مدیریت آب و آبیاری
دوره ۱۱ ■ شماره ٤ ■ زمستان ۱٤۰۰
صفحه‌های ۹۲۱-۹۰۵
DOI: 10.22059/jwim.2022.333909.942

مقاله پژوهشی:

تحلیل محیطی نظام‌مند آبخوان دشت اسفراین با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی باکلی

ابوالفضل فرزی[۱*]، آبتین بوستانی[۲]، رضا مقصودی[۳]
۱. استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد اسفراین، دانشگاه آزاد اسلامی، اسفراین، اسفراین، ایران.
۲. استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، مجتمع آموزش عالی فنی و مهندسی اسفراین، اسفراین، ایران.
۳. استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی مکانیک و عمران، مجتمع آموزش عالی فنی و مهندسی اسفراین، اسفراین، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۸/۲۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۲۲

چکیده
مصارف روزافزون آب در کنار اقلیم خشک ایران، باعث فشار روزافزون بر منابع آب زیرزمینی گشته و توجه به برنامه‌ریزی استراتژیک منابع آب را ضروری ساخته است. در این پژوهش، فرایند برنامه‌ریزی استراتژیک آبخوان دشت اسفراین که یکی از دشت‌های حوضه کویر مرکزی ایران است، مطالعه شده است. برای این منظور یک تحلیل SWOT برای دشت مذکور انجام شد و نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای آن شناسایی شد. این عوامل، با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی باکلی، به شیوه نظام مند، تحلیل شد و براساس این تحلیل، نوع استراتژی‌های اولویت‌دار پیشنهاد شد. در تحلیل SWOT، برای هر یک از گروه‌های نقاط قوت و نقاط ضعف، پنج عامل و برای گروه‌های فرصت‌ها و تهدیدها، هفت عامل شناسایی شد. نتایج تحلیل نظام‌مند عوامل SWOT نشان داد که سهم دو گروه فرصت‌ها و نقاط ضعف در عوامل دارای اولویت بالاتر، بیش‌تر از دو گروه نقاط قوت و تهدیدها بوده است، به‌طوری‌که سهم گروه فرصت‌ها، نقاط ضعف، تهدیدها و نقاط قوت در نیمه اول فهرست عوامل، به‌ترتیب ۷۱، ٦۰، ٤۳ و ۲۰ درصد عوامل این گروه‌ها بوده است. بنابراین پیشنهاد می‌شود که در گزینش استراتژی‌های مناسب برای آینده آب‌های زیرزمینی دشت اسفراین، باید اولویت با استراتژی‌های WO باشد. استراتژی‌هایی که با استفاده از فرصت‌های موجود در محیط بیرونی، سعی در بهبود و رفع نقاط ضعف درون سیستم دارند.

کلیدواژه‌ها: برنامه‌ریزی راهبردی، تحلیل SWOT، رویکرد ترکیبی SWOT-FAHP، مدیریت آب‌های زیرزمینی.

Systematic analysis of the Environment of Esfarayen plain aquifer using Buckley Fuzzy AHP

Abolfazl Farzi[1*], Abtin Boostani[2], Reza Maghsoodi[3]
1. Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Esfarayen Branch, Islamic Azad University, Esfarayen, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Esfarayen University of Technology, Esfarayen, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Esfarayen University of Technology, Esfarayen, Iran.
Received: November, 13, 2021 Accepted: January, 12, 2022

Abstract
Increasing water consumption along with the arid climate of Iran, has caused increasing pressure on groundwater resources and has made attention to strategic planning of water resources as a necessity. In this research, the strategic planning process of Esfarayen plain aquifer, which is one of the plains of the central desert basin of Iran, has been studied. For this purpose, a SWOT analysis was performed for the plain and its strengths, weaknesses, opportunities and threats were identified. These factors were systematically analyzed using Buckley Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) and based on this analysis, the prior type of strategies were proposed. In SWOT analysis, five factors were identified for each group of strengths and weaknesses and seven factors were identified for each group of opportunities and threats. The results of systematic analysis of SWOT factors showed that the share of two groups of opportunities and weaknesses in higher priority factors was more than the two groups of strengths and threats, so that the share of opportunities, weaknesses, threats and strengths in the first half of the list of factors was 71, 60, 43 and 20 percent of the factors in these groups, respectively. Therefore, it is suggested that in selecting appropriate strategies for the future of groundwater in Esfarayen plain, priority should be given to WO strategies. Strategies that try to improve and eliminate weaknesses within the system by using the opportunities available in the external environment.

Keywords: Groundwater management, Strategic planning, SWOT analysis, SWOT-FAHP combined approach.

* نویسنده مسئول
Email: farzi@iauesf.ac.ir

مقدمه

کشور ایران به لحاظ اقلیمی در منطقه خشک و نیمه خشک قرار گرفته و با بارش سالانه، درحدود یک سوم متوسط جهانی، وضعیت مناسبی از نظر میزان دریافت نزولات جوی ندارد، ضمن این‌که این میزان دریافت نیز به لحاظ زمانی و مکانی، تناسب نداشته و بسیاری از مناطق کشور همواره با مشکل کم‌آبی مواجه هستند. این وضعیت اقلیمی نامناسب در کنار افزایش جمعیت و افزایش سرانه مصرف آب، لزوم پرداختن به مدیریت بهینه منابع آب، برای سازگاری با وضعیت اقلیمی موجود را نشان می‌دهد (Alizadeh, 2015). این مسأله وقتی بیش‌تر اهمیت پیدا می‌کند که بدانیم با توجه به کمبود رودخانه-های دائمی و منابع آب‌های سطحی، مهم‌ترین منبع تأمین آب برای کشاورزی، صنعت و آشامیدنی در اکثر مناطق کشور، آب‌های زیرزمینی هستند. بنابراین مدیریت صحیح آب‌های زیرزمینی به‌دلیل امکان جبران کمی و کیفی به مراتب کم‌تر آن‌ها از منابع آب سطحی، از اهمیت بیش‌تری در مقایسه با آب‌های سطحی برخوردار است (Hojjati & Boustani, 2010).

در مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب، به‌ویژه منابع آب زیرزمینی، نگاه کوتاه‌مدت می‌تواند خسارت‌های جبران‌ناپذیری به این منابع بزند و به پایداری آب در دشت‌های کشور ضربه وارد کند. از این‌رو نگاه به آینده و چشم‌انداز دور، در مدیریت آب‌های زیرزمینی، یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر است (Omranian Khorasani *et al.*2014). یکی از راه‌کارهایی که از گذشته در مورد سازمان‌ها و سیستم‌های مختلف جهت برنامه‌ریزی و نگاه به آینده رایج بوده، برنامه‌ریزی استراتژیک (راهبردی) است. یکی از ابزارهایی که در برنامه‌ریزی استراتژیک مورداستفاده قرار می‌گیرد، تکنیک SWOT[1] است که طی آن عوامل داخلی (نقاط قوت و نقاط ضعف) و عوامل خارجی (فرصت‌ها و تهدیدها) تأثیرگذار بر آینده سیستم مورد آنالیز قرار گرفته و با ملاحظه این عوامل به تدوین استراتژی‌های پیش‌روی آن سیستم پرداخته می‌شود (Kurttila *et al*., 2000).

استفاده از تکنیک SWOT برای مسائل مرتبط با مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب، توسط پژوهش‌گران مختلفی مورد توجه بوده و پژوهش‌های متعددی در این زمینه انجام شده است. Praveena & Aris (2009) تحلیل SWOT را برای مدیریت آب‌های زیرزمینی ۵۵ جزیره در نقاط مختلف جهان به کار بردند. Kallioras *et al.* (2010) از روش SWOT برای مدیریت منابع آب زیرزمینی آبخوان ساحلی شمال یونان که معمولاً در معرض نفوذ آب دریا قرار دارد، استفاده کردند. Podimata & Yannopoulos (2013) به تجزیه و تحلیل همه ذی‌نفعان درگیر در مدیریت حوضه رودخانه Alfeios در یونان جنوبی با استفاده از روش SWOT پرداختند. Nagara *et al.* (2015) راه‌حل‌های مختلف برای رفع کمبود آب در بسیاری از مناطق آسیا و آفریقا با استفاده از روش SWOT بررسی کردند. Rachid *et al.* (2021) به بررسی خطرات نفوذ آب دریا به سفره‌های آب زیرزمینی با محرک‌های طبیعی و انسانی در ۲۶ سفره ساحلی مدیترانه ی شرقی با استفاده از روش SWOT پرداختند. هم‌چنین Hob eVatan*et al.* (2020) به شناسایی، بررسی و تحلیل نقاط قوت و ضعف و فرصت‌ها و تهدیدهای فراروی شورای عالی آب و ارائه پنج راهبرد اصلی برای بهبود عملکرد با استفاده از روش SWOT پرداختند.

با وجود این‌که تحلیل SWOT ابزاری مناسب برای تحلیل محیطی سازمان‌ها و سیستم‌ها است. با این‌حال، جنبه کیفی و بیان صرف تعدادی از عوامل در گروه‌های چهارگانه SWOT، بدون بیان اهمیت نسبی آن‌ها، به‌عنوان ضعف این روش تلقی می‌شود. به‌عبارتی در این روش، به

همه عوامل، یکسان نگریسته می‌شود. در حالی که ممکن است برخی از عوامل نسبت به عوامل دیگر دارای ارجحیت و اولویت بیش‌تری بوده و بنابراین باید سهم بیش‌تری در تدوین استراتژی‌های سیستم داشته باشند (Kurttila *et al*., 2000). برای پوشش دادن این ضعف در روش تحلیل SWOTبرخی از پژوهش‌گران از تحلیل SWOT کمی استفاده نموده‌اند. به‌عنوان نمونه Mohammadi & Banihabib (2020) با استفاده از این روش، به تدوین مدل مدیریت راهبردی تبادل آب مجازی محصولات کشاورزی و دامی ایران پرداخته‌اند و اولویت را استراتژی‌های تهاجمی (SO)، معرفی کرده‌اند. Chande & Mayo (2019) این روش را برای بررسی حفاظت و مدیریت کیفیت آب‌های زیرزمینی برای آبخوان شهری منطقه لوزاکا در زامبیا به‌کار برده‌اند و استراتژی‌های ST را برای منطقه موردنظر دارای اولویت شناسایی نموده‌اند. هم‌چنین با این روش، ارزیابی نقاط ضعف و قوت آبخوان دشت ابرکوه توسط Pourfallah *et al.* (2019) و انتخاب راهبرد مناسب تخصیص آب زیرزمینی دشت همدان–بهار توسط Asadabadi *et al.* (2020) مورد مطالعه قرار گرفته است که در هر دو پژوهش و برای این دو منطقه، اولویت با استراتژی‌های WT به‌دست آمده است.

در کنار روش SWOT کمی، برخی پژوهش‌گران، روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره را برای تعیین اهمیت نسبی عوامل و گروه‌های SWOT به کار برده‌اند. ارائه‌ی روشی نظام‌مند برای تعیین اهمیت عوامل SWOT با تلفیق روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[2] در تحلیل SWOT و کاربرد آن در مدیریت جنگل‌ها یکی از اولین کارها در این زمینه بود (Kurttila *et al*., 2000). این روش تلفیقی، توسط پژوهش‌گران دیگر برای آنالیز مسائل مختلف و ازجمله تحلیل محیط داخلی و خارجی مسائل مرتبط با مدیریت منابع آب به کار برده شده است. ارزیابی زمینه‌های نهادی و سیاسی کنونی دولت در زمینه آب در بنگلادش (Chan *et al*., 2016)، تدوین یک برنامه استراتژیک برای مدیریت منابع آب برای منطقه Dili Municipality در Timor-Leste، با استفاده از روش SWOT-AHP (Takeleb *et al*., 2020)، تجزیه و تحلیل مدیریت پایدار حوضه رودخانه هورناد در اسلواکی (Bakalár *et al*., 2021)، ارائه راه‌کار جهت کم‌آبی در استان یزد (Chitsaz & Azarnivand, 2017)، برخی از این پژوهش‌ها هستند. در کنار روش AHP، برخی از پژوهش‌گران روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره دیگر را نیز برای این منظور به‌کار برده‌اند. Banihabib *et al.* (2017) از روش SWOT برای توسعه استراتژی‌های مقابله با کمبود آب برای توسعه پایدار در حوضه‌ی شاهرود استفاده کرده و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره AHP، SAW[3] و ELECTRE III[4] را برای رتبه‌بندی آن‌ها استفاده کرده‌اند. هم‌چنین Azarnivand *et al.* (2015) روش تحلیل SWOT کمی QSPM[5] را در ترکیب با روش‌های TOPSIS[6] و Shannon Entropi برای تصمیم‌گیری و تجزیه و تحلیل معیارهای متعدد برنامه‌ریزی حوضه آبخیز به‌کار گرفته‌اند.

هرچند استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در تحلیل SWOT گام مهمی در راستای پوشش‌دادن ضعف اساسی این روش بود، اما به‌دلیل استفاده از نظرات کارشناسان برای رتبه‌بندی عوامل و ماهیت غیرقطعی عبارت‌های کلامی مورداستفاده توسط آن‌ها، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، شرایط واقعی‌تری را فراهم نموده و عدم قطعیت و صراحت موجود در نظرات کارشناسی را بهتر مدل‌سازی می‌کند. تلفیق روش SWOT با روش تحلیل سلسله مراتبی فازی نیز در برخی از پژوهش‌های مرتبط با مدیریت منابع آب مورداستفاده قرار گرفته است. Azarnivand & Banihabib (2017) با استفاده از روش SWOT و ترکیب باFAHP[7] به بررسی مدیریت آب و محیط زیست حوضه دریاچه ارومیه پرداخته‌اند. Farzi & Mehrabadi (2019) با استفاده از روش تلفیقی SWOT-

FAHP به تحلیل نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای استفاده مجدد در محل آب خاکستری در ایران پرداخته‌اند. Gholizadeh *et al.* (2021)، با استفاده از این روش به تحلیل محیطی استفاده از آب شیرین‌کن‌های خورشیدی در ایران پرداخته‌اند.

با توجه به پژوهش‌های اشاره‌شده، به‌نظر می‌رسد استفاده از روش تحلیل SWOT در تلفیق با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، به‌عنوان یک راه‌کار جدید در رفع کاستی تحلیل SWOT کلاسیک، در برنامه‌ریزی استراتژیک منابع آب در نقاط مختلف دنیا، مورد توجه پژوهش‌گران قرار گرفته است، با این‌حال استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، کم‌تر صورت گرفته است. بر این اساس در این مقاله، یک تحلیل نظام‌مند، با رویکرد تلفیقی تحلیل FAHP–SWOT مورداستفاده قرار گرفته است. روش FAHP دارای چند زیرروش است که اغلب پژوهش‌گران، روش آنالیز فازی Chang (1996) را مورداستفاده قرار داده‌اند. به‌دلیل این که در آنالیز فازی Chang (1996)، اولویت برخی از عوامل، ممکن است صفر به‌دست آید، در این مقاله از آنالیز بهبودیافته باکلی استفاده شده است. رویکرد تلفیقی ذکرشده، در این مقاله، برای تحلیل محیطی آب‌های زیرزمینی دشت اسفراین مورد استفاده قرار گرفته است. دشت اسفراین، واقع در استان خراسان شمالی، یکی از دشت‌های حوضه کویر مرکزی ایران است که هرچند برخی پژوهش‌ها از قبیل بررسی هجوم آب شور (Mohammadi & Karami, 2013) در مورد آن و یا بررسی تأثیرات مثبت انسان در تغییرات سطح آب زیرزمینی (Maghami Moghim *et al.*, 2020)، در مورد دشت صفی‌آباد در مجاورت آن صورت گرفته، اما تحلیل محیطی به‌منظور برنامه‌ریزی استراتژیک آب‌های زیرزمینی، در مورد این دشت و نظام فیزیکی و مدیریتی آن، صورت نگرفته است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش یک تحلیل SWOT نظام‌مند برای آبخوان دشت اسفراین با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (آنالیز فازی بهبودیافته باکلی) انجام شده است. به‌طورکلی محدوده مطالعاتی اسفراین یکی از زیرحوضه‌های حوضه آبریز کویر مرکزی می‌باشد که در جنب استان خراسان شمالی واقع شده است (شکل ۱). محدوده مطالعاتی مذکور دارای ۷٤٦ حلقه چاه عمیق و نیمه‌عمیق، ۷۵ رشته قنات و ۳۰٦ دهنه چشمه است. به لحاظ مصارف آب استحصالی توسط چاه‌ها در بخش‌های گوناگون، حدود ۹۰ درصد از بهره‌برداری در بخش کشاورزی و مابقی مصارف به‌طورعمده برای مصارف شرب استفاده می‌شود. سهم سایر بخش‌ها از جمله صنعت در الگوی مصرف آب کم می‌باشد. بررسی هیدروگراف واحد دشت اسفراین نشان می‌دهد که سطح آب زیرزمینی در این دشت سیر نزولی دارد و حجم کسری مخزن در طول ۲۳ سال برابر ۹۷۲,۷۷ میلیون مترمکعب بوده و متوسط کسری مخزن در هر سال در حدود ٤۲,۲۹ میلیون مترمکعب است. با توجه به کسری بالای مخزن آبخوان اسفراین، در حال حاضر توسعه بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی آن، ممنوعه اعلام شده است (Ministry of Energy, 2017). دشت‌های بحرانی در نقشه شکل (۱) با رنگ قرمز نمایش داده شده است.

Figure 1. The location of Esfarayen plain in North Khorasan, Iran (Ministry of Energy, 2017)

فرایند و گام‌های انجام پژوهش حاضر، در شکل (۲) به نمایش گذاشته شده است. همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، به‌عنوان گام نخست پژوهش، یک تحلیل استاندارد SWOT برای آبخوان دشت اسفراین انجام شد. تحلیل SWOT (نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها) یک ابزار معمول مورداستفاده برای آنالیز محیط داخلی و خارجی سازمان‌ها است که در مورد نظام‌های طبیعی نیز به‌کار می‌رود. این ماتریس ابزار مهمی برای مقایسه اطلاعات است. با مقایسه اطلاعات می توان چهار نوع استراتژی را ارایه نمود؛ استراتژی‌های SO، WO، ST و WT. در اجرای استراتژی‌های SO سازمان می‌کوشد با استفاده از نقاط قوت داخلی، از فرصت‌های خارجی بهره‌برداری نماید. هدف استرتژی‌های WO این است که سازمان با بهره‌برداری از فرصت‌های موجود در محیط خارج بکوشد نقاط ضعف داخلی را بهبود بخشد. در اجرای استراتژی‌های ST با استفاده از نقاط قوت، اثرات ناشی از تهدیدات را در محیط خارج کاهش یا آن‌ها را از بین می‌برند. هم‌چنین در مورد استراتژی‌های WT، هدف این است که تصمیماتی اتخاذ شود که در برابر تهدیدهای شناسایی‌شده، ضعف‌های سازمان به حداقل ممکن برسد (Kurttila *et al.*, 2000).

برای انجام تحلیل SWOT آبخوان دشت اسفراین، مجموعه‌ای از عوامل برای هر یک از گروه‌های چهارگانه SWOT، براساس مطالعه ادبیات موضوع مرتبط و نیز مصاحبه با کارشناسان خبره تهیه و فهرست شد. سپس این عوامل، توسط گروهی متشکل از ۱۰ کارشناس اعتبارسنجی شدند. کارشناسان موردمصاحبه از بین متخصصان آکادمیک و بخش صنعت که در زمینه مدیریت آب‌های زیرزمینی، دانش و تجربه کافی داشته و در منطقه مورد مطالعه مشغول به فعالیت بوده‌اند، انتخاب شدند. جمعیت متخصصان مورد استفاده در نظرسنجی به تفکیک سطح تحصیلات، میزان سابقه و تجربه و سمت و جایگاه شغلی، در شکل (۳–a, b, c) نمایش داده شده‌اند.

پس از تعیین ساختار سلسله مراتبی مسأله، پرسش‌نامه اول برای مقایسه زوجی عوامل داخل گروه‌های چهارگانه SWOT تهیه و در اختیار متخصصین قرار داده شد. متخصصان مقایسه‌های زوجی را با استفاده از عبارت‌های کلامی مندرج در جدول (۱) انجام دادند. با جایگزینی عبارت‌های کلامی با معادل‌های عددی فازی جدول مذکور و استفاده از آنالیز فازی بهبودیافته باکلی، اولویت‌های نسبی محلی عوامل SWOT محاسبه شد. پس از محاسبه اولویت‌های محلی عوامل در هر گروه، عامل با بالاترین اولویت محلی در هر گروه به‌عنوان نماینده آن گروه جهت انجام مقایسه‌های زوجی گروه‌ها انتخاب شد. بنابراین یک پرسشنامه جدید برای مقایسه نمایندگان گروه تهیه و برای کارشناسان ارسال شد. در این مرحله نیز با استفاده از آنالیز فازی بهبودیافته باکلی، اولویت نسبی گروه‌ها محاسبه شد. در نهایت اولویت کلی هر عامل با ضرب اولویت محلی آن عامل در اولویت گروه مربوطه محاسبه شد.

مطابق شکل (۲) گام‌های بعدی پژوهش به استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (آنالیز بهبودیافته باکلی)، برای تعیین اولویت‌های محلی و کلی عوامل SWOT اختصاص یافته است. در واقع در این پژوهش، تحلیل SWOT در قالب یک مسأله تصمیم‌گیری چندمعیاره در نظر گرفته شده است. ساختار سلسله مراتبی این مسأله در شکل (٤) آورده شده است. همان‌طورکه در این شکل مشاهده می‌شود، برخلاف مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره معمولی، در این مسأله

سطح گزینه‌ها وجود نداشته و مسأله شامل سه سطح هدف، گروه‌ها و عوامل است.

همان‌طور که گفته شد، در این پژوهش، از آنالیز بهبود یافته باکلی برای رتبه‌بندی عوامل و گروه‌ها استفاده شده است. آنالیز بهبود یافته باکلی یکی از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی فازی است که توسط Buckley (1985) ارائه شده است. هرچند اعداد فازی مورداستفاده توسط Buckley (1985)، از نوع اعداد فازی ذوزنقه‌ای بود، با این حال روش ارائه شده توسط او با اعداد فازی مثلثی نیز قابل اجراست. اعداد فازی مثلثی به شکل $M = (l, m, u)$ نمایش داده می‌شوند، که پارامترهای l، m و u به‌ترتیب نشان‌گر کران پایین، عدد میانی و کران بالای عدد فازی هستند. مراحل روش آنالیز بهبودیافته باکلی برای اولویت‌بندی عوامل SWOT در این پژوهش، به‌صورت زیر خلاصه شده‌اند.

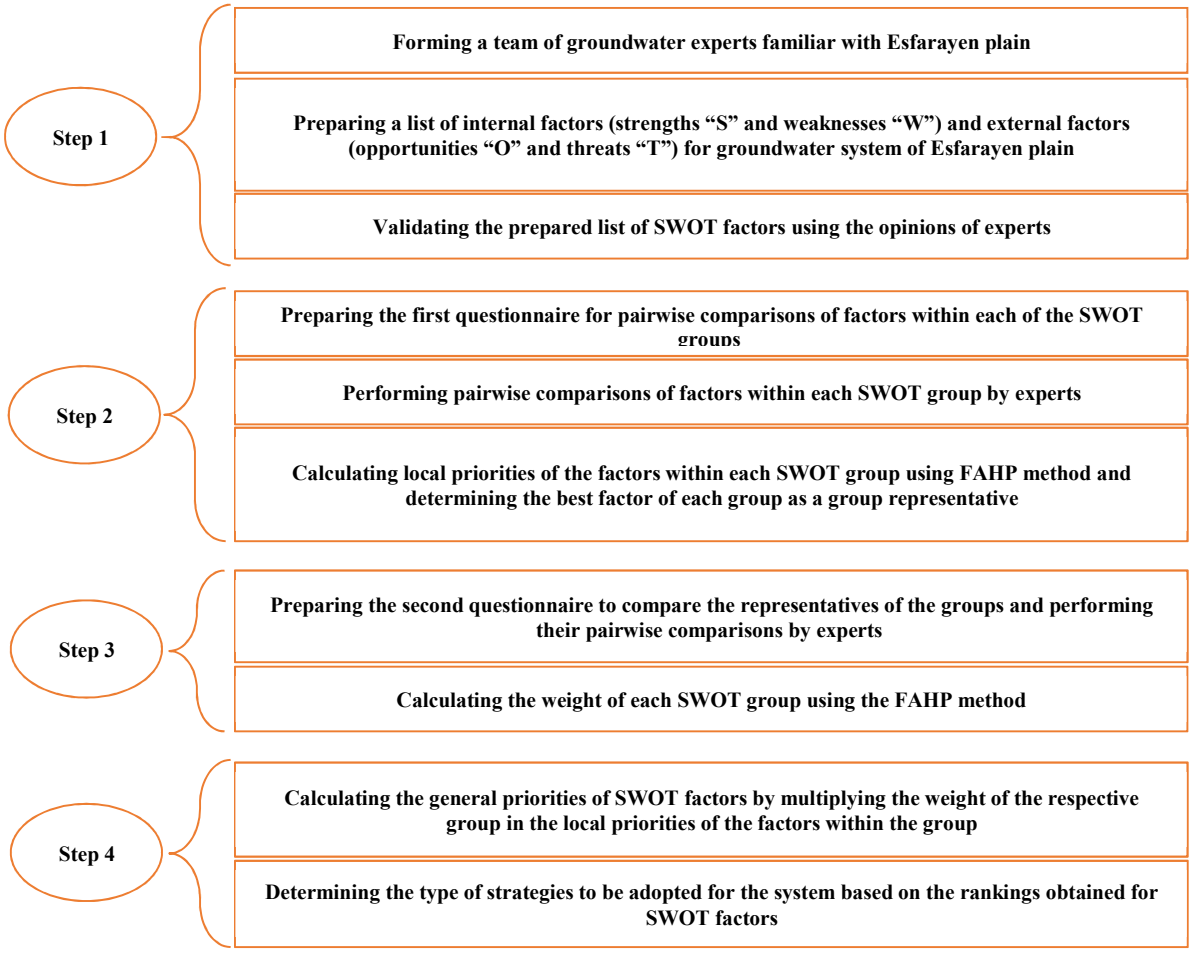

Figure 2. The research model process

Table 1. Convertion of verbal phrases to Triangular Fuzzy Numbers (TFNs)

Verbal phrase	Equivalent triangular fuzzy number
Same preference	(1,1,1)
A little preferred	(2,3,4)
Very preferred	(4,5,6)
Very much preferred	(6,7,8)
Absolutely preferred	(9,9,9)

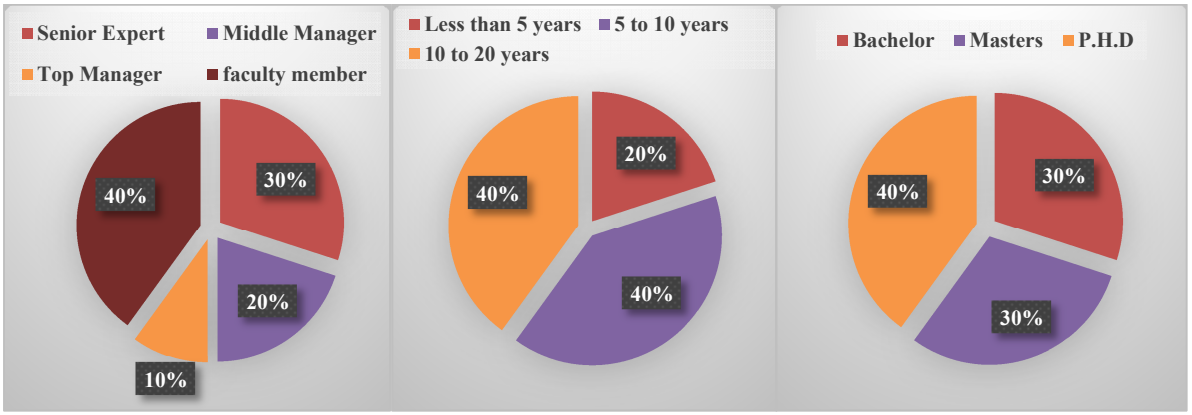

Figure 3. The Survey population by a) education level; b) level of experience; c) job position

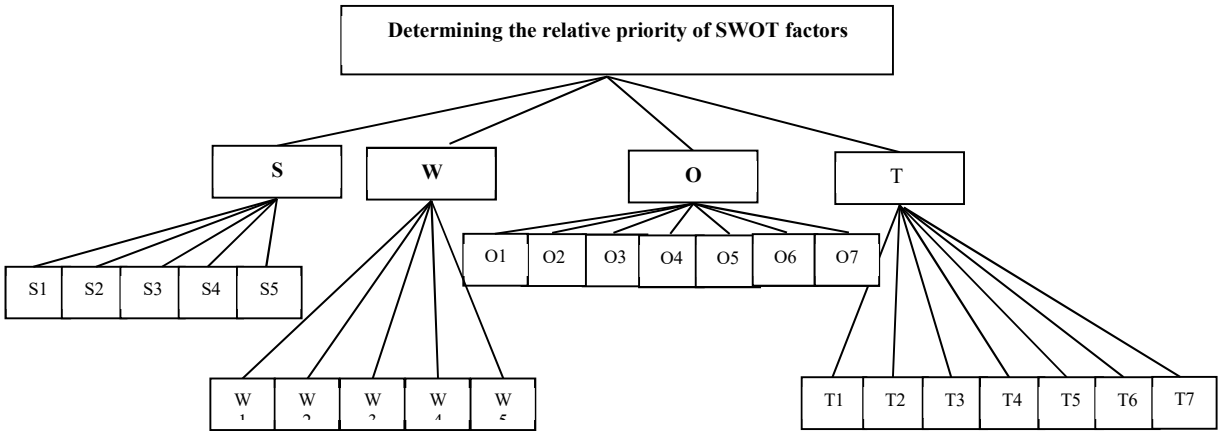

Figure 4. Hierarchical structure of the problem

مرحله اول: بررسی سازگاری مقایسه‌ها

در این روش پس از انجام مقایسه‌های زوجی توسط کارشناسان، ماتریس مقایسه زوجی مربوط به هر کارشناس، از حیث سازگاری، بررسی می‌شود. برای این منظور از روش Gogus & 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.

مرحله دوم: تجمیع ماتریس‌های مقایسه زوجی کارشناسان و تشکیل ماتریس تصمیم

اگر ماتریس $\tilde{A}_k$ ماتریس مقایسه زوجی فازی مربوط کارشناس kام باشد و درایه‌های آن را $\tilde{a}_{ij}^k$ بنامیم که i و j شاخص سطر و ستون ماتریس و k شاخص کارشناس باشد، ماتریس تجمیع‌شده $\tilde{A}$ را می توان به‌صورت زیر محاسبه کرد:

$$\tilde{a}_{ij} = \sqrt[m]{\prod_{k=1}^{m} \tilde{a}_{ij}^k} \qquad (۱)$$

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \cdots & \tilde{a}_{nn} \end{bmatrix} \qquad (۲)$$

به‌عبارتی درایه‌های ماتریس تجمیع‌شده، میانگین هندسی درایه‌های نظیر در ماتریس‌های مربوط به کارشناسان است.

در روابط فوق، m تعداد کارشناسان و n تعداد معیارهای یا گزینه‌های موردمقایسه است. برای محاسبه میانگین هندسی اعداد فازی می‌توان به‌ترتیب زیر عمل نمود:

$$\tilde{a}_{ij} = (\sqrt[m]{\prod_{k=1}^{m} l_{ij}^{k}} \cdot \sqrt[m]{\prod_{k=1}^{m} m_{ij}^{k}} \cdot \sqrt[m]{\prod_{k=1}^{m} u_{ij}^{k}}) \qquad (۳)$$

مرحله سوم: محاسبه میانگین هندسی سطرها

نتایج مقایسه‌های زوجی هر عامل با عوامل دیگر که همان درایه‌های روی سطرهای ماتریس تصمیم هستند را با استفاده از میانگین هندسی با یکدیگر ترکیب نموده تا بردار میانگین‌های هندسی $\tilde{S}$ محاسبه شود؛ بنابراین:

$$\tilde{s}_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^{n} \tilde{a}_{ij}} \qquad (٤)$$

مرحله چهارم: نرمال‌کردن بردار میانگین‌های هندسی

برای نرمال کردن بردار میانگین‌های هندسی، هر یک از درایه‌های این بردار بر مجموع درایه‌های آن تقسیم می‌شود. بنابراین اگر $\tilde{w}_i$ درایه بردار نرمال باشد، داریم:

$$\tilde{w}_i = \tilde{s}_i \oslash \sum_{i=1}^{n} \tilde{s}_i \qquad (۵)$$

یعنی اگر $\tilde{s}_i = (l_i, m_i, u_i)$ باشد؛

$$\tilde{w}_i = \left(\frac{l_i}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{m_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{u_i}{\sum_{i=1}^{n} l_i}\right) \qquad (٦)$$

مرحله پنجم: غیرفازی‌کردن بردار نرمال وزن

اگر وزن فازی i ام را $\tilde{w}_i = (l_i', m_i', u_i')$ در نظر بگیریم، آنگاه با استفاده از رابطه (۷)، وزن مذکور غیرفازی می‌شود:

$$w_i = \frac{l_i' + 4m_i' + u_i'}{6} \qquad (۷)$$

w_iهای به‌دست‌آمده، وزن‌های غیرفازی‌شده هستند که ممکن است در فرایند غیرفازی‌شدن، نرمال‌بودن خود را از دست داده باشند، بنابراین این وزن‌های غیرفازی نرمال‌شده و به‌عنوان وزن‌های نهایی، مورداستفاده قرار می‌گیرند.

نتایج و بحث

در این بخش یافته‌های پژوهش، شامل نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای مربوط به آب‌های زیرزمینی دشت اسفراین با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (آنالیز فازی بهبودیافته باکلی) ارائه شده است. برای این منظور همان‌طور که در بخش قبل گفته شد، تعدادی از عوامل در هر گروه توسط نویسندگان شناسایی و با استفاده از نظرات کارشناسان تعدیل شد و در نهایت برای هر یک از گروه‌های نقاط قوت و نقاط ضعف، پنج عامل و برای گروه‌های فرصت‌ها و تهدیدها، هفت عامل شناسایی شد که در جدول (۲) آورده شده‌اند.

پس از انجام تحلیل SWOT و تعیین عوامل ذیل هر یک از گروه‌های نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها، برای رتبه‌بندی از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی استفاده شد. در این بخش، ابتدا نتیجه مقایسه عامل‌ها و سپس مقایسه گروه‌ها آورده شده است.

اولین گروه از گروه‌های چهارگانه SWOT گروه S یا نقاط قوت است. عامل‌های ذیل این گروه توسط کارشناسان، با استفاده از متغیرهای کلامی مقایسه شدند و مطابق با مراحل روش آنالیز فازی باکلی، اولویت‌های محلی این عوامل محاسبه گردید. مقادیر اولویت‌های محلی محاسبه‌شده برای عوامل این گروه، در شکل (۵) آورده شده است. همان‌طورکه در این شکل مشاهده می‌شود، عامل S۲ یعنی «وجود منابع تغذیه‌ای خوب» از بالاترین اولویت برخوردار بوده (p=۰/۵۰۵)، پس از آن عامل S۱ یعنی «نصب سیستم‌های هوشمند» (p=۰/۲۰۳)، عامل S۵ یعنی «وجود چشمه‌ها و قنات‌ها» (p=۰/۱۷)، عامل S۳ یعنی «اعمال جریمه برای اضافه برداشت» (p=۰/۰۷۸) و عامل S٤ یعنی «ساماندهی وکاهش چاه‌های غیر مجاز» (p=۰/۰۵) به‌ترتیب در رتبه‌های دوم تا پنجم قرار گرفته‌اند.

Table 2. Factors of SWOT groups for using in the groundwater planning of Esfarayen plain

Strengths- S	Weaknesses- W
1) Installation of smart systems (smart meters) on all wells in the study area (S1)	1) Critically forbidden plain (water loss more than rainfall) in this area; 90 cm water loss every year (W1)
2) Existence of good nutrition sources (Rouin, Bidvaz and Sarband rivers) (S2)	2) Existence of uncontrolled and irregular withdrawal of 40 million cubic meters (W2)
3) Imposition of fines for irregular withdrawals (S3)	3) High percentage of water consumption in agriculture (88%) (W3)
4) Organizing and reducing illegal wells (S4)	4) Existence of salt water canal in the south of the plain (W4)
5) Existence of numerous springs and aqueducts (S5)	5) Existence of old and traditional systems in irrigation (W5)
Opportunities- O	**Threats- T**
1) Reuse of municipal wastewater (O1)	1) Lack of coordination of Agricultural Jihad Organization (as the custodian of the agricultural sector) with 80% of water consumption (T1)
2) Growing public and government awareness of the water crisis and attention to water efficiency (O2)	2) Contradiction of water and agriculture policies (T2)
3) Familiarity of people with groundwater cut-off and management system in agriculture (O3)	3) Lack of serious determination in updating the water and cultivation pattern national document (T3)
4) Coordination of the electricity organization and, the military and security institutions with the water organization (O4)	4) Dependence of rural economy on agriculture (T4)
5) Existence of local university centers and training of water specialists (O5)	5) Symptoms of water-related social tensions (T5)
6) Formation of NGOs in the field of water and environment (O6)	6) Applying political views on water and wastewater (T6)
7) Growing industry in the city (O7)	7) Drought and Climate Changes (T7)

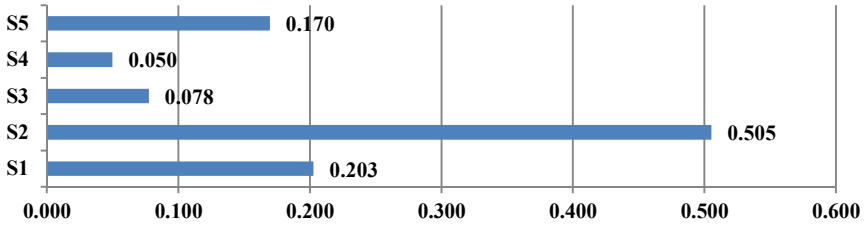

Figure 5. Local priorities of strengths' factors

گروه دوم از گروه‌های چهارگانه SWOT گروه W یا نقاط ضعف است. همانند گروه قبل، اولویت‌های محلی عوامل این گروه نیز محاسبه شد. نتایج اولویت‌های محلی حاصل برای عوامل این گروه در شکل (٦) آورده شده است. همان‌طورکه در این شکل مشاهده می‌شود، عامل W۳ یعنی «درصد بالای مصرف آب در کشاورزی» از بالاترین اولویت برخوردار بوده (p=۰/۵۸۵)، پس از آن عوامل W۲ یعنی «وجود اضافه برداشت» (p=۰/۱۶۳)، W۱ یعنی «ممنوعه بحرانی‌بودن دشت» (p=۰/۱۳٤)، W٤ یعنی «وجود کال شور در جنوب دشت» (p=۰/۰۸٤) و W۵ یعنی «وجود سیستم-های قدیمی و سنتی آبیاری» (p=۰/۰٤٦) به‌ترتیب در رتبه-های دوم تا پنجم قرار گرفته‌اند.

سومین گروه از گروه‌های چهارگانه SWOT گروه O یا فرصت‌ها است. مقادیر اولویت‌های محلی محاسبه‌شده برای عوامل این گروه، در شکل (۷) آورده شده است. همان‌طورکه در این شکل مشاهده می‌شود، عامل O۲ یعنی «رشد آگاهی مردم و دولت در ارتباط با بحران آب» از بالاترین اولویت برخوردار بوده (p=۰/۲۰۷)، پس از آن عامل O۳ یعنی «آشنایی مردم با سیستم قطع و مدیریت آب زیرزمینی در کشاورزی» (p=۰/۱۹۳)، عامل O۵ یعنی «وجود مراکز دانشگاهی محلی و تربیت متخصصین در حوزه آب» (p=۰/۱۷۰)، عامل O۷ یعنی «رشد روز افزون بخش صنعت در شهرستان» (p=۰/۱۳۹) و عامل O٦ یعنی «شکل‌گیری سمن‌ها در بخش آب و محیط زیست»

(p=۰/۱۳۸)، عامل O٤ یعنی «هماهنگی شرکت برق و نهادهای نظامی و امنیتی» (p=۰/۰۸۵) و عامل O۱ یعنی «امکان استفاده مجدد از فاضلاب شهری» (p=۰/۰۷۸)، به‌ترتیب در رتبه‌های دوم تا هفتم قرار گرفته‌اند.

آخرین گروه از گروه‌های چهارگانه SWOT گروه T یا گروه تهدیدها است. مقادیر اولویت‌های محلی محاسبه شده برای عوامل این گروه، در شکل (۸) آورده شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، عامل T۳ یعنی «عدم وجود عزم جدی در بروزرسانی سند ملی آب و الگوی کشت» از بالاترین اولویت برخوردار بوده (p=۰/۲٤۳)، پس از آن عامل T۲ یعنی «تناقض سیاست‌های بخش آب و کشاورزی» (p=۰/۲۱۲)، عامل T٦ یعنی «اعمال نظرهای سیاسی در زمینه آب و پساب» (p=۰/۱۷۲)، عامل T٤ یعنی «وابستگی اقتصاد روستایی به کشاورزی» (p=۰/۱۳۰) و عامل T۷ یعنی «خشک‌سالی و تغییر اقلیم» (p=۰/۱۰۱)، عامل T۵ یعنی «بروز نشانه‌هایی از تنش‌های اجتماعی مرتبط با آب» (p=۰/۰۷۹) و عامل T۱ یعنی «عدم هماهنگی جهاد کشاورزی به‌عنوان متولی بخش کشاورزی با ۸۰ درصد مصرف آب» (p=۰/۰۷۵) به‌ترتیب در رتبه‌های دوم تا هفتم قرار گرفته‌اند.

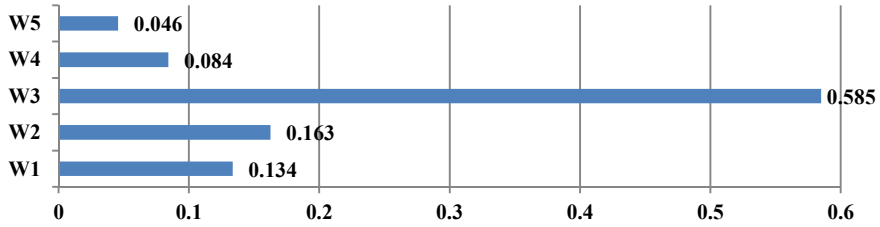

Figure 6. Local priorities of weaknesses' factors

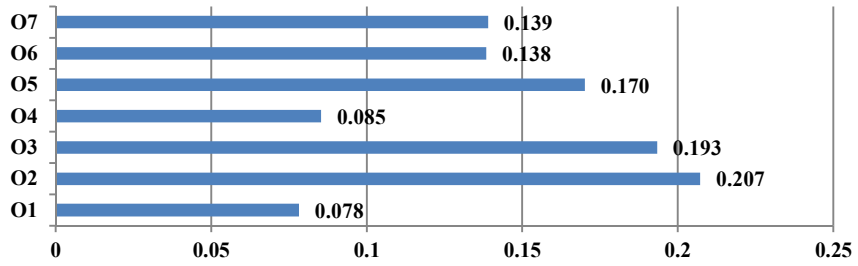

Figure 7. Local priorities of opportunities' factors

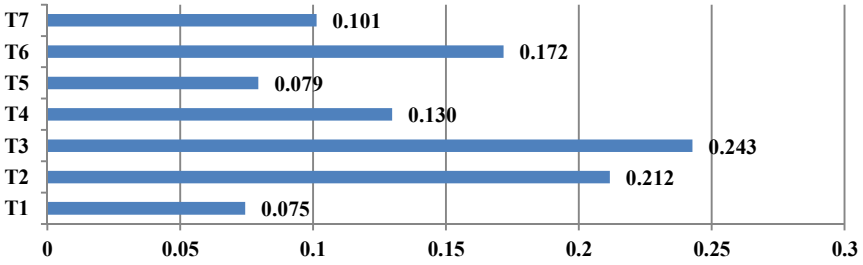

Figure 8. Local priorities of threats' factors

در روش تحلیل SWOT-FAHP پس از تحلیل عوامل ذیل هر گروه، عامل با بالاترین اولویت محلی، به‌عنوان نماینده آن گروه برای مقایسه گروه‌ها انتخاب می‌شود. نتایج نهایی حاصل از مقایسه این نماینده‌ها، به‌عنوان وزن گروه در نظر گرفته می‌شود. عوامل با بالاترین اولویت محلی به شرح مندرج در جدول (۳) به‌دست آمده‌اند.

این عوامل به‌عنوان نماینده‌های گروه‌های چهارگانه، توسط کارشناسان با یکدیگر مقایسه شدند و نظیر محاسبه اولویت‌های محلی در هر گروه، در اینجا نیز با استفاده از روش آنالیز فازی باکلی، وزن هر یک از گروه‌ها محاسبه شد. نتایج حاصل از محاسبه وزن‌های گروه‌ها در شکل (۹) آورده شده است. همان‌طورکه در این شکل مشاهده می‌شود، گروه فرصت‌ها در رتبه نخست (p=۰/۳۳۰)، گروه نقاط ضعف در رتبه دوم (p=۰/۳۲۱)، گروه تهدیدها در رتبه سوم (p=۰/۲۱۵) و گروه نقاط قوت در رتبه چهارم (p=۰/۱٤۱) قرار گرفته‌اند.

در نهایت به محاسبه اولویت‌های کلی عوامل پرداخته شده است. برای این کار، وزن هر یک از گروه‌ها در اولویت محلی عوامل ذیل آن گروه ضرب شد. نتایج در شکل (۱۰) آورده شده است. همان‌طورکه در این شکل مشاهده می‌شود، رتبه یک مربوط به عامل W۳ از گروه نقاط ضعف است. این عامل درصد بالای مصرف آب در کشاورزی است. در واقع بیش از ۸۰ درصد آب مصرفی از آبخوان دشت اسفراین، به مصرف کشاورزی می‌رسد. با توجه به این که معیشت عمده مردم روستایی اسفراین متکی بر کشاورزی بوده و آب مصرفی کشاورزی نیز به جز در چند روستای حاشیه رودخانه‌های روئین، بیدواز و سربند، از آب زیرزمینی تأمین می‌شود و از طرفی، روش‌های آبیاری سنتی با راندمان کم، کماکان روش غالب است، اختصاص رتبه اول به این عامل توسط کارشناسان، منطقی به‌نظر می‌رسد. بنابراین برای بهبود شرایط دشت و پایداری آب آن، به‌نظر می‌رسد، بیش و پیش از هر چیز، باید راهبردهایی در زمینه کاهش وابستگی معیشت روستایی به کشاورزی، بهبود راندمان آبیاری و استفاده از منابع جایگزین آب مانند استحصال آب‌های سطحی فصلی، مد نظر قرار گیرد.

Table 3. Representatives of the four groups

Group	Group representative	Representative factor description
S	S2	Existence of good nutrition sources
W	W3	High percentage of water consumption in agriculture
O	O2	Growing public and government awareness of the water crisis and attention to water efficiency
T	T3	Lack of serious determination in updating the water and cultivation pattern national document

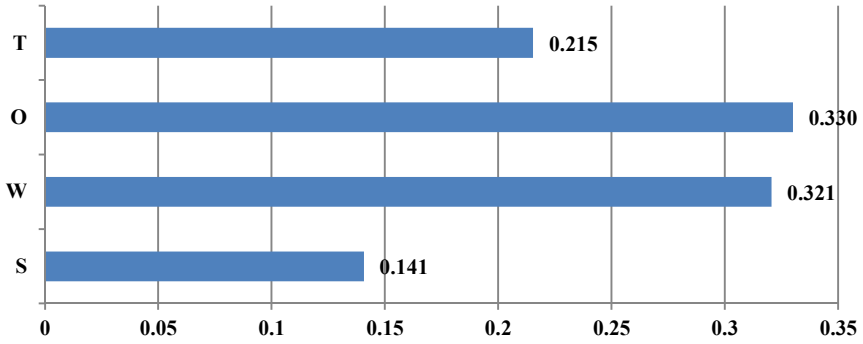

Figure 9. Weights of groups

رتبه دوم کلی به یک نقطه قوت مهم دشت اسفراین یعنی عامل S2، «وجود منابع تغذیه‌ای خوب»، تعلق گرفته است. بدون منابع تغذیه‌ای خوب، یک سیستم آبخوان، سیستم پایداری نخواهد بود و با توجه به وابستگی‌های عمده مصارف به منابع آب زیرزمینی، میزان برداشت‌ها، از طریق منابع تغذیه، تأمین نخواهد شد و آبخوان با افت‌های شدید، خیلی زود به حالت بحرانی در خواهد آمد. خوشبختانه، دشت اسفراین با حوزه‌های سه رودخانه دائمی بیدواز، روئین و سربند و رودخانه‌های فصلی متعدد، تغذیه می‌شود. به‌نظر می‌رسد، حفاظت از منابع طبیعی و پوشش گیاهی منطقه، در راستای تغذیه بهتر آبخوان، باید مدنظر قرار گرفته و به‌عنوان یک راهبرد در جهت حفظ این نقطه قوت در دستور کار قرار گیرد. ضمن این‌که پروژه‌های تغذیه مصنوعی با استفاده از ظرفیت سیلاب‌های فصلی نیز می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد دیگر در این راستا مد نظر قرار گیرد.

رتبه سوم کلی به یک فرصت، یعنی عامل O2، «رشد آگاهی مردم و دولت در ارتباط با بحران آب» اختصاص یافته است. در سیستم مدیریت آب‌های زیرزمینی دشت اسفراین (و اصولاً هر دشت دیگری)، یک بخش بسیار مهم، مردم محلی و بهره‌برداران از این سیستم هستند. اگر مشارکت عمومی مردم و بهره‌برداران، با سیستم مدیریت منابع آب، همراه نشود به هیچ عنوان امکان موفقیت در روش‌های مدیریتی میسر نمی‌شود. مشارکت عمومی، به طور مستقیم با میزان آگاهی آن‌ها از ضرورت و کیفیت مدیریت آب، رابطه دارد. خوشبختانه با آموزش‌های عمومی صورت گرفته در سطح جامعه به‌ویژه از طریق رسانه‌ها، این آگاهی و در نتیجه آن پذیرش و همراهی روش‌های مدیریتی، در مردم افزایش یافته است. به‌نظر می‌رسد تدوین یک مجموعه نظام‌مند از آموزش‌های موردنیاز و برنامه‌ریزی آموزشی برای آموزش‌های مستقیم کشاورزان در زمینه بهره‌وری آب در کنار آموزش‌های رسمی به دانش‌آموزان در برنامه‌های درسی آموزش و پرورش، می‌تواند این آگاهی را تعمیق و تثبیت نماید.

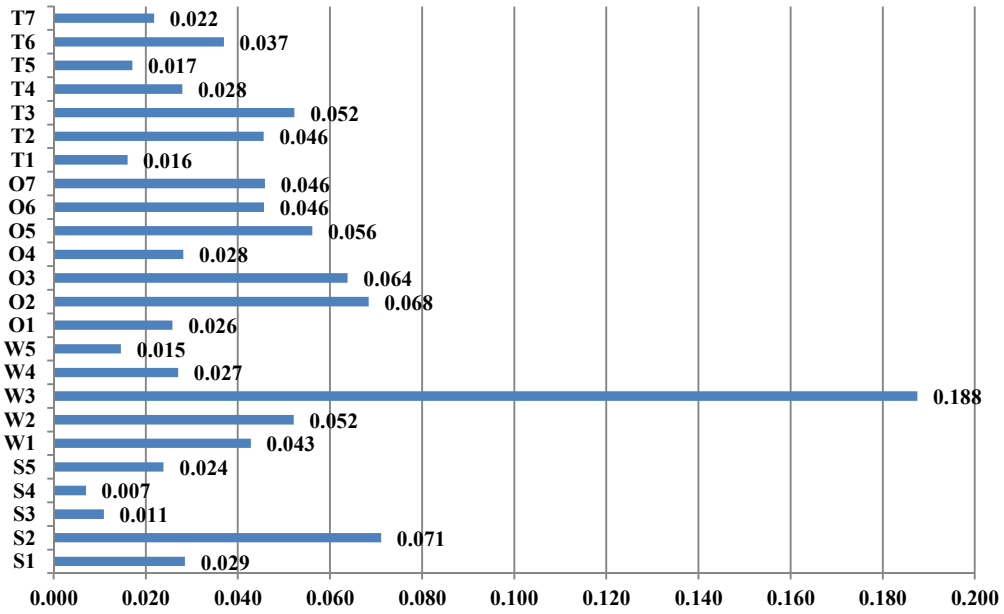

Figure 10. General priorities of SWOT factors

رتبه چهارم کلی نیز به یک فرصت یعنی عامل O3، «آشنایی مردم با سیستم قطع و مدیریت آب»، اختصاص یافته است. یکی از روش‌های مدیریت مصرف آب زیرزمینی، استفاده از کنتورهای هوشمند در چاه‌های بهره‌برداری است که به‌عنوان یکی از ۱۰ طرح تعادل بخشی آبخوان‌ها، موضوع ماده ۱۷ قانون برنامه چهارم توسعه، در دستور کار قرار دارد. دشت اسفراین یکی از دشت‌های پیشرو در زمینه نصب کنتورهای هوشمند بوده و از سال ۱۳۸۹ این کنتورها بر روی چاه‌های کشاورزی این دشت نصب شده‌اند. حدود یک دهه بهره‌برداری از این کنتورها در کنار تأثیر مثبت آن‌ها بر کنترل میزان برداشت از آبخوان دشت اسفراین، باعث شده است که این سیستم در بین کشاورزان، شناخته شده و مورد پذیرش قرار گرفته و کشاورزان خود را با آن تطبیق دهند. از دیدگاه کارشناسان پژوهش حاضر، این پذیرش و تطبیق، به‌عنوان یک فرصت مهم در زمینه مدیریت آب-های زیرزمینی دشت اسفراین، تلقی شده است. هرچند اختصاص رتبه بالا به این عامل که یک عامل مبتنی بر ابزار فنی است، نشان از دیدگاه ابزارگرایانه جمع کارشناسان مورد سؤال دارد، اما با توجه به قرارگیری آن بعد یک عامل نرم یعنی رشد آگاهی‌های مردمی، این دیدگاه تعدیل شده است. ضمن این‌که در این مورد هم تأکید بر جنبه‌های پذیرشی ابزار از طرف مردم بیش‌تر از خود ابزار است.

رتبه پنجم کلی نیز به یک فرصت یعنی عامل O5، «وجود مراکز دانشگاهی محلی و تربیت و آموزش متخصصین حوزه آب» تعلق گرفته است. در حال حاضر واحدهای دانشگاهی متعددی در استان خراسان شمالی و شهرستان اسفراین، وجود دارد که در زمینه رشته‌های مرتبط با مدیریت منابع آب، در مقاطع تحصیلات تکمیلی فعال هستند. استفاده از ظرفیت دانشگاه‌ها چه در زمینه آموزش‌های عمومی و راهبردهای مربوط به افزایش آگاهی بهره‌برداران و مدیران و چه در زمینه پژوهش و بهبود رویه‌ها، در قالب پژوهش‌های مشترک و پایان‌نامه‌های دانشجویی، می‌تواند، به مدیریت بهتر آب‌های زیرزمینی دشت اسفراین، کمک نماید. به‌نظر می‌رسد، ارتباط مؤثرتری باید بین دانشگاه و بخش آب، شکل بگیرد و زمینه‌های مشترک همکاری احصا شده و عملیاتی شود.

رتبه ششم کلی به یک تهدید، یعنی تهدید T3، "عدم وجود عزم جدی در بروزرسانی سند ملی آب و الگوی کشت" تعلق گرفته است. تخصیص آب زیرزمینی به کشاورزی در دشت‌های کشور، براساس سطح کشت و ارقام سند ملی آب صورت می‌گیرد. برای تهیه این سند از داده‌های آب‌وهوایی ایستگاه‌های سینوپتیک کشور در دوره آماری ۲۵ ساله از سال ۱۹۷۰ تا ۱۹۹۵ استفاده شده است (Faghih & Behmanesh, 2016). در واقع نسخه اول سند ملی بیش از بیست سال پیش ارائه شده و مورد تأیید دولت، وزارت کشاورزی و وزارت نیرو قرار گرفته است، اما با توجه به مسائل مختلف از جمله ثبت داده‌های هواشناسی جدید، تغییر اقلیم، توسعه فناوری در بخش‌های مختلف کشاورزی و آب و تکنیک‌هایی که در این بخش‌ها ورود پیدا کرد، ضرورت دارد سند ملی آب به‌روز شود و براساس اطلاعات روز به‌هنگام شود تا مدیریت آب‌های زیرزمینی با واقعیات و وضعیت فعلی، هماهنگ شود.

در ادامه به‌منظور تحلیل مناسب‌تر استراتژی‌های غالب و مغلوب و تفسیر بهتر نتایج، تمام عوامل SWOT موردبررسی در این مطالعه، بر حسب اولویت به چهار دسته (چارک‌های اول تا چهارم) تقسیم شده‌اند که تعداد عوامل مرتبط با نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها در هر یک از این دسته‌ها به تفکیک در شکل (۱۱) نمایش داده شده است.

با نگاهی به بررسی صورت‌گرفته بر روی شش عامل نخست (چارک اول) فهرست عوامل SWOT، مشاهده می‌شود که در بین این شش عامل یک نقطه ضعف، یک نقطه قوت، سه فرصت و یک تهدید، وجود دارد که نشان از سهم بیش‌تر گروه فرصت‌ها دارد. وضعیت کلی قرارگیری عامل‌ها در چارک‌های مختلف، در شکل (۱۰) نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، در چارک دوم، از گروه‌های نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدها، هر کدام دو عامل وجود دارد و از گروه نقاط قوت در این چارک، نماینده‌ای وجود ندارد. در چارک سوم، از گروه‌های مثبت، یعنی نقاط قوت و فرصت‌ها هر کدام دو عامل و از گروه‌های منفی یعنی نقاط ضعف و تهدیدها، هر کدام یک عامل وجود دارد. در چارک چهارم نیز نقاط قوت، نقاط ضعف و تهدیدها، به‌ترتیب، دو، یک و سه نماینده داشته و از گروه فرصت‌ها، عاملی در این چارک وجود ندارد.

با نگاهی به شکل (۱۱) مشاهده می‌شود که سهم گروه فرصت‌ها، نقاط ضعف، تهدیدها و نقاط قوت در نیمه اول فهرست عوامل (چارک اول و دوم)، به‌ترتیب پنج، سه، سه و یک عامل به‌ترتیب از هفت، پنج، هفت و پنج عامل بوده است که به لحاظ درصدی به‌ترتیب ۷۱، ٦۰، ٤۳ و ۲۰ درصد عوامل این گروه‌ها را شامل می‌شود. بنابراین سهم دو گروه فرصت‌ها، و نقاط ضعف در نیمه اول فهرست بیش از ۵۰ درصد عوامل این گروه‌ها بوده و به‌عبارتی این دو گروه از دیدگاه کارشناسان مورد سؤال در این پژوهش، از اهمیت بیش‌تری برخوردار بوده‌اند. به‌نظر می‌رسد در گزینش استراتژی‌های مناسب برای آینده سیستم آب‌های زیرزمینی دشت اسفراین، باید اولویت با استراتژی‌های WO باشد. استراتژی‌هایی که با استفاده از فرصت‌های موجود در محیط بیرونی، سعی در بهبود و رفع نقاط ضعف درون سیستم دارند. برخی از این استراتژی‌ها می‌توانند شامل استفاده از ظرفیت صنایع برای توسعه روستایی و کاهش وابستگی معیشتی مردم به بخش کشاورزی، استفاده از ظرفیت‌های دانشگاهی موجود در جهت توسعه آموزش‌های بهره‌وری آب و احصای فرصت‌های سرمایه‌گذاری در جهت کاهش وابستگی معیشت روستایی به کشاورزی، استفاده از ظرفیت موجود سمن‌ها و ایجاد سمن‌های جدید با هدف حفاظت از منابع آب زیرزمینی دشت اسفراین، اعمال جریمه‌های مالی به اضافه برداشت از منابع آب زیرزمینی و استفاده از تغذیه مصنوعی پساب تصفیه‌شده برای جلوگیری از نفوذ آب شور به آبخوان دشت اسفراین، باشند.

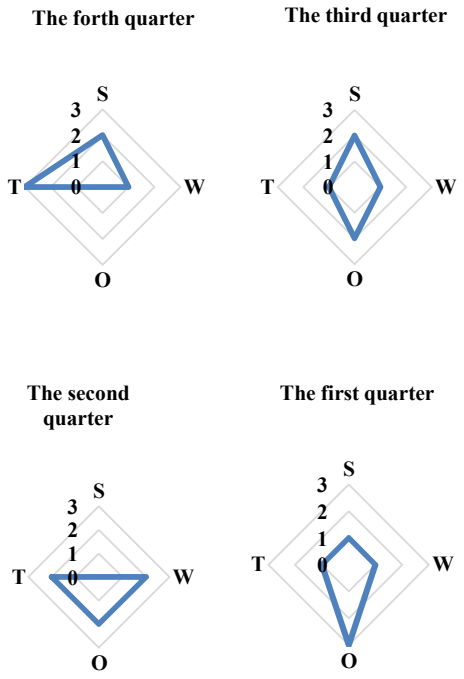

Figure 11. Classifying SWOT factors according to priority of importance

نتایج این پژوهش در مقایسه با پژوهش‌های دیگری که هرچند به لحاظ ماهیت مشابه این پژوهش اما به لحاظ روش و منطقه موردمطالعه متفاوت بوده‌اند، حاکی

از شباهت‌ها و تفاوت‌هایی است. به‌نظر می‌رسد شباهت‌ها، به‌طورعمده به شرایط تقریبا یکسان اقلیم و بهره‌برداری در اکثر آبخوان‌ها در دشت‌های ایران مربوط است و تفاوت‌ها به تفاوت شرایط منطقه‌ای و دیدگاه‌های گروه‌های کارشناسی و تفاوت متدولوژی انتخاب‌شده در این پژوهش‌ها برمی‌گردد. یکی از این پژوهش‌ها، به تحلیل محیطی دشت ابرکوه در استان یزد (Pourfallah *et al*., 2019) با استفاده از روش QSPM پرداخته است. این پژوهش برای دشت مذکور، استراتژی‌های WT را در اولویت دانسته و پس از آن به‌ترتیب استراتژی های WO، ST و SO را پیشنهاد نموده است. هم‌چنین در پژوهشی دیگر، تحلیل محیطی و انتخاب راهبرد مناسب تخصیص آب زیرزمینی دشت همدان-بهار در استان همدان با استفاده از روش QSPM و نیز رویکرد تلفیقی SWOT- DEMATEL موردمطالعه قرار گرفته است (Asadabadi *et al*., 2020)، که در این پژوهش نیز طبق روش QSPM، اولویت اول به استراتژی‌های WT و اولویت‌های بعد به‌ترتیب به استراتژی‌های WO، ST و SO اختصاص یافته است؛ هرچند که در تحلیل استراتژی-های تدوین‌شده با استفاده از روش DEMATEL گروه استراتژی‌های ST اثرگذارترین گروه به‌دست آمده است. بنابراین به لحاظ سهم بالای نقاط ضعف و سهم پایین نقاط قوت در استراتژی‌های دارای اولویت، پژوهش حاضر با این دو پژوهش توافق دارد، اما به لحاظ سهم فرصت ها نسبت به تهدیدها در تعارض با آن‌ها است.

نتیجه‌گیری

در این مقاله، برنامه‌ریزی راهبردی آب‌های زیرزمینی دشت اسفراین موردبررسی قرار گرفته و عوامل داخلی و خارجی مؤثر بر این موضوع یعنی نقاط قوت، نقاط ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای مربوطه شناسایی و با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی، رتبه‌بندی شدند. نتایج این پژوهش در بخش رتبه‌بندی عوامل گروه‌های SWOT نشان داد که از دیدگاه کارشناسان مورد سؤال در این پژوهش، در بین عوامل گروه نقاط قوت، عامل وجود منابع تغذیه‌ای خوب، دارای بالاترین اولویت در گروه نقاط قوت می‌باشد. در بین عوامل گروه نقاط ضعف، درصد بالای مصرف آب در کشاورزی به‌عنوان بالاترین رتبه تعیین شد. در بین عوامل گروه فرصت‌ها، عامل رشد آگاهی مردم و دولت در ارتباط با بحران آب به‌عنوان بالاترین رتبه انتخاب شد. هم‌چنین در بین عوامل گروه تهدیدها، عدم وجود عزم جدی در به‌روزرسانی سند ملی آب و الگوی کشت به‌عنوان عامل دارای بالاترین درجه اهمیت تعیین شد.

در بررسی نتایج حاصل از مقایسه میان گروه‌ها، گروه فرصت‌ها در رتبه نخست و دارای بالاترین میزان اهمیت، گروه نقاط ضعف در رتبه دوم، گروه تهدیدها در رتبه سوم، و گروه نقاط قوت در رتبه آخر قرار گرفتند. هم‌چنین با توجه به این مهم که در بررسی اولویت‌های کلی میان تمام عوامل موردمطالعه، سهم دو گروه فرصت‌ها و نقاط ضعف در عوامل دارای اولویت بالاتر، بیش‌تر بود. در گزینش استراتژی‌های مناسب برای تحلیل وضع آتی سیستم آب‌های زیرزمینی دشت اسفراین، پیشنهاد شد که اولویت با استراتژی‌های WO باشد.

هرچند در گزینش کارشناسان مورد سؤال در این پژوهش، سعی بر این بود که ترکیب به نحوی باشد که از هر دو گروه متخصصین دانشگاهی و کارشناسان میدانی استفاده شود. با این‌حال، به‌نظر می‌رسد که کارشناسان مورد سؤال به‌طور فردی، در مقایسه با یکدیگر، ممکن است تفاوت‌هایی در قضاوت کارشناسی بسته به میزان تخصص و تسلط خود به موضوعات مرتبط با این پژوهش داشته باشند، بنابراین یکی از محدودیت‌های این پژوهش را می‌توان به یکسان بودن وزن کارشناسان مورد سؤال، نسبت داد. محدودیت

دیگر این پژوهش و پژوهش‌های مشابه مبتنی بر نظرات کارشناسی، این است که با هر ترکیب متفاوت از کارشناسان، نتایج حاصل از پژوهش می‌تواند، تغییر نماید. هرچند راه گریزی از محدودیت دوم به‌نظر نمی‌رسد، اما برای رفع محدودیت اول پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، وزن‌دهی به کارشناسان نیز در نظر گرفته شود. هم‌چنین استفاده از زیر روش‌های دیگر تحلیل سلسله مراتبی مانند آنالیز فازی چانگ و روش میخائیلو و یا سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مانند روش بهترین بدترین فازی نیز می‌تواند به‌عنوان پیشنهاد پژوهش و توسعه آتی، مد نظر سایر پژوهش‌گران قرار گیرد.

پی‌نوشت‌ها

1. Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
2. Analytic Hierarchy Process
3. Simple Additive Weighting
4. ELimination and Choice TRanslating REality
5. Quantitative Strategic Planning Matrix
6. Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
7. Fuzzy Analytic Hierarchy Process

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

منابع

1. Alizadeh, A. (2015). *Principles of Applied Hydrology*. Imam Reza University, Iran [In Persian].
2. Asadabadi, E., Asadi, A.,& Kalantari, K. (2020). Choosing water Allocation Strategy in Hamedan–Bahar Aquifer Based on SWOT and Multi-Criteria Decision Making. *Iranian Agricultural Extension and Education Journal*, 16(2), 39-62.
3. Azarnivand, A. & Banihabib, M. E. (2017). A multi-level strategic group decision making for understanding and analysis of sustainable watershed planning in response to environmental perplexities. *Group decision and negotiation,* 26(3), 629-648.
4. Azarnivand, A., Hashemi-Madani, F. S. & Banihabib, M. E. (2015). Extended fuzzy analytic hierarchy process approach in water and environmental management (case study: Lake Urmia Basin, Iran). *Environmental earth sciences,* 73(1), 13-26.
5. Bakalár, T., Pavolová, H. & Tokarčík, A. (2021). Analysis and Model of River Basin Sustainable Management by SWOT and AHP Methods. *Water,* 13(17), 2427.
6. Banihabib, M. E., Hashemi-Madani, F.-S. & Forghani, A. (2017). Comparison of compensatory and non-compensatory multi criteria decision making models in water resources strategic management. *Water Resources Management*, 31(12), 3745-3759.
7. Buckley, J. J. (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy sets and systems*, 17(3), 233-247.
8. Chan, N. W., Roy, R. & Chaffin, B. C. (2016). Water governance in bangladesh: An evaluation of institutional and political context. *Water*, 8(9), 403..
9. Chande, M.M. & Mayo, A.W. (2019). Assessment of groundwater vulnerability and water quality of Ngwerere sub-catchment urban aquifers in Lusaka, Zambia. *Physics and Chemistry of the Earth*, Parts A/B/C112,113-124.
10. Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European journal of operational research*, 95(3), 649-655.
11. Chitsaz, N. & Azarnivand, A. (2017). Water scarcity management in arid regions based on an extended multiple criteria techniques. *Water Resources Management*, 31(1), 233-250.
12. Faghih, H. & Behmanesh, J. (2016). The need to update the national water document, In: Proceeding of *2th National Conference Semi-Arid Hydrology*, Sanandaj [In Persian].
13. Farzi, A. & Mehrabadi, J. (2019). Systematic Analysis of Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats of On-site Greywater Reuse in Iran Based on Fuzzy Analytical Hierarchy Process. *Iran-Water Resources Research*, 15(4), 12. [In Persian].
14. Gholizadeh, M., Farzi, A. & Masoomi, S. (2021). Solar Desalination in Iran–a SWOT analysis using Fuzzy AHP. *Journal of Environmental Science Studies*, 6(1), 3352-3359 [In Persian].
15. Gogus, O., & Boucher, T.O. (1997). A consistency test for rational weights in multi-criterion decision analysis with fuzzy pairwise comparisons. *Fuzzy sets and Systems*, 86(2), 129-138.

16. Hob eVatan, M., Heydari, N., Jafari, B., Arshadi, M., Lotfi, S. & Zarghami, M. (2020). Strategic Analysis for the Better Performance and More Authority of Iran's Supreme Water Council Using SWOT Method. *Iran-Water Resources Research*, 16(4), 15-30. [In Persian].
17. Hojjati, M.H., & Boustani, F. (2010). An assessment of groundwater crisis in Iran case study: Fars province. *International Journal of Humanities and Social Sciences*, 4(10), 2066-2070.
18. Iranian Ministry of Energy. (2017). *Report on the extension of the ban on the exploitation of groundwater resources in the Esfarayen plain* [In Persian].
19. Kallioras, A., Pliakas, F., Diamantis, I. & Kallergis, G. (2010). SWOT analysis in groundwater resources management of coastal aquifers: a case study from Greece. *Water International*, 35(4), 425-441.
20. Kurttila, M., Pesonen, M., Kangas, J. & 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.
21. Maghami Moghim, G., Taghipour, A., & Khairy, H. (2020). Investigating Human Positive Impacts on the Changes in Groundwater Level of Safiabad Plain of Esferayen. *Hydrogeomorphology*, 6(21), 23-42.
22. Mohammadi, A., & Banihabib, M. (2020). Strategic Management Model for Virtual Water Exchange of Iranian Agricultural and Animal Productions. *Water and Irrigation Management*, 10(1), 15-29. [In Persian].
23. Mohammadi, A., & Karami, G. (2013). Investigation of saline water introsion from the central desert to Esfarayen aquifer (North Khorasan). *Geotechnical Geology*, 9 (1), 53-63. [In Persian]
24. Nagara, G., Lam, W.-H., Lee, N. C. H., Othman, F. & Shaaban, M. G. (2015). Comparative SWOT analysis for water solutions in Asia and Africa. *Water Resources Management,* 29(1), 125-138.
25. Omranian Khorasani, H., Davary, K., Bagheri, A., & Gheisani, E. (2014). Implementation of Strategic Water Resources Management; A proposed framework utilizing "Road Map" tool. *Journal of Water and Sustainable Development*, 1(2). [In Persian].
26. Podimata, M. V. & Yannopoulos, P. C. (2013). Evaluating challenges and priorities of a trans-regional river basin in Greece by using a hybrid SWOT scheme and a stakeholders' competency overview. *International journal of river basin management*, 11(1), 93-110.
27. pourfallah, S., Ekhtesasi, M.R., Malekinezhad, H., & Barzegari, F. (2019). Application of Swot Analytical Model in Assessing the Strength and Weakness of the Area in Order to Balance the Aquifer of Abarkuh Plain. *Journal of Watershed Management Research*, 10 (20), 179-188.
28. Praveena, S. M. & Aris, A. Z. (2009). A review of groundwater in islands using SWOT analysis. *World Review of Science, Technology and Sustainable Development,* 6(2-4), 186-203.
29. Rachid, G., Alameddine, I. & El-Fadel, M. (2021). SWOT risk analysis towards sustainable aquifer management along the Eastern Mediterranean. *Journal of Environmental Management*, 279, 111760.
30. Takeleb, A., Sujono, J. & Jayadi, R. (2020). Water resource management strategy for urban water purposes in Dili Municipality, Timor-Leste. *Australasian Journal of Water Resources*, 24(2), 199-208.