شده توسط Kurttila et al. (2000) است با این تفاوت که در این تحقیق فرایند تحلیل سلسله مراتبی در شکل فازی استفاده می‌گردد. روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی به دلیل عدم قطعیت و عدم صراحت موجود در عبارت‌های کلامی مورد استفاده در این روش‌ها، ارائه شده‌اند. در این روش‌ها برخلاف روش‌های سنتی، عبارت‌های کلامی به جای جایگزینی با اعداد قطعی با اعداد فازی، جایگزین می‌شوند.

۲- مواد و روش‌ها

به عنوان اولین قدم، تحلیل استاندارد SWOT برای شناسایی نقاط قوت و ضعف (عوامل داخلی) و فرصت‌ها و تهدیدات (عوامل خارجی) استفاده مجدد در محل از آب خاکستری در ایران انجام شد. برای انجام این کار، مجموعه‌ای از عوامل برای هر یک از گروه‌های چهارگانه SWOT (شامل ۸ عامل در هر گروه) توسط نویسندگان فهرست گردید. این عوامل با توجه به شرایط کشور و با مراجعه به ادبیات مکتوب موجود در این زمینه به دست آمد. به منظور اعتبارسنجی، این عوامل برای گروهی متشکل از ۱۰ کارشناس فرستاده شدند و از آن‌ها خواسته شد تا پنج عامل مهم را از هشت عامل در هر دسته انتخاب کنند. همچنین از آن‌ها خواسته شد که اگر عامل یا عوامل دیگری وجود دارد که توسط نویسندگان مورد توجه قرار نگرفته است، آن عامل یا عوامل را ذکر کنند و آن‌ها را نیز در رتبه‌بندی خود لحاظ نمایند. عوامل با بیشترین انتخاب توسط کارشناسان، به عنوان ۵ عامل هر گروه SWOT انتخاب شدند.

کارشناسان مورد مصاحبه از بین کارشناسانی که در زمینه آب خاکستری از دانش کافی برخوردار بودند، انتخاب شدند. در انتخاب این کارشناسان تلاش شد که آن‌ها به طور مساوی از بین محققین دانشگاهی و کسانی که در صنعت آب و فاضلاب کار می‌کنند، انتخاب شوند. همچنین تلاش شد که آن‌ها از مناطق مختلف جغرافیایی انتخاب شوند تا کل ایران پوشش داده شود. با این حال تأکید بیشتر بر انتخاب افراد مقیم در حوضه کویر مرکزی ایران بود، زیرا این حوضه ۴۱ درصد از مساحت ایران را در بردارد و اکثر مناطق آن با مشکلات آب مواجه هستند.

همان‌طور که قبلاً ذکر شد، تحلیل SWOT فقط برخی از عوامل کیفی را برای برنامه‌ریز فراهم می‌کند و اهمیت نسبی این عوامل را نشان نمی‌دهد. برای اولویت‌بندی عوامل و گروه‌های SWOT از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) استفاده شد. بدین منظور ابتدا ساختار سلسله‌مراتبی مسأله مطابق آنچه در شکل ۱ نشان داده شده است، تنظیم گردید. همان‌طور که مشاهده می‌شود مسأله دارای سه سطح هدف، گروه‌ها و عوامل است. پس از تعیین ساختار سلسله‌مراتبی مسأله، مطابق روش ارائه شده توسط Kurttila et al. (2000) ابتدا باید اولویت‌های نسبی عوامل ذیل هر گروه (اولویت‌های محلی) محاسبه شود. بنابراین بر اساس مقیاس ۹ درجه‌ای ساعتی[2]،

پرسشنامه‌ای برای مقایسه زوجی عوامل SWOT با استفاده از عبارت‌های کلامی مندرج در جدول ۱ تهیه شد. در این مرحله، هر یک از متخصصان به طور جداگانه ۴۰ مقایسه زوجی انجام داد (۱۰ مقایسه برای هر گروه).

آنالیز مقایسه‌های کارشناسان با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، انجام شد. روش‌های متعددی برای فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی پیشنهاد شده است که روش گسترش‌یافته Chang (1996) بیش از همه روش‌های دیگر برای محاسبات تحلیل سلسه‌مراتبی فازی مورد استفاده قرار گرفته است. مراحل آنالیز گسترش‌یافته Chang (1996) را می‌توان به‌صورت ذیل بیان نمود:

مرحله اول: ترسیم ساختار سلسله مراتبی مسأله تصمیم
در این روش نیز مانند روش AHP، در ابتدای کار باید ساختار سلسله مراتبی مسأله مشخص و مانند شکل ۱ ترسیم گردد.

مرحله دوم: تشکیل ماتریس تصمیم (مقایسه زوجی) فازی
مانند روش AHP نظرات کارشناسان، در قالب عبارات کلامی اخذ می‌شود. عبارات کلامی همان عبارات مربوط به مقیاس ۹ درجه‌ای ساعتی است. عبارات کلامی با اعداد فازی مثلثی مندرج در جدول ۱ جایگزین شده و ماتریس مقایسه زوجی فازی مربوط به هر کارشناس به دست می‌آید. ماتریس تصمیم کلی با استفاده از میانگین‌گیری حسابی فازی نظرات کارشناسان، تعیین می‌گردد.

Table 1- Converting verbal expressions to triangular fuzzy numbers
جدول ۱- تبدیل عبارات کلامی به اعداد فازی مثلثی

Verbal expression	Fuzzy triangular number
Preferred equally	(1,1,1)
Preferred moderately	(2,3,4)
Preferred Strongly	(4,5,6)
Very Strongly Preferred	(6,7,8)
Extremely preferred	(9,9,9)

مرحله سوم: محاسبه مجموع عناصر سطرها
در روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، پس از تشکیل ماتریس تصمیم، مجموع عناصر هر سطر محاسبه می‌شود. لازم به ذکر است که در جمع اعداد فازی، درایه‌های آن اعداد نظیر به نظیر با هم جمع می‌شوند. به عبارتی چنانچه $M_{g_i}^j = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ باشد:

$$\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j = \left(\sum_{j=1}^{m} l_{ij} , \sum_{j=1}^{m} m_{ij} , \sum_{j=1}^{m} u_{ij} \right) \qquad (۱)$$

مرحله چهارم: نرمال کردن مجموع عناصر سطرها
برای نرمال کردن مجموع عناصر سطرها، از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j \right]^{-1} \qquad (۲)$$

در این رابطه عبارت $\left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j\right]^{-1}$ عکس مجموع $\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j$ها است که به ترتیب زیر محاسبه می‌شود:

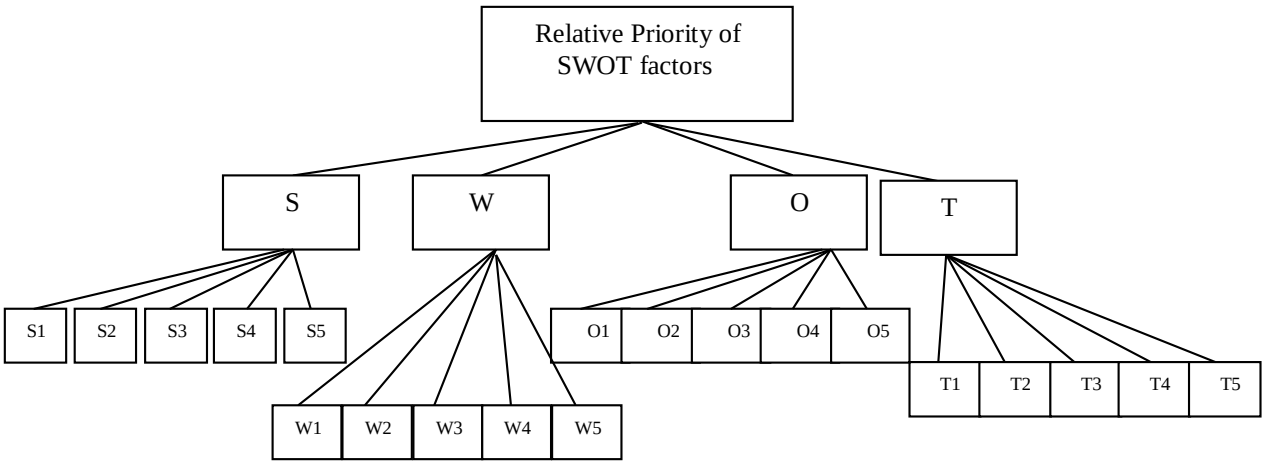

Fig. 1- Hiararchic structure of the problem
شکل ۱- ساختار سلسله‌مراتبی مسأله

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j} = \sum_{i=1}^{n}\left(\sum_{j=1}^{m} l_{ij}, \sum_{j=1}^{m} m_{ij}, \sum_{j=1}^{m} u_{ij}\right) = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i', \sum_{i=1}^{n} m_i', \sum_{i=1}^{n} u_i'\right) \quad (۳)$$

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j}\right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i'}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i'}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i'}\right)$$

مرحله پنجم: محاسبات درجه امکان‌پذیری

در این مرحله، اعداد نرمال شده مرحله قبل باید دوبه‌دو با هم مقایسه شده و احتمال بزرگ‌تر بودن هر یک از دیگری با استفاده از رابطه زیر محاسبه شود. نتیجه کار در این مرحله یک ماتریس مربعی خواهد بود که به آن ماتریس امکان‌پذیری می‌گویند.

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu(d) = \begin{cases} 1 & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0 & \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \dfrac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (۴)$$

در این رابطه، m_1 و m_2 عدد میانی، l_1 و l_2 کران پایین و u_1 و u_2 کران بالای اعداد فازی M_1 و M_2 هستند و d متناظر با بزرگ‌ترین نقطه تقاطع بین M_1 و M_2 و hgt ارتفاع می‌باشد.

مرحله ششم: محاسبه اولویت‌ها

در گام بعد باید در هر سطر ماتریس امکان‌پذیری، مقدار مینیمم محاسبه شود. سپس باید این مقادیر مینیمم، نرمال شوند. برای نرمال‌سازی، مجموع آن‌ها محاسبه شده و تک‌تک آن‌ها بر این مجموع تقسیم می‌شوند. این مقادیر نرمال شده، اولویت‌های نسبی معیارها و یا گزینه‌ها خواهند بود. قابل ذکر است که اولویت‌های به‌دست‌آمده غیر فازی می‌باشند.

پس از محاسبه اولویت‌های نسبی عوامل در هر گروه، عامل با بالاترین اولویت در هر گروه به عنوان نماینده آن گروه انتخاب می‌شود. این عوامل شاخص‌های چهار گروه SWOT بوده و باید با یکدیگر مقایسه شوند تا اهمیت نسبی گروه‌ها نیز تعیین گردد. بنابراین یک پرسشنامه جدید برای مقایسه نمایندگان گروه تهیه و برای کارشناسان ارسال شد. آن‌ها چهار گروه SWOT را در این مرحله مقایسه کردند، بنابراین ۶ مقایسه زوجی در این مرحله توسط هر کدام از کارشناسان انجام شد. در این مرحله نیز نظرات کارشناسان در قالب یک ماتریس مقایسه زوجی فازی تجمیع گردید. سپس اولویت نسبی گروه‌ها با استفاده از روش آنالیز فازی گسترده چانگ محاسبه شد. در نهایت اولویت کلی هر عامل با ضرب اولویت محلی آن عامل در اولویت گروه مربوطه محاسبه شد.

پس از محاسبه اولویت‌های نسبی عوامل و گروه‌ها، باید سازگاری مقایسه‌ها نیز کنترل شود. برای این منظور از روش Gogus and Boucher (1997) استفاده شد. در این روش ماتریس تصمیم فازی به دو ماتریس ساده تفکیک شده و محاسبات سازگاری بر روی این دو ماتریس با روشی شبیه بررسی سازگاری در روش AHP انجام می‌شود. یکی از این دو ماتریس، شامل اعداد میانی اعداد فازی ماتریس تصمیم و ماتریس دیگر میانگین هندسی کران‌های بالا و پایین اعداد فازی ماتریس تصمیم است. جزییات بیشتر روش در Gogus and Boucher (1997) قابل مطالعه است.

۳- نتایج و بحث

در ابتدا یک تحلیل SWOT استاندارد برای شناسایی عوامل داخلی و خارجی که بر آینده استفاده مجدد در محل آب خاکستری در ایران تأثیر می‌گذارد انجام شد. برای این منظور همان‌طور که در بخش قبل گفته شد، تعداد ۸ عامل در هر گروه توسط نویسندگان شناسایی و با استفاده از نظرات کارشناسان تعدیل و درنهایت برای هر گروه، پنج عامل انتخاب شد که در جدول ۲ آورده شده‌اند. کاهش تعداد عامل‌ها در هر گروه به دلیل کاهش تعداد مقایسه‌های زوجی (کاهش ۲۸ مقایسه به ۱۰ مقایسه در هر گروه)، بوده است.

این کاهش در مورد عوامل داخلی، یا به دلیل همپوشانی آن‌ها با ادغام دو عامل در یکدیگر صورت گرفته و یا به دلیل وابستگی یک عامل به عامل دیگر، عامل اصلی حفظ و عامل دیگر حذف شده است. در این راستا در گروه نقاط قوت، کاهش حجم سامانه‌های جمع‌آوری فاضلاب با کاهش حجم سامانه‌های تأمین آب، کمک به ایجاد ساختمان‌های پایدار با کمک به گسترش فضاهای سبز ادغام شده و کاهش تولید فاضلاب به دلیل وابستگی به کاهش مصرف آب حذف شده است. در گروه نقاط ضعف، اثرات نامطلوب بر خاک با اثرات نامطلوب بر آب‌های زیرزمینی، هزینه سرمایه‌ای و بهره‌برداری برای سیستم تصفیه با هزینه موردنیاز برای اصلاح سیستم لوله‌کشی، ادغام شده و نیاز به انجام تصفیه، به عنوان عاملی مستتر در عامل شماره مربوط به هزینه تصفیه حذف شده است.

در مورد عوامل خارجی، پنج عامل مهم با بیشترین انتخاب توسط کارشناسان، به عنوان عوامل ذیل گروه انتخاب شده‌اند. در این راستا در گروه فرصت‌ها، هدفمندی یارانه‌ها، جمعیت جوان و گسترش

سمن‌های محیط‌زیستی و در گروه تهدیدها، دیدگاه ابرسازه‌ای حاکم بر مدیران بخش آب، غیرواقعی بودن قیمت آب و عدم ثبات سیاست‌های دولت، به دلیل اهمیت کمتر به تشخیص کارشناسان مورد سؤال، حذف شده‌اند.

پس از شناسایی عوامل داخلی و خارجی مربوط به استفاده مجدد در محل آب خاکستری در ایران، اولویت‌بندی آن‌ها با تلفیق روش SWOT با FAHP انجام گردید. در این کار ابتدا عوامل موجود در گروه‌های چهارگانه قوت‌ها، ضعف‌ها، فرصت‌ها و تهدیدها اولویت‌بندی می‌شوند و پس از آن در هر گروه عامل با بالاترین اولویت به عنوان نماینده آن گروه برای اولویت‌بندی گروه‌ها استفاده می‌شود. بنابراین ابتدا مقایسه‌های زوجی عوامل در هر یک از گروه‌ها انجام گردید و اولویت‌های محلی هر عامل محاسبه شد. خلاصه نتایج حاصل از مقایسه‌های زوجی عوامل ذیل گروه‌های SWOT در شکل ۲ آورده شده است.

در بین نقاط قوت، کارشناسان بالاترین اولویت ($p = 0.32$) را به کاهش حجم سامانه‌های تأمین آب و جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب اختصاص داده‌اند. هرچند زیرساخت‌های مربوط به تأمین آب در اکثر قریب به اتفاق شهرها و حتی روستاهای ایران اجرا شده‌اند و از این حیث وجود این نقطه قوت تأثیری بر اقتصاد پروژه‌های صنعت آب ندارد ولی به نظر می‌رسد عدم اجرای کامل پروژه‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب، هنوز این نقطه قوت را در نظر کارشناسان برجسته نموده است.

با فاصله کمی از نقطه قوت فوق، کارشناسان کاهش مصرف آب شرب را در مرتبه دوم اهمیت ($p = 0.3$) دانسته‌اند. به نظر می‌رسد این مسأله با توجه به شرایط اقلیمی ایران و قرارگیری اکثر نقاط جمعیتی آن در مناطق مواجه با مشکل کم‌آبی حائز اهمیت است. بارش متوسط سالیانه ۲۴۰ میلی‌متر که در مقایسه با متوسط جهانی ۸۰۰ میلی‌متر، ایران را از نظر اقلیمی در شرایط خشک قرار می‌دهد. افزون بر این، اثرات گرمایش جهانی و تغییر اقلیم و خشک‌سالی‌های متعدد باعث شده است که برای تأمین آب شرب، فشار مضاعفی به ذخیره‌های آب زیرزمینی وارد گردد. بنابراین به نظر می‌رسد استفاده در محل آب خاکستری به عنوان یکی از راهکارهای کاهش مصرف آب خام و کاهش فشار به منابع آب زیرزمینی از نظر کارشناسان حائز اهمیت بوده است.

پس از دو نقطه قوت فوق‌الذکر که با توجه به نوع حکمرانی آب در ایران، بیشتر می‌تواند به عنوان نقاط قوت مرتبط با حاکمیت تلقی گردد، کاهش مصرف انرژی توسط خانوارها ($p = 0.22$) و کمک به گسترش فضاهای سبز شهری ($p = 0.16$) و تنوع روش‌های تصفیه آب خاکستری و در دسترس بودن آن‌ها ($p = 0.0$) که به نوعی مرتبط با مصرف‌کننده هستند، قرار گرفته‌اند.

Table 2- SWOT factors of on-site reuse of greywater in Iran

جدول ۲- عوامل گروه‌های SWOT برای استفاده مجدد در محل آب خاکستری در ایران

Strengths: 1. Reduction in potable water consumption (S_1) 2. Reduction in energy consumption and in household expenses (S_2) 3. Reduction in the volume of systems supplying water and collecting and treating wastewater (S_3) 4. Diversity in treatment methods of greywater and their availability (S_4) 5. Help offered for expanding urban green spaces and natural landscapes and for creation of green buildings (S_5)	**Weaknesses**: 1. Lack of diversity in possible uses (W_1) 2. Extra costs for renovation of piping systems and for the required treatment(W_2) 3. Secondary negative environmental effects such as soil and groundwater contamination (W_3) 4. The possibility of causing contamination and diseases (W_4) 5. Reduction in expenses caused by this system is not visible (W_5)
Opportunities: 1. The attention paid by the government to greywater use in the Sixth Development Plan (O_1) 2. Expansion of urban green spaces is welcomed by the municipalities (O_2) 3. Difficulty of supplying irrigation water for urban green spaces in most cities (O_3) 4. Positive attitude of people toward participation in environmental protection (O_4) 5. Climate change and its effects on water resources in Iran and elsewhere (O_5)	**Threats**: 1. Non-acceptance by people due to possible negative effects and violation of religious decrees (T_1) 2. Lack of sufficient knowledge in people concerning the advantages of greywater reuse (T_2) 3. Conflict of interests and interference in the affairs of the related organizations (T_3) 4. The available infrastructure (T_4) 5. Lack of financial incentives (T_5)

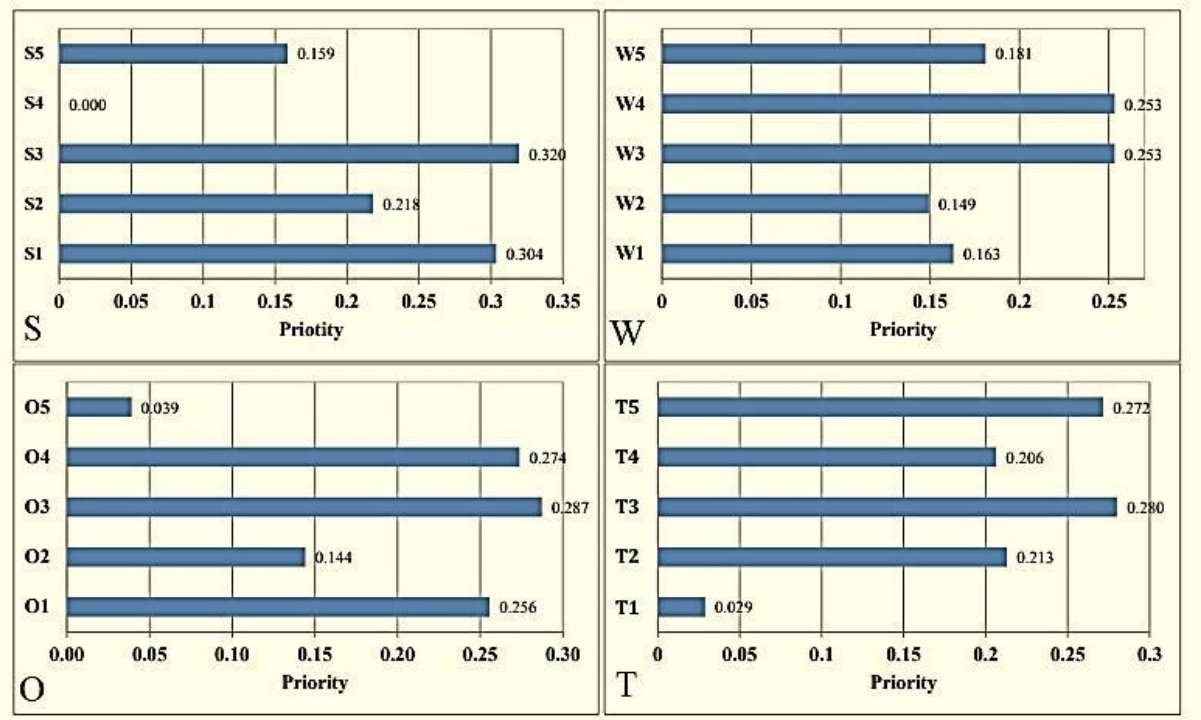

Fig. 2- Local priorities of the SWOT factors

شکل ۲- اولویت‌های محلی عوامل SWOT

با توجه به وابسته بودن بحث مصرف انرژی خانوار به عواملی نظیر نوع تأسیسات و استفاده از پمپاژ و تصفیه، این مسأله را شاید هنوز به قطعیت نتوان به عنوان یک عامل قوت صددرصدی لحاظ کرد چرا که گاهی اثر مثبت آن بر کاهش مصرف انرژی در همه موارد اثبات‌شده نیست. هرچند تنوع روش‌های تصفیه و در دسترس بودن آن‌ها امکان استفاده‌های بیشتری از آب خاکستری را فراهم می‌سازد ولی افزایش سطح تصفیه به‌منزله‌ی افزایش مصرف انرژی و درنتیجه افزایش هزینه‌های خانوار است و در مقایسه با تأمین آب از منابع خام، هنوز توجیه اقتصادی و فنی ندارد و به نظر می‌رسد به این دلیل حائز کمترین اهمیت در گروه قوت‌ها شده است.

با نگاهی به نقاط ضعف استفاده مجدد در محل آب خاکستری در ایران می‌توان دو دسته ملاحظات بهداشتی و زیست‌محیطی و نیز ملاحظات اقتصادی را در این گروه از هم تفکیک کرد که به نظر می‌رسد از نظر کارشناسان، عوامل بهداشتی و زیست‌محیطی از اهمیت و اولویت بالاتری نسبت به عوامل اقتصادی در تعیین استراتژی‌های توسعه برخوردار هستند. به طوری که امکان ایجاد آلودگی و بیماری ($p = 0.25$) و اثرات ثانویه منفی زیست‌محیطی ($p = 0.25$)، اولویت‌های اول را در این گروه به خود اختصاص داده‌اند و پس از این دو عامل زیست‌محیطی، سه عامل مرتبط با اقتصاد با اهمیت تقریباً یکسان قرار می‌گیرند که عبارت‌اند از: عدم مشهود بود کاهش هزینه‌ها ($p = 0.18$) و عدم تنوع استفاده‌های ممکن ($p = 0.16$) و هزینه‌های اضافی برای اصلاح لوله‌کشی و تصفیه‌های لازم ($p = 0.15$).

در بین فرصت‌های موجود در ارتباط با استفاده در محل آب خاکستری در ایران، به نظر کارشناسان، وجود معضل تأمین آب آبیاری فضای سبز شهری در اکثر شهرهای ایران، حائز بالاترین اولویت در این گروه است ($p = 0.29$). با توجه به این‌که استفاده آب خاکستری عمدتاً برای مصارفی از قبیل آبیاری فضاهای سبز است، وجود نیاز به آبیاری فضاهای سبز درواقع به عنوان کلید انگیزش برای توسعه این سیستم و استفاده از این منبع قابل‌دسترس است و از این رو به نظر می‌رسد که نظر کارشناسان مقرون به واقعیت باشد. پس از این عامل، رتبه دوم متعلق به دیدگاه مثبت مردم نسبت به مشارکت در حفظ محیط زیست ($p = 0.27$) است که مربوط به پذیرش عمومی و مردمی است. رتبه سوم از آن توجه دولت به استفاده از آب خاکستری در برنامه ششم توسعه ($p = 0.26$) است و رتبه چهارم به استقبال شهرداری‌ها از گسترش فضاهای سبز در شهرها ($p = 0.14$) تعلق دارد که یکی از آن‌ها مربوط به عزم دولت بر وضع قانون برای توسعه این سیستم و دیگری در ارتباط با مأموریت بخشی از نهادهای حاکمیتی (شهرداری‌ها) و بیانگر هماهنگ بودن این سیستم با این مأموریت است. نکته جالب این است که از نظر کارشناسان، عامل مردمی بر عوامل دولتی ارجحیت دارد. درنهایت، عامل مربوط به تغییر اقلیم و

اثرات آن، از نظر کارشناسان در آخرین مرتبه این گروه قرار گرفته است ($p = 0.04$).

در گروه تهدیدها، تعارض منافع و تداخل کاری سازمان‌های مرتبط از نظر کارشناسان به عنوان بالاترین تهدید شناسایی شده است ($p = 0.28$). واقعیت این است که در ارتباط با استفاده مجدد در محل آب خاکستری سازمان‌های مختلفی مانند شرکت آب و فاضلاب و شهرداری‌ها درگیر هستند. توسعه این سیستم حداقل نیازمند هماهنگی این دو سازمان با یکدیگر و با مردم است. دیدگاه سنتی حاکم در مدیریت آب و عدم درک لزوم روی‌آوری به روش‌های نرم در مدیریت آب و منتفع شدن یک طرف و متضرر بودن ظاهری طرف دیگر می‌تواند این تعارض و تضاد منافع را ایجاد کرده باشد. پس از این عامل مدیریتی مربوط به حاکمیت، عامل حاکمیتی دیگر نیز با عنوان نبود مشوق‌های مالی ($p = 0.27$) از نظر کارشناسان حائز رتبه دوم در گروه و رتبه دوم کل شده است. درواقع اجرای این سیستم به دلیل نقش اصلی مردم در انجام و موفقیت آن، بدون مشوق‌های مالی از قبیل وام و یا بخشودگی‌های آب‌بها و یا عوارض ساختمانی قابل انجام نخواهد بود. پس از این عامل، دو عامل با اولویت تقریباً یکسان در این گروه رخ می‌نمایند که اولی مربوط به عامل مردمی است و دومی به زیرساخت‌ها مرتبط است. در کنار مشوق‌های مالی (به عنوان عامل انگیزش اقتصادی)، وجود دانش عمومی نسبت به این سیستم و یا هر سیستم دیگر در موفقیت آن تأثیر بسزایی دارد. از این رو عدم وجود دانش عمومی کافی در مورد استفاده مجدد در محل، از نظر کارشناسان حائز رتبه سوم در این گروه گردیده است ($p = 0.213$). زیرساخت‌های موجود مانند شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب نیز به سبب آن‌که ممکن است در اثر استفاده مجدد در محل، با کمبود دبی و درنتیجه مشکلاتی در بهره‌برداری مانند عدم خودشویی مواجه شوند، از نظر کارشناسان اهمیت پیدا کرده‌اند ($p = 0.206$). پایین‌ترین اولویت این گروه نیز مربوط به عدم پذیرش مردم با توجه به اثرات منفی احتمالی و احتمال مغایرت با احکام مذهبی است ($p = 0.03$). خصوصاً با توجه به نگرش‌های مذهبی موجود، موضوع احتمال مغایرت با احکام مذهبی می‌تواند اثر قابل‌توجهی بر عدم موفقیت این سیستم داشته باشد که مستلزم تبیین صحیح احکام مربوطه از طرف علمای دینی است.

به طور خلاصه، از شکل ۲ مشخص است که در گروه قوت‌ها عامل S_3 یعنی «کاهش حجم سامانه‌های تأمین آب و جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب»، در گروه ضعف‌ها دو عامل W_3 و W_4 یعنی «اثرات ثانویه منفی زیست‌محیطی» و «امکان ایجاد آلودگی و بیماری»، در گروه فرصت‌ها عامل O_3 یعنی «وجود معضل تأمین آب آبیاری فضاهای سبز شهری در اکثر شهرها» و در گروه تهدیدها عامل T_3 یعنی «تعارض و تداخل کاری سازمان‌های مرتبط» دارای بالاترین اولویت محلی بوده و بنابراین به عنوان نماینده هر گروه برای انجام مقایسات زوجی توسط کارشناسان و اولویت‌بندی گروه‌ها استفاده شده‌اند.

از دیدگاه کارشناسان مورد پرسش در این تحقیق، گروه تهدیدها از بالاترین اولویت ($p = 0.582$) برخوردار بوده و پس از آن‌ها به ترتیب نقـــاط قـــوت ($p = 0.295$)، فرصت‌ها ($p = 0.097$) و نقاط ضعف ($p = 0.026$)، از اولویت‌های بعدی برخوردار بودند (شکل ۳). به عبارتی عوامل منفی خارجی یعنی تهدیدها، از بالاترین وزن و اهمیت برخوردار بوده و پس از آن عوامل مثبت داخلی یعنی نقاط قوت سیستم در رتبه دوم قرار گرفته‌اند.

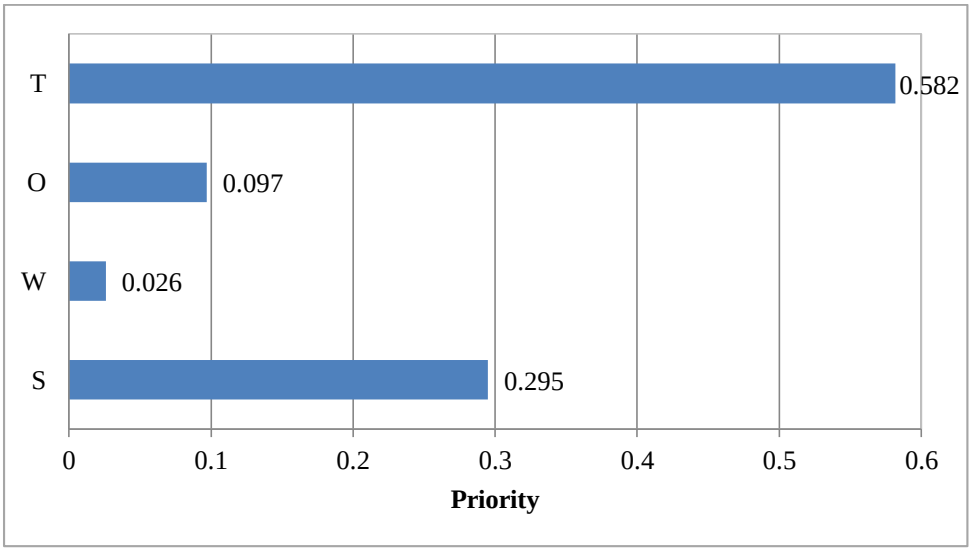

Fig. 3- The priorities of the SWOT categories

شکل ۳- اولویت‌های نسبی گروه‌های SWOT

در کنار محاسبه اولویت‌های نسبی عوامل و گروه‌ها، سازگاری مقایسه‌ها نیز با استفاده از روش Gogus and Boucher (1997) کنترل شد. نتایج حاکی از آن بود که در گروه نقاط قوت (C.R = 0.093)، در گروه نقاط ضعف (C.R = 0.068)، در گروه فرصت‌ها (C.R = 0.098)، در گروه تهدیدها (C.R = 0.085) و در مقایسه گروه‌ها با یکدیگر (C.R = 0.077) بودند. بنابراین در همه ۵ ماتریس مقایسه زوجی، ضریب سازگاری کمتر از 0.1 بوده و نتایج از سازگاری برخوردارند.

در ادامه، اولویت‌های کلی عوامل SWOT، با ضرب اولویت‌های محلی آن‌ها در وزن گروه مربوطه به دست آمد. این اولویت‌ها در شکل ۴ نشان داده شده‌اند. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، عوامل ذیل گروه تهدیدها، حائز بالاترین اولویت‌ها از نظر کارشناسان شده‌اند، به طوری که ۴ عامل اول لیست مربوط به این گروه بوده است. با این وجود، هرچند عوامل منفی بیرونی اثرگذاری بیشتری بر سیستم دارند ولی این سیستم دارای نقاط قوت مهمی نیز است که حائز رتبه‌های ۵ تا ۸ در بین کل عوامل SWOT شده‌اند. سه رتبه بعد به عوامل گروه فرصت‌ها اختصاص یافته و رتبه‌های ۱۲ و ۱۳ به ترتیب یک تهدید و یک فرصت هستند. عوامل مربوط به نقاط ضعف از نظر کارشناسان حائز کمترین اهمیت در بین گروه‌های چهارگانه بوده‌اند به طوری که این عوامل از رتبه ۱۴ به بعد قرار گرفته و ۵ عامل از ۷ عامل انتهایی لیست، مربوط به این گروه است.

با توجه به این‌که در مقایسه کلی عوامل SWOT، عوامل مربوط به گروه تهدیدها و گروه نقاط قوت، از اولویت نسبی بالاتری برخوردار بوده‌اند، به نظر می‌رسد در وهله اول، استراتژی‌های قابل اتخاذ برای این سیستم باید از نوع ST باشند. استراتژی‌هایی که با استفاده از نقاط قوت سیستم سعی در خنثی کردن اثر تهدیدهای خارجی دارند. توسعه آموزش‌های عمومی مرتبط با بهره‌وری آب و استفاده مجدد در محل آب خاکستری با استفاده از توان سازمان‌های آموزش رسمی مانند آموزش و پرورش و دانشگاه‌ها، توسعه سازمان‌های مردم‌نهاد مرتبط با این حوزه، حمایت مالی از استفاده مجدد در محل آب خاکستری و هماهنگی بین سازمانی با دخالت سازمان‌های فرادستی و یا وضع قوانین شفاف، می‌توانند برخی از این استراتژی‌ها باشند.

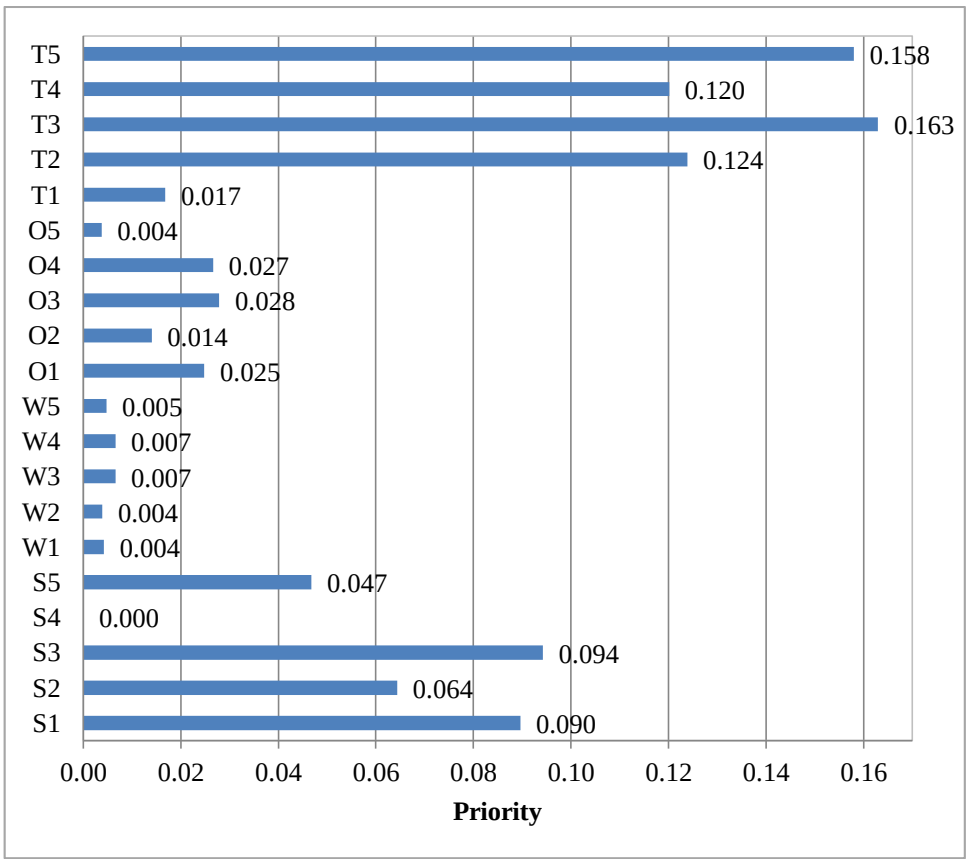

Fig. 4- Global priorities of the SWOT factors

شکل ۴- اولویت‌های کلی عوامل SWOT

در گام بعد با توجه به اولویت قابل‌قبول فرصت‌ها، استفاده از استراتژی‌های SO نیز قابل اتخاذ خواهد بود. استراتژی‌هایی که با استفاده از نقاط قوت سیستم سعی در بهره‌گیری از فرصت‌های خارجی در جهت توسعه سیستم دارند. الزام به استفاده مجدد در محل آب خاکستری در آیین‌نامه‌های ساختمانی، بازطراحی شبکه‌های موجود و طراحی شبکه‌های آب و فاضلاب جدید با لحاظ استفاده مجدد در محل آب خاکستری و الزام به آبیاری بخشی از فضای سبز شهری با این روش، می‌توانند برخی از این نوع استراتژی‌ها باشند.

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق عوامل داخلی و خارجی مربوط به استفاده مجدد در محل آب خاکستری در ایران شناسایی شد. با استفاده از نظرات کارشناسان و با تلفیق تحلیل SWOT با تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، این عوامل اولویت‌بندی گردیدند. نتایج حاصل از این تحلیل حاکی از آن است که عوامل منفی خارجی (تهدیدها) از اهمیت نسبی بالاتری برخوردار بوده و درنتیجه تأثیرگذاری بیشتری بر توسعه این سیستم در ایران خواهند داشت. این اولویت بالاتر بدین معنی است که تهدیدهای جدی در پیش روی توسعه این سیستم در ایران وجود دارد که از آن میان عواملی مانند تعارضات بین سازمان‌های دخیل، نبود مشوق‌های مالی و دانش عمومی ناکافی از اهمیت بیشتری برخوردار هستند.

علیرغم وجود و اولویت بالای تهدیدهای فوق‌الذکر، با توجه به قرارگیری گروه نقاط قوت در مرتبه دوم اهمیت در بین گروه‌های چهارگانه SWOT، به نظر می‌رسد جذابیت‌ها و نقاط قوت قابل‌ملاحظه‌ای مانند کاهش مصرف آب و کاهش حجم پروژه‌های زیرساختی مربوط به آب در کنار فرصت‌هایی مانند وجود معضل تأمین آب خصوصاً آب آبیاری فضاهای سبز شهری و دیدگاه مثبت مردم نسبت به مشارکت در حفظ محیط زیست، می‌تواند چشم‌انداز آینده این سیستم را در صورت اتخاذ استراتژی‌های مناسب، روشن نماید. این مسئله خصوصاً با توجه به قرارگیری نقاط ضعف سیستم در پایین‌ترین مرتبه اولویت، حائز اهمیت است.

با توجه مطالب فوق به نظر می‌رسد برای توسعه استفاده مجدد در محل آب خاکستری در ایران، در وهله نخست باید استراتژی‌هایی از نوع ST اتخاذ گردند. استراتژی‌هایی که با استفاده از نقاط قوت سیستم سعی در خنثی کردن اثر تهدیدهای خارجی دارند. آموزش و فرهنگ‌سازی عمومی در این زمینه، رفع تعارضات بین سازمان‌های دخیل، توسعه سازمان‌های مردم‌نهاد مرتبط و مشوق‌های مالی می‌توانند به عنوان اصلی‌ترین استراتژی‌ها برای توسعه این سیستم در آینده اتخاذ گشته و موجبات کاهش فشار به منابع آب خام در کشور کم آب ایران را فراهم آورند.

پی‌نوشت‌ها

1. Analytic Hirarchy Process (AHP)
2. Saaty's 9-Degree Scale

۵- مراجع

Allen L, Christian-Smith J, and Palaniappan M (2010) Overview of greywater reuse: the potential of greywater systems to aid sustainable water management. Pacific Institute, Oakland, CA, 40p

Alsulaili AD, Hamoda MF, Al-Jarallah R, and Alrukaibi D (2017) Treatment and potential reuse of greywater from schools: a pilot study. Water Science and Technology 75(9):2119-2129

Babaei F, Ehrampoush MH, Ghaneian MT, Fallahzadeh H, Talebi P, and Ebrahimi A (2018) Removing nutrients and organic compounds in gray water using multi-layer sand filter. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences 27:166-178 (In Persian)

Banihabib M, Shabestari M, and Hosseinzadeh M (2017) Hybrid model for strategic management of agricultural water demand in arid regions. Iran-Water Resources Research 12(4):60-69 (In Persian)

Bakare B, Mtsweni S, and Rathilal S (2015) A pilot study into public attitudes and perceptions towards greywater reuse in a low cost housing development in Durban, South Africa. Journal of Water Reuse and Desalination 6(2):345-354

Brudermann T, Mitterhuber C, and Posch A (2015) Agricultural biogas plants–A systematic analysis of strengths, weaknesses, opportunities and threats. Energy Policy 76:107-111

Chang DY (1996) Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. European Journal of Operational Research 95(3):649-655

Chitsaz N and Azarnivand A (2017) Water scarcity management in arid regions based on an extended multiple criteria technique. Water Resources Management 31(1):233-250

Chowdhury R and Rajput M (2017) Will greywater reuse really affect the sewer flow? Experience of a residential complex in Al Ain, UAE. Water Science and Technology: Water Supply 17(1):246-258

Church J, Verbyla ME, Lee WH, Randall AA, Amundsen TJ, and Zastrow DJ (2015) Dishwashing water recycling system and related water quality

SWOT analysis. Resources, Conservation and Recycling 56(1):87-91

Marleni N, Gray S, Sharma A, Burn S, and Muttil N (2015) Impact of water management practice scenarios on wastewater flow and contaminant concentration. Journal of Environmental Management 151:461-471

Oh K, Poh P, Chong M, Chan E, Lau E, and Saint C (2016) Bathroom greywater recycling using polyelectrolyte-complex bilayer membrane: Advanced study of membrane structure and treatment efficiency. Carbohydrate Polymers 148:161-170

Oron G, Adel M, Agmon V, Friedler E, Halperin R, Leshem E, and Weinberg D (2014) Greywater use in Israel and worldwide: standards and prospects. Water Research 58:92-101

Patil Y and Munavalli G (2016) Performance evaluation of an integrated on-site greywater treatment system in a tropical region. Ecological Engineering 95:492-500

Penn R, Schütze M, Alex J, and Friedler E (2017) Impacts of onsite greywater reuse on wastewater systems. Water Science and Technology 75(8):1862-1872

Rezaali M, Karimi A (2019) Decentralized wastewater treatment plants site selection of Qom Province by using fuzzy logic and AHP. Iran-Water Resources Research 15(1):76-91(In Persian)

Rezaee M, Sarrafzadeh M (2017) Challenges and opportunities for wastewater reuse in municipal consumptions: a case study in Tehran metropolis. Iran-Water Resources Research 12(4):36-49 (In Persian)

Rice J, Wutich A, White DD, and Westerhoff P (2016) Comparing actual de facto wastewater reuse and its public acceptability: A three city case study. Sustainable Cities and Society 27:467-474

Rohani Farahmand A and Tizghadam Ghazani M (2017) Economic and technical investigation of grey water reuse in high-rise buildings in Iran. Journal of Water and Wastewater 28:13-22 (In Persian)

Saaty TL (1980) The Analytic Hierarchy Process. McGrawHill, New York, 324p

Sarrafzadeh M, Shirouei N, and Tavakoli O (2017) Investigating and proposing a proper treatment system for washing machine wastewater. Journal of Water and Wastewater Science and Engineering 2:14-23 (In Persian)

Schaum C, Lensch D, and Cornel P (2015) Water reuse and reclamation: a contribution to energy efficiency standards for military use. Science of The Total Environment 529:275-284

de Gois EH, Rios CA, and Costanzi RN (2015) Evaluation of water conservation and reuse: a case study of a shopping mall in southern Brazil. Journal of Cleaner Production 96:263-271

Dwumfour-Asare B, Adantey P, Nyarko KB, and Appiah-Effah E (2017) Greywater characterization and handling practices among urban households in Ghana: the case of three communities in Kumasi Metropolis. Water Science and Technology 76(4):813-822

Fountoulakis M, Markakis N, Petousi I, and Manios T (2016) Single house on-site grey water treatment using a submerged membrane bioreactor for toilet flushing. Science of the Total Environment 551:706-711

García-Montoya M, Bocanegra-Martínez A, Nápoles-Rivera F, Serna-González M, Ponce-Ortega JM, and El-Halwagi MM (2015) Simultaneous design of water reusing and rainwater harvesting systems in a residential complex. Computers & Chemical Engineering 76:104-116

Grošelj P and Stirn LZ (2015) The environmental management problem of Pohorje, Slovenia: A new group approach within ANP–SWOT framework. Journal of Environmental Management 161:106-112

Gogus O and Boucher TO (1997) A consistency test for rational weights in multi-criterion decision analysis with fuzzy pairwise comparisons. Fuzzy Sets and Systems 86(2):129-138

Igliński B, Piechota G, Iglińska A, Cichosz M, and Buczkowski R (2016) The study on the SWOT analysis of renewable energy sector on the example of the Pomorskie Voivodeship (Poland). Clean Technologies and Environmental Policy 18(1):45-61

Kallioras A, Pliakas F, Diamantis I, and Kallergis G (2010) SWOT analysis in groundwater resources management of coastal aquifers: a case study from Greece. Water International 35(4):425-441

Kurttila M, Pesonen M, Kangas J, and Kajanus M (2000) Utilizing the analytic hierarchy process (AHP) in SWOT analysis-a hybrid method and its application to a forest-certification case. Forest Policy and Economics 1(1):41-52

Maimon A, Friedler E, and Gross A (2014) Parameters affecting greywater quality and its safety for reuse. Science of the Total Environment 487:20-25

Mainali B, Ngo HH, Guo W, Pham TTN, and Johnston A (2011) Feasibility assessment of recycled water use for washing machines in Australia through

recharge with reclaimed water: Life-cycle assessment of hybrid concepts for non-potable reuse. Journal of Water Reuse and Desalination 5(2):142-148

Uddin SMN, Li Z, Ulbrich T, Mang HP, Adamowski JF, and Ryndin R. (2016) Household greywater treatment in water-stressed regions in cold climates using an 'Ice-Block Unit': Perspective from the coldest capital in the world. Journal of Cleaner Production 133:1312-1317

Wang Q and Li R (2016) Impact of cheaper oil on economic system and climate change: A SWOT analysis. Renewable and Sustainable Energy Reviews 54:925-931

Ying Y (2010) SWOT-TOPSIS integration method for strategic decision, In: Proc. of International Conference on E-Business and E-Government (ICEE 2010), 7-9 May, IEEE, China, 1575-1578

Zhao SY, Yang S, Liang C, and Gu D (2016) Where is the way for rare earth industry of China: An analysis via ANP-SWOT approach. Resources Policy 49:349-357

in the water cycle. Journal of Water Reuse and Desalination 5(2):83-94

Shahba S, Arjmandi R, Monavari M, and Ghodusi J (2017) Application of multi-attribute decision-making methods in SWOT analysis of mine waste management (Case study: Sirjan's Golgohar iron mine, Iran). Resources Policy 51:67-76

Shamabadi N, Bakhtiari H, Kochakian N, and Farahani M (2015) The investigation and designing of an onsite grey water treatment systems at Hazrat-e-Masoumeh University, Qom, IRAN. Energy Procedia 74:1337-1346

Siggins A, Burton V, Ross C, Lowe H, and Horswell J (2016) Effects of long-term greywater disposal on soil: A case study. Science of the Total Environment 557:627-635

Sindhu S, Nehra V, and Luthra S (2017) Solar energy deployment for sustainable future of India: Hybrid SWOC-AHP analysis. Renewable and Sustainable Energy Reviews 72:1138-1151

Staub M, Thouement H, Remy C, Miehe U, Grützmacher G, Roche P, Soyeux E, and David B (2015) Aquifer