dx.doi.org/10.22093/wwj. 2019.149372.2750

Case Study

Jouranl of Water and Wastewater, Vol. 30, No.6, pp: 35-50

Identification and Prioritizing Risk of Rural Water and Wastewater Projects Using Multi-Attribute Decision Making Methods in Fuzzy Environment (Case Study: Rural Water and Sewage Projects in Guilan)

H. Amin Tahmasbi[1], M. Zarepour[2]

1. Assist. Prof., Dept. of Industrial Engineering, Faculty of Technology and Engineering, East of Guilan, University of Guilan, Rasht, Iran
(Corresponding Author) amintahmasbi@guilan.ac.ir
2. BSc of Industrial Engineering, Dept. of Industrial Engineering, Faculty of Technology and Engineering, East of Guilan, University of Guilan, Rasht, Iran

(Received Sep. 20, 2018 Accepted Dec. 25, 2018)

To cite this article:
Amin Tahmasbi, H., Zarepour, M. 2019. "Identification and prioritizing risk of rural water and wastewater projects using multi-attribute decision making methods in fuzzy environment (case study: rural water and sewage projects in Guilan)." Journal of Water and Wastewater, 30(6), 35-50. Doi: 10.22093/wwj.2019.149372.2750. (In Persian)

Abstract

Large and complex infrastructural projects, especially water and wastewater projects are always exposed to various internal and external risks. Given the increasing volume and complexity of rural water and wastewater projects, the constraints on funding and resources require their success in identifying, assessing, prioritizing and managing these risks. In this research, using research literature, checklist, experts, and expert opinions, the risks in rural areas and rural sewage projects in Gilan were identified based on the 10 areas of the project management knowledge standard. The ranking indexes in this study include two parts of the primary and secondary indices: 16 effective risk factors among 60 risks, using the initial indicators based on the probability of occurrence and the degree of risk impact on the initial indexes of the project (time, cost, quality, performance) determined. In the next step, based on additional indicators, the amount of exposure to risk, the level of manageability, the proximity of the occurrence of risk, the socio-economic effects and the environmental impacts (which are proportional to the climate and geographical area studied), are used by two methods of fuzzy topsization and hierarchical analysis. Fuzzy has been evaluated for project risks. Finally, by integrating the results with simple averaging, the final ranking of the risks is specified. The result of the research showed that the risk of insufficient funding at the due time was chosen as the most important risk. In addition, the risk of non-payment of time claims of contractors and work force with a mean score of 2 and the risk of not using feedback results in quality control and implementation with a mean score of 3.5 were the next priorities. The results of the research show that the Rural Water and Wastewater Company of Guilan should adopt special measures for the required budget in order to manage the identified risks, and to conduct more detailed studies of validation in various projects in the preparatory phases. It should also pledge to pay in due time claims and analysis in control and quality and implementation.

Keywords: Risk, Rural Water and Wastewater, Fuzzy AHP Analysis, Fuzzy Topsis.

dx.doi.org/10.22093/wwj. 2019.149372.2750

مجله آب و فاضلاب، دوره ۳۰، شماره ۶، صفحه: ۵۰-۳۵

شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه‌های آب و فاضلاب روستایی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در محیط فازی (مطالعه موردی: آبفار گیلان)

حمزه امین طهماسبی[۱]، مهدی زارع پور[۲]

۱- استادیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی شرق، دانشگاه گیلان، ایران
(نویسنده مسئول) amintahmasbi@guilan.ac.ir
۲- دانش‌آموخته کارشناسی مهندسی صنایع، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی شرق، دانشگاه گیلان

(دریافت ۹۷/۶/۲۹ پذیرش ۹۷/۱۰/٤)

برای ارجاع به این مقاله به صورت زیر اقدام بفرمایید:
امین طهماسبی، ح.، زارع‌پور، م.، ۱۳۹۸، " شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه‌های آب و فاضلاب روستایی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در محیط فازی (مطالعه موردی: آبفار گیلان)" مجله آب و فاضلاب، ۳۰(۶)، ۵۰-۳۵. **Doi: 10.22093/wwj.2019.149372.2750**

چکیده

پروژه‌های بزرگ و پیچیده زیربنایی به‌خصوص پروژه‌های آب و فاضلاب همواره در معرض بروز ریسک‌های مختلف برون و درون‌سازمانی قرار دارند. با توجه به افزایش حجم و پیچیدگی پروژه‌های آب و فاضلاب روستایی و محدودیت‌های تأمین بودجه و منابع مورد نیاز، موفقیت انجام آن‌ها در گرو شناسایی، ارزیابی، اولویت‌بندی و مدیریت ریسک است. در این پژوهش با استفاده از ادبیات مروری، تنظیم چک‌لیست و نظرات خبرگان و کارشناسان، ریسک‌های موجود در پروژه‌های آب و فاضلاب روستایی گیلان شامل ۶۰ ریسک بر اساس ۱۰ حوزه استاندارد دانش مدیریت پروژه شناسایی شد. شاخص‌های رتبه‌بندی در این پژوهش به دو بخش شاخص‌های اولیه و تکمیلی تقسیم شد. ۱۶ ریسک تأثیرگذار از میان ۶۰ ریسک، با استفاده از شاخص‌های اولیه بر مبنای احتمال وقوع و میزان اثرگذاری ریسک بر شاخص‌های اولیه پروژه شامل زمان، هزینه، کیفیت و عملکرد تعیین شد. در مرحله بعد بر مبنای شاخص‌های تکمیلی (میزان مواجهه با ریسک، میزان مدیریت‌پذیری، نزدیکی زمان وقوع ریسک، اثرات اجتماعی اقتصادی و اثرات محیط زیستی) که متناسب با اقلیم و منطقه جغرافیایی است، با استفاده از دو روش تاپسیس فازی و تحلیل سلسله مراتبی فازی به رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه پرداخته شد. در پایان با ادغام نتایج حاصل به روش میانگین‌گیری ساده، رتبه نهایی ریسک‌ها مشخص شد. نتایج محاسبات نشان داد ریسک عدم تأمین بودجه کافی در موعد مقرر به‌عنوان مهم‌ترین ریسک در پروژه‌های آب و فاضلاب روستایی است. همچنین ریسک عدم پرداخت به‌موقع مطالبات پیمانکاران و نیروی انسانی با میانگین رتبه ۲ و ریسک عدم به‌کارگیری نتایج بازخورد در کنترل کیفیت و اجرا با میانگین رتبه ۳/۵ در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند. نتایج پژوهش گویای این است که شرکت آب و فاضلاب روستایی گیلان باید به‌منظور مدیریت ریسک‌های شناسایی شده، تمهیدات ویژه‌ای در تأمین بودجه مورد نیاز اتخاذ نماید و بررسی‌های دقیق‌تری از اعتبارسنجی در پروژه‌های مختلف در فازهای مقدماتی انجام دهد و التزام در پرداخت به‌موقع مطالبات و تجزیه و تحلیل در کنترل و کیفیت و اجرا را در دستور کار قرار دهد.

واژه‌های کلیدی: ریسک، آب و فاضلاب روستایی، تحلیل سلسله مراتبی فازی، تاپسیس فازی

۱- مقدمه

مدیریت ریسک برای انجام موفقیت‌آمیز و به‌موقع پروژه‌ها بسیار ضروری است. از این‌رو شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه به‌عنوان بخشی از فرایند مدیریت ریسک برای سازمان‌های پروژه محور حائز اهمیت است (Khatami Firouzabadi et al., 2013).

مدیریت ریسک، مجموعه فرایندهای مورد نیاز برای شناسایی، تجزیه و تحلیل و واکنش مناسب در برخورد با ریسک‌های پروژه به‌منظور حداکثر نمودن وقایع مثبت در راه دستیابی به هدف‌های مطلوب و تعیین اقدام‌های مدیریتی برای حداقل نمودن پیامدهای ناگوار و بهره‌برداری هرچه بهتر از فرصت‌های به‌دست‌آمده است که می‌تواند بر روی شاخص‌های زمان، هزینه و کیفیت تأثیرگذار باشد (Chapman et al., 2003).

انجام موفق پروژه‌ها به تحلیل دقیق ریسک‌های احتمالی در شرایط نامساعد در طول عمر اقتصادی وابسته است و تا زمانی که پروژه به بهره‌برداری نرسیده باشد، ریسک می‌تواند در طول انجام هر یک از فازهای پروژه اتفاق بیفتد (Kumaraswamy and Zhang, 2001).

امین طهماسبی و همکاران، در پژوهشی به ارائه رویکرد تلفیقی برای ارزیابی و رتبه‌بندی عوامل تأثیرگذار بر موفقیت ایمنی پروژه‌ها پرداختند. ایشان عوامل تأثیرگذار به‌منظور ارتقای سطح ایمنی پروژه‌ها و معیارهای مناسب برای رتبه‌بندی این عوامل را تعیین و به‌وسیله دو روش TOPSIS[1] فازی و SAW[2] فازی رتبه‌بندی را انجام دادند. در پژوهش ایشان برای تجزیه و تحلیل نتایج از روش NGT[3] استفاده شده است (Amin Tahmasbi et al. 2015).

در پژوهش دیگری ارزیابی و شناسایی ریسک‌های پروژه سد شفارود با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی انجام شده است؛ به این ترتیب که از میان ۴۶ ریسک شناسایی شده، ۱۲ ریسک مهم مشخص شده و با به‌کارگیری سه روش تصمیم‌گیری چندشاخصه (SAW، TOPSIS و ELECTERE[4]) فازی، ریسک‌های مهم رتبه‌بندی شدند. در پایان نیز ریسک‌های پروژه با ادغام نتایج حاصل از سه روش فوق با یکدیگر، رتبه‌بندی شدند (Amin Tahmasbi et al., 2017).

نادعلی جلوخانی و همکاران به ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌های ایمنی پروژه‌های عمرانی شهرداری اصفهان با استفاده از روش تاکسونومی[5] و رویکرد ساختار شکست ریسک پرداختند. در نتیجه میانگین رتبه ریسک‌ها، به‌ترتیب ریسک‌های قبل از اجرای پروژه ۶، فرایندی و داخلی ۸/۳، فراپروژه ۱۰، حین اجرا پروژه ۱۷/۶ به‌دست آمد. از مزایای تحلیل تاکسونومی مورد استفاده در این مطالعه، انعطاف‌پذیری و امکان رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها است که می‌تواند به تصمیم‌گیری با قابلیت اعتماد بالا منجر شود (Nadali Jelokhani et al., 2018).

در پژوهش دیگری، ارزیابی دارایی‌ها و تهدیدات خاص مربوط به سامانه آب‌رسانی و ارزیابی شدت آسیب‌پذیری هر یک از تهدیدات احتمالی برای دارایی‌های مشخص‌شده مورد مطالعه قرار گرفت. در نتیجه دارایی سدها، مخازن به همراه ایستگاه پمپاژ، تصفیه‌خانه‌ها و چاه‌ها، با محاسبه عدد ریسک هریک از دارایی‌ها با استفاده از روش RAMCAP[6] به‌عنوان واحدهای آسیب‌پذیر مشخص شدند (Nakhaei et al., 2017).

در پژوهش دیگری به‌منظور برنامه‌ریزی برای مدیریت عملکرد شبکه در شرایط بحرانی، الگویی برای ارزیابی ریسک شبکه‌های فاضلاب در مواجهه با بحران‌ها تدوین شد و در نهایت بحران‌های ورود آلاینده شیمیایی و تغییرات شدید در کیفیت فاضلاب به‌عنوان پرخطرترین بحران‌ها شناخته شد (Asgarian et al., 2015).

با توجه به تأخیر در اجرای به‌موقع پروژه‌ها و عدم تحویل آن‌ها در موعد مقرر و محدودیت‌های مالی، یکی از مسائل مهمی که امروزه مدیران باید به آن توجه ویژه‌ای داشته باشند، شناسایی ریسک‌هایی است که اجرای موفقیت‌آمیز پروژه‌های شرکت آبفار را با مشکل مواجه می‌کند. شرکت آبفار گیلان در راستای رسیدن به ایجاد، توسعه، نگهداری، بهره‌برداری، بازسازی و مرمت تأسیسات مربوط به تأمین، انتقال، تقسیم و توزیع آب شرب و بهداشتی، جمع‌آوری و انتقال و دفع بهداشتی فاضلاب روستاها با عدم قطعیت‌هایی مواجه است که باید با اعمال روش‌های مدیریت ریسک، تحت کنترل و پاسخگویی مناسب قرار گیرند.

مدیریت ریسک کارآمد و مؤثر، بدون شناسایی و تهیه ساختار شکست ریسک امکان‌پذیر نیست. ساختار شکست ریسک یک ساختار سلسله مراتبی از ریسک‌های پروژه است و می‌تواند برای

[1] Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
[2] Simple Addictive Weighting (SAW)
[3] Nominal Group Technique (NGT)
[4] Elimination and choice expressing reality
[5] Taxonomy
[6] Risk Analysis and Management for Critical Assests Protection (RAMCAP)

جدول ۱- ریسک‌های پروژه با توجه به پژوهش‌های پیشین

Table1. Project risks based on previous research

Main groups	Subgroups	References
Risk of design	Risk of design and implementation defects	(Hemati and Bahoo, 2018)
	Changes in design and range of tasks	(Hemati and Bahoo, 2018)
	Inadequate profile	(Turner Ii, 2010)
	Worrn design	(Rezaeenour et al., 2018)
Operational risks (excutive)	Complexity of the project in terms of implementation	(Fattahi and Fayyaz, 2010)
Risks of human resources	Strikes and riots	(Zegordi et al., 2014)
	Lack of timely manpower	
	Sudden increase in population	(Rezaeenour et al., 2018)
Risk from storage centers	Earthquake	(Babayan et al., 2005)
	Temperature	(Babayan et al., 2005)
	Floodwater	(Rezaeenour et al., 2018)
Risk of water supply	Equipment and equipment for quick repair of lines	(Rezaeenour et al., 2018)
	Environmental risk	(Turner Ii, 2010)
	Drain the sewage into the water	(Rezaeenour et al., 2018)
Management risk	Lack of timely approval of plans at the time of project implementation	
	Change project managers related	
	Use of consulting engineers with inadequate experience in project monitoring	
	Lack of adequate knowledge of the team of employer and designer	(Fattahi and Fayyaz, 2010)
Economic risks	Market conditions and price fluctuations	(Rezaeenour et al., 2018)
	Inconsistent economic situation	(Rezaeenour et al., 2018)
	Contractor bankruptcy	(Fattahi and Fayyaz, 2010)
	The risk of raising interest rates	(Hemati and Bahoo, 2018)
Contract risk	Contract type	(Zegordi et al., 2014)
	Change in Liability and Claims	(Zegordi et al., 2014)
	Defective financial documents	(Hemati and Bahoo, 2018)
The risk of political factors	Unpredictable political events	(Hemati and Bahoo, 2018)
	The risk of government policy support from the project	(Hemati and Bahoo, 2018)
	Scams	(Zegordi et al., 2014)

سازمان‌دهی و هدایت فرایند مدیریت ریسک به کار گرفته شود (Nadali Jelokhani et al., 2018).

در سال‌های اخیر روش ساختار شکست ریسک به‌عنوان ابزار مؤثری برای شناسایی و طبقه‌بندی ریسک‌ها مورد توجه قرار گرفته است. تحقیقات متعددی در بحث مدیریت و ارزیابی ریسک‌های پروژه پرداخته شده است. در جدول ۱ پیشینه پژوهش‌های صورت

گرفته مشاهده می‌شود. در یک ارزیابی کلی، پژوهش‌های صورت گرفته به‌صورت مجزا و محدود بوده و یک ساختار جامع شکست ریسک پروژه‌های زیربنایی را ارائه نمی‌کنند. تاکنون در زمینه شناسایی و طبقه‌بندی جامع ریسک‌های پروژه‌های آب و فاضلاب روستایی بر اساس حوزه‌های دهگانه دانش مدیریت پروژه[1] و رتبه‌بندی این ریسک‌ها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در محیط فازی، پژوهشی صورت نگرفته است.

۲- مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر پژوهشی توصیفی- کاربردی به‌منظور رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه‌های آب و فاضلاب روستایی گیلان است. ابتدا با بررسی ادبیات موضوع به تنظیم چک‌لیستی از ریسک‌های معرفی شده، پرداخته شد. سپس این ریسک‌ها بر اساس حوزه‌های دهگانه استاندارد PMBOK، شامل مدیریت منابع انسانی پروژه، مدیریت هزینه پروژه، مدیریت زمان پروژه، مدیریت تدارکات، مدیریت ارتباطات، مدیریت محدوده پروژه، مدیریت کیفیت پروژه، مدیریت یکپارچگی پروژه، مدیریت ریسک پروژه و مدیریت ذینفعان دسته‌بندی شد (Rose, 2013).

ساختار شکست ریسک‌های شناسایی‌شده در جدول ۲ ارائه شده است.

پژوهش حاضر برای شناسایی ریسک‌های پروژه‌های آب و فاضلاب روستایی گیلان انجام شد. مطالعه موردی در این پژوهش، پروژه‌های در حال اجرا و اجراشده در سال جاری در استان گیلان شامل لوله‌گذاری به طول ۷۰۰۰ متر روستای خلیله سرای شهرستان آستارا، عملیات اجرایی لوله‌گذاری به طول ۳۲ کیلومتر و احداث مخزن ۵۰ مترمکعبی زمینی بتنی مجتمع سرچشمه شهرستان لاهیجان و عملیات اجرایی لوله‌گذاری به طول ۸۹ کیلومتر نواحی ۹ شهرستان رشت (روستاهای گوراب، برمچه، ویشگاه سوقه و اسماعیل‌آباد) است.

جامعه آماری پژوهش حاضر شامل خبرگان و کارشناسان شرکت آبفار گیلان با حداقل مدارک کارشناسی ارشد و دکترا در حوزه‌های عمران و شهرسازی و آب و فاضلاب و سابقه حداقل ۱۵ سال کار اجرایی در پروژه‌های روستایی گیلان بود و لذا از طریق نمونه‌گیری هدفمند، ۱۰ خبره تعیین شدند. مراحل پژوهش در شکل ۱ مشاهده می‌شود.

مرحله اول: در این مرحله، به شناسایی ریسک‌های پروژه‌های آب و فاضلاب و طراحی یک ساختار سلسله مراتبی جامع از ریسک‌ها (۶۰ ریسک در حوزه‌های دهگانه PMBOK) پرداخته شد.

مرحله دوم: در این مرحله، شاخص‌های اولیه تأثیرگذار بر ریسک‌های موجود، تعیین و مقیاس مناسبی برای سنجش آن‌ها پیشنهاد شد. شاخص‌های اولیه عبارت‌اند از:

شدت اثر بر هزینه: عدم تأمین به‌موقع بودجه که سبب عدم تکمیل به‌موقع فعالیت‌ها می‌شود.

شدت اثر بر زمان: عدم انجام به‌موقع فعالیت‌ها[2] در محدوده زمانی تعیین شده.

شدت اثر بر کیفیت: رضایتمندی از سطح خدمات و کیفیت فعالیت‌ها و پروژه‌های انجام شده.

شدت اثر بر عملکرد: میزان کار و فعالیت صورت گرفته برای دستیابی به اهداف کلیدی پروژه.

مرحله سوم: در این مرحله پرسشنامه اول در سه بخش تهیه شد. بخش اول پرسشنامه، به ارائه اطلاعات کلی به پاسخ‌دهنده در خصوص اهداف پژوهش، نحوه تکمیل پرسشنامه اختصاص داده شد. بخش دوم پرسشنامه اول، به ارزیابی ۶۰ ریسک طبقه‌بندی‌شده با توجه به احتمال وقوع و تأثیر شاخص‌های اولیه (زمان، هزینه، کیفیت و عملکرد) که مطابق با استانداردهای موجود در زمینه مدیریت ریسک پروژه‌ها است، بر مبنای متغیرهای زبانی طیف جدول ۳ اختصاص داده شد. در این بخش، ماتریس تصمیم شامل ۳۰۰ درایه، ۶۰ سطر (ریسک اصلی) و ۵ ستون (شاخص اولیه و احتمال وقوع) در نظر گرفته شد. همچنین در بخش سوم پرسشنامه اول، وزن اهمیت شاخص‌ها (زمان، هزینه، کیفیت، عملکرد) به‌صورت مقایسه زوجی به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) و طیف جدول ۴ تعیین شد.

به منظور سنجش روایی پرسشنامه از روش روایی محتوا استفاده شد و اعتبار محتوا و روایی صوری این پرسشنامه توسط سه نفر از خبرگان مورد تأیید قرار گرفت. همچنین به‌منظور برآورد پایایی پرسشنامه از ضریب آلفای کرونباخ[3] استفاده شد که آلفای کرونباخ

[1] Project Management Body of Knowledge (PMBOK)

[2] Make span

[3] Cronbach

جدول ۲- ریسک‌های شناسایی‌شده در شرکت آبفار گیلان

Table 2. Identified risks at the ABFAR Company Guilan

	Risk code	Risk heading-first part
Human Resource Management	RA1	Failure to properly select the contractor and their inadequate qualifications
	RA2	Lack of sufficient knowledge in the employer and designer group
	RA3	The existence of human errors
	RA4	Inappropriate allocation of manpower
	RA5	Contractor bankruptcy
	RA6	Absence of indicators of human resource performance evaluation
	RA7	Financial inability of the contractor
	RA8	Lack of specialized training for contractors and employees
	RA9	Long time to contract with the contractor
	RA10	Labor productivity
	RA11	Corruption in human resources
	RA12	Lack of timely manpower
Cost Management	RA13	Lack of adequate funding and lack of timely provision
	RA14	Non-payment in due time of claims of contractors and related personnel
	RA15	Taxes and duties
	RA16	Sudden rise in the price of materials and equipment
	RA17	Unpredictable costs
Time Management	RA18	Failure to complete the project at a specified time
	RA19	Delay in contracts
	RA20	Late payment of the contractor
	RA21	Failure to determine sequence of activities
	RA22	No formal holiday forecast for all factors involved in the project
	RA23	Failure to monitor compliance with project scheduling by employer or consultant
	RA24	Risk due to change in peak season population
	RA25	Failure to provide a solution to compensate for the time lag for project implementation by the consultant and employer
Procurement Management	RA26	Failure to provide timely materials and equipment
	RA27	Failure to provide accurate project requirements
	RA28	Existence of sanctions in providing some resources
	RA29	Failure to meet the quality standards of the goods at the time of supply of goods and logistics
	RA30	Absence of inventory control system for supplying goods and equipment in accordance with requests
Communication Management	RA31	Lack of proper communication between executive agents
	RA32	Lack of a mechanized system for providing goods and services
	RA33	Failure to determine the scope of the contractor's authority, in order to correct shortcomings during the work
	RA34	Identify unexplained executive problems in project implementation by experts
	RA35	Failure to report accurate and timely performance
	RA36	Directives and Instructions
	RA37	The problem with the relationship between the employer's structure and the licensors
Scope Management	RA38	Determine the exact scope of the project
	RA39	Problems arising from an increase in the contract in exploiting the project
	RA40	Applying changes to the scope of the project by the employer
	RA41	Changes in the design of water transmission lines
Quality Management	RA42	Failure to use feedback results in quality control and implementation
	RA43	Failure to periodically supervise the employer and the QC in a timely manner
	RA44	Failure to comply with performance standards by the contractor
	RA45	Network Burnout
Integration Management	RA46	Failure to supervise quality control inspectors
	RA47	Lack of coordination with organizations in project implementation
	RA48	Failure to identify the reservation to avoid stopping the project and use the contractor's maximum power
Risk Management	Risk code	Risk heading-second part
	RA49	Lack of coordination and integrity of the various units of the organization in the correct implementation of programs
	RA50	Unpleasant atmospheric conditions
	RA51	The phenomenon of soil subsidence
	RA52	Lack of knowledge management in the employer and consultant group
	RA53	Failure to predict executive solutions for potential risks in project implementation
	RA54	Lack of prediction and corrective actions to reduce the problems caused by atmospheric factors
Stakeholdets Management	RA55	Terms of the HSE governing the location of the project workshop (both for the community and for the contractors)
	RA56	The risk is 100% state-owned
	RA57	Lack of evaluation of contractors and managers
	RA58	Social problems in determining the pipeline location
	RA59	Lack of local contractors in place
	RA60	The lake of awareness of the benefits of project implementation for them

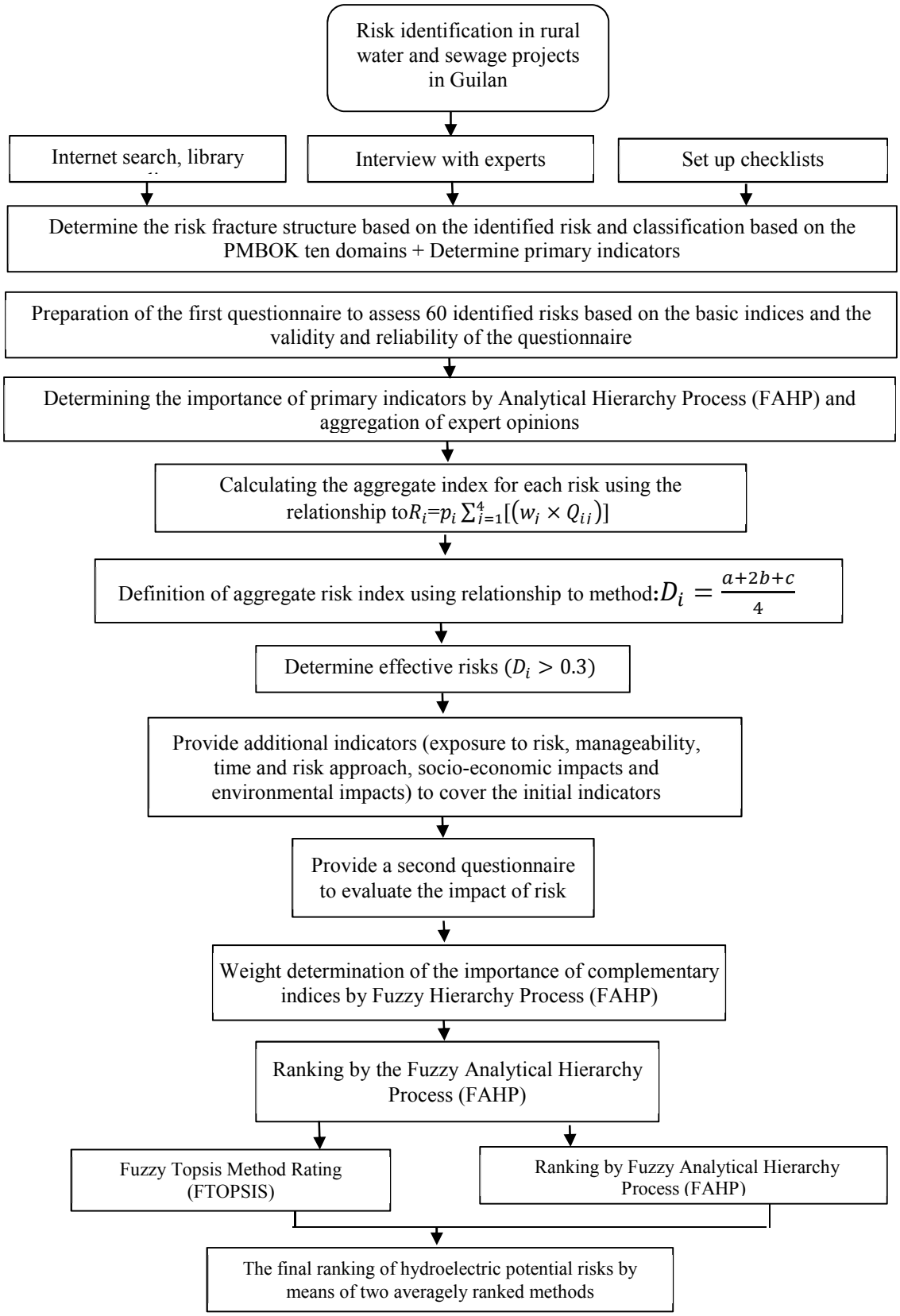

Fig. 1. Research steps

شکل ۱- مراحل پژوهش

جدول ۳- میزان احتمال و اثرگذاری ریسک بر شاخص پروژه بر اساس استاندارد PMBOK

Table 3. Likelihood and risk effectiveness on the project index bassed on standard PMBOK

	PMBOK standard	Five spectrum	Language variable
Probability of occurrence	Less than 5%	Very low (VL)	(0, 0.1, 0.3)
	Between 6% and 25%	Low (L)	(0.1, 0.3, 0.5)
	Between 26% and 50%	Medium (M)	(0.3, 0.5, 0.7)
	Between 51% and 70%	High (H)	(0.5, 0.7, 0.9)
	More than 71%	Very high (VH)	(0.7, 0.9, 1)
Cost	Increased marginal cost	Very low (VL)	(0, 0.1, 0.3)
	Increase the cost of less than 10% of the contract resources	Low (L)	(0.1, 0.3, 0.5)
	Increase the cost from 10 to 20% of the contract resources	Medium (M)	(0.3, 0.5, 0.7)
	Increase the cost from 20 to 40% of the contract resources	High (H)	(0.5, 0.7, 0.9)
	Increase the cost of more than 40% of resources	Very high (VH)	(0.7, 0.9, 1)
Time	Slight delay	Very low (VL)	(0, 0.1, 0.3)
	Latency less than 5% of the duration of the contract	Low (L)	(0.1, 0.3, 0.5)
	Delay from 5% to 10% of the duration of the contract	Medium (M)	(0.3, 0.5, 0.7)
	Delay from 10% to 20% of the duration of the contract	High (H)	(0.5, 0.7, 0.9)
	Delay more than 20% of the duration of the treaty	Very high (VH)	(0.7, 0.9, 1)
Performance	Decreased subtle performance	Very low (VL)	(0, 0.1, 0.3)
	Low yield reduction	Low (L)	(0.1, 0.3, 0.5)
	Reduced performance requires approval by the employer	Medium (M)	(0.3, 0.5, 0.7)
	Unacceptable Employer Performance	High (H)	(0.5, 0.7, 0.9)
	Unusable function	Very high (VH)	(0.7,0.9,1)
Quality	Decrease quality subtleties	Very low (VL)	(0,0.1, 0.3)
	Low quality reduction	Low (L)	(0.1,0.3,0.5)
	Quality requires approval by the employer	Medium (M)	(0.3,0.5,0.7)
	Unacceptable quality of the employer	High (H)	(0.5,0.7,0.9)
	Quality unusable	Very high (VH)	(0.7,0.9,1)

جدول ۴- اعداد فازی ارجحیت‌ها در مقایسات زوجی

Table 4. Fuzzy numbers of preferences in a pairwise comparsion

Languages variables	Triangular fuzzy numbers
Equal	(1, 1, 1)
Low	(1, 2, 4)
Less than medium	(1, 3, 5)
Medium	(3, 5, 7)
More than meduim	(5, 7, 9)
High	(6, 8, 10)
Very high	(7, 9, 11)

کل به‌وسیله نرم‌افزار SPSS برابر ۰/۸۷۵ به‌دست آمد که نشانگر اعتماد مناسب پرسشنامه است.

مرحله چهارم: در این مرحله وزن و اهمیت شاخص‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) مشخص شد.

مرحله پنجم: در این مرحله تعداد خبرگان برابر با k=۱۰ نفر در نظر گرفته شد و تخمین فازی نظرات آن‌ها (Q_{ij}) بر اساس اعداد فازی مثلثی با استفاده از معادله ۱ با هم تلفیق شد

$$Q_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}); 1,2,...10; i = 1,2,...I, j = 1,2,...j$$
$$a_{ij} = \min k\{a_{ijk}\}, b_{ij} = \frac{1}{k}\sum_{k=1}^{K} b_{ijk}, c_{ij} = \max_k \{c_{ijk}\} \quad (۱)$$

که در این معادله

i ریسک i اُم، j شاخص اولیه jاُم، a_{ij} کمترین مقدار، b_{ij} میانگین مقدار و c_{ij} بیشترین مقدار ریسک i نسبت به شاخص اولیه j طبق نظر خبرگان است. با توجه به شاخص‌های احتمال وقوع ریسک (p_i)

و میزان اثرگذاری ریسک بر شاخص زمان، هزینه، کیفیت و عملکرد، می‌توان یک شاخص تجمیعی ریسک (R_j) بر اساس هر یک از ریسک‌ها را مطابق معادله ۲ تعریف کرد

$$R_i = p_i \sum_{i=1}^{4} (w_j \times Q_{ij}) \quad (۲)$$

که در این معادله

p_i احتمال وقوع ریسک و $Q_{i1}....Q_{i4}$ به‌ترتیب شدت اثر ریسک بر زمان، هزینه، کیفیت و عملکرد پروژه است و همچنین اهمیت شاخص‌های زمان، هزینه، کیفیت و عملکرد پروژه $w_1...w_4$ با توجه به نظرت خبرگان در مرحله قبلی تعیین شده است. مجموع این اوزان برابر با یک است. در این معادله با توجه به اینکه احتمال وقوع ریسک‌ها نیز فازی است، شاخص تجمیعی ریسک (R_i) از ضرب فازی احتمال وقوع در حاصل جمع شدت اثر ریسک بر شاخص‌های اولیه و وزن هر یک از این شاخص‌ها تعیین می‌شود. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، تعریف ساده و اولیه ریسک یعنی (احتمال × اثرگذاری ریسک) در شاخص تجمیعی ریسک نهفته است ولی افزون بر این مزیت، مفهوم شدت اثر ریسک بر چهار شاخص زمان، هزینه، کیفیت و عملکرد با وزن‌های متفاوت بسط و گسترش داده شده است.

مرحله ششم: در این مرحله با توجه به اینکه R_i یک عدد فازی مثلثی است، به‌منظور مقایسه دو عدد فازی و همچنین به دلیل متغیرها و محاسبات گسترده، اعداد فازی به اعداد قطعی تبدیل می‌شود که اصطلاحاً به‌عنوان دیفازی کردن شناخته می‌شود (Zammori et al., 2009)؛ بنابراین معادله ۳ شاخص تجمیعی ریسک قطعی شده D_i به ازای هر ریسک محاسبه می‌شود

$$D_i = \frac{a + 2b + c}{4} \quad (۳)$$

مرحله هفتم: طی اتفاق آرا میان خبرگان، ریسک‌های با مقادیر (D_i) کمتر از ۰/۳ به‌عنوان ریسک‌های کم اهمیت‌تر شناخته شدند. لذا ۱۶ ریسک از ریسک‌های اولیه (با مقدار ($D_i \geq ۰/۳$)) به‌عنوان ریسک‌های تأثیرگذار طبق نظر خبرگان شناسایی شد.

مرحله هشتم: با توجه نظر خبرگان در خصوص عدم کفایت شاخص‌های مرسوم احتمال وقوع و میزان تأثیر، شاخص‌های تکمیلی که متناسب با اقلیم و منطقه جغرافیایی مورد مطالعه است، پیشنهاد شدند. این شاخص‌ها عبارت‌اند از نزدیکی زمان وقوع ریسک، اثرات اجتماعی- اقتصادی و اثرات زیست‌محیطی. همچنین چهار شاخص اولیه زمان، هزینه، کیفیت و عملکرد در یک شاخص به نام مدیریت‌پذیری تجمیع شد تا کار محاسبات آسان‌تر شود؛ بنابراین در ارزیابی ریسک‌های تأثیرگذار، پنج شاخص تکمیلی نزدیکی زمان وقوع ریسک، میزان مواجه با ریسک، اثرات اجتماعی- اقتصادی، مدیریت‌پذیری و اثرات زیست‌محیطی استفاده شدند.

مرحله نهم: پس از مشخص شدن ریسک‌های تأثیرگذار به‌منظور ارزیابی این ریسک‌ها، پرسشنامه دوم طراحی شد که شامل سه بخش است. در بخش اول، اهمیت (وزن) شاخص‌های تکمیلی به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی توسط خبرگان مورد قضاوت قرار گرفت. در بخش دوم ریسک‌های تأثیرگذار با توجه به شاخص‌های تکمیلی (نزدیکی زمان وقوع، میزان مواجهه با ریسک، مدیریت‌پذیری، اثرات اجتماعی-اقتصادی و اثرات زیست‌محیطی) توسط خبرگان با استفاده از جدول ۳ امتیازدهی شد که نتیجه آن در روش تاپسیس فازی استفاده می‌شود. در بخش سوم به مقایسه زوجی ریسک‌ها به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی پرداخته شد.

مرحله دهم: در این مرحله، انجام محاسبات وزن شاخص‌های تکمیلی و رتبه‌بندی ریسک‌های تأثیرگذار بر اساس دو روش تاپسیس فازی و AHP فازی انجام شد.

مرحله یازدهم: پس از محاسبه رتبه ریسک‌ها توسط دو روش مذکور، رتبه نهایی ریسک‌های پروژه‌های آب و فاضلاب از طریق روش میانگین‌گیری ساده مشخص شدند.

۲-۱- روش تحلیل سلسله مراتبی فازی[1] چانگ[2]

هرچند هدف از به‌کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی به‌دست آوردن نظر کارشناسان و متخصصان است، با این وجود روش تحلیل سلسله مراتبی معمولی به‌درستی نحوه تفکر انسانی را منعکس نمی‌کند زیرا در مقایسه‌های زوجی این روش، از اعداد دقیق استفاده می‌شود. به‌علاوه، وجود مقیاس نامتوازن[3] در

[1] Chang
[2] Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP)
[3] Unbalanced scale

dx.doi.org/10.22093/wwj. 2019.149372.2750

قضاوت‌ها، عدم قطعیت و نادقیق بودن مقایسه‌های زوجی، سبب می‌شود تصمیم‌گیرندگان نتوانند به‌صراحت نظرشان را در مورد برتری‌ها اعلام کنند.

برای غلبه بر این مشکلات، روش تحلیل سلسله مراتبی فازی ارائه شده است. در این روش، از تصمیم‌گیرنده خواسته می‌شود تا عناصر هر سطح را نسبت به هم مقایسه کنند و اهمیت نسبی عناصر را با استفاده از اعداد فازی جدول ۴ بیان کنند.

مراحل روش تحلیل سلسله مراتبی به روش چانگ به شرح زیر است (Chang, 1996).

مرحله ۱: ترسیم درخت سلسله مراتبی: در این مرحله، ساختار سلسله مراتب تصمیم، با استفاده از شاخص‌های تکمیلی و ریسک‌ها ترسیم می‌شود.

در هر تحلیل چندمعیاره‌ای رسم نمودار سلسله مراتبی (درخت تصمیم) یکی از گام‌های اولیه و مهم است زیرا پس از ترسیم این نمودار، هدف، ساختار سلسله‌مراتب شاخص‌ها و گزینه‌ها (ریسک‌ها) به‌روشنی مشخص می‌شود.

مرحله۲: تشکیل ماتریس مقایسه‌های زوجی: ماتریس مقایسه‌های زوجی، با بهره‌گیری از اعداد فازی مثلثی $A_{i,j} = (a_{ij},b_{ij},c_{ij})$ و بر اساس نظرات خبرگان و مبتنی بر طیف جدول ۴ تشکیل می‌شود

(۴)

$$\tilde{A}=\begin{bmatrix} (1,1,1) & \begin{Bmatrix}\tilde{a}_{121}\\ \dots\\ \tilde{a}_{12K_{12}}\end{Bmatrix} & \dots & \begin{Bmatrix}\tilde{a}_{1J1}\\ \dots\\ \tilde{a}_{1JK_{1J}}\end{Bmatrix} \\ \begin{Bmatrix}\tilde{a}_{211}\\ \dots\\ \tilde{a}_{21K_{21}}\end{Bmatrix} & (1,1,1) & \dots & \begin{Bmatrix}\tilde{a}_{2J1}\\ \dots\\ \tilde{a}_{2JK_{2J}}\end{Bmatrix} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \begin{Bmatrix}\tilde{a}_{I11}\\ \dots\\ \tilde{a}_{I1K_{I1}}\end{Bmatrix} & \begin{Bmatrix}\tilde{a}_{I21}\\ \dots\\ \tilde{a}_{I2K_{I1}}\end{Bmatrix} & \dots & (1,1,1) \end{bmatrix}$$

در این ماتریس، k_{ij} تعداد خبرگان است که توسط ایشان به ارزیابی اهمیت درایه i (ریسک) نسبت به شاخص تکمیلی j پرداخته شده است.

مرحله ۳: میانگین حسابی نظرات: میانگین حسابی نظرات خبرگان $\tilde{a}_{ij}$، به‌صورت ماتریس زیر و معادله ۵ محاسبه می‌شود

$$\tilde{A}=\begin{bmatrix} (1,1,1) & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1J} \\ \tilde{a}_{21} & (1,1,1) & \dots & \tilde{a}_{2J} \\ \dots & \dots & (1,1,1) & \tilde{a}_{3J} \\ \tilde{a}_{I1} & \tilde{a}_{I2} & \dots & (1,1,1) \end{bmatrix}$$

$$\tilde{a}_{ij}=\frac{\sum_{kij=1}^{Kij} a_{ijk}}{K_{ij}} \quad i=1,2,\dots,I \quad j=1,2,\dots,J \qquad (۵)$$

مرحله ۴: محاسبه مجموع عناصر سطر: مجموع عناصر سطرها $(\tilde{S}_i)$ از معادله ۶ محاسبه می‌شود

$$\tilde{s}_i=\sum_{j=1}^{J}\tilde{a}_{ij} \quad i=1,2,\dots,I \qquad (۶)$$

مرحله ۵: نرمالایز کردن: مجموع سطرها $(\tilde{M}_i)$ از معادله ۷ نرمالایز می‌شود

$$\tilde{M}_i=\tilde{S}_i\otimes\left[\sum_{J=1}^{J}\tilde{S}_i\right]^{-1} \quad i=1,2,\dots,I \qquad (۷)$$

هنگام محاسبه ماتریس، $\tilde{M}_i$ هر یک از اجزای اعداد فازی، نظیر به نظیر جمع شده و در معکوس فازی مجموع کل ضرب می‌شود. این مرحله مشابه محاسبه وزن‌های نرمال شده در روش AHP، ولی با اعداد فازی است. درصورتی‌که $\tilde{S}_i$ به‌صورت (l_i,m_i,u_i) در نظر گرفته شود، معادله فوق، به‌صورت معادله ۸ محاسبه می‌شود

$$\tilde{M}_i=\left(\frac{l_i}{\sum_{i=1}^{I}u_i},\frac{m_i}{\sum_{i=1}^{I}m_i},\frac{u_i}{\sum_{i=1}^{I}l_i}\right) \qquad (۸)$$

مرحله ۶: تعیین درجه احتمال بزرگ‌تر بودن: درجه احتمال بزرگ‌تر بودن هر M_i نسبت به سایر M_i ها محاسبه و $d(A_i)$ نامیده می‌شود.

درجه بزرگ‌تر بودن (ارجحیت) عدد فازی مثلثی $M_2=(l_2,m_2,u_2)$ نسبت به عدد فازی مثلثی $M_1=(l_1,m_1,u_1)$ برابر است با

(۹)

$$V\ (m_2 \geq m_1) = \begin{cases} 1 & if\ \ldots m_2 \geq m_1 \\ 0 & if\ \ldots l_1 \geq u_2 \\ \dfrac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & otherwise \end{cases}$$

در عدد فازی M، (l_1,m_1,u_1) به‌ترتیب از چپ به راست، مؤلفه اول حداقل نظرات، مؤلفه دوم میانگین نظرات خبرگان و مؤلفه سوم حداکثر نظرات آنان است.

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، d مختصات بالاترین نقطه در منطقه اشتراک و برخورد دو تابع است. برای مقایسه M_1 و M_2 محاسبه هر دو مقدار $V(m_2 \geq m_1)$ و $V(m_1 \geq m_2)$ ضروری است. میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از عدد فازی مثلثی دیگر d(m) از معادله ۹ به‌دست می‌آید

(۱۰)

$$d(m) = V(M \geq M_1, M_2, ,..., M_1) = V[(M \geq M_1) \text{and}$$
$$(M \geq M_2) ...\text{and}\ \ (M \geq M_1)] = \min V(M \geq M_i), ...i = 1,2,3...I$$

که در آن i، ریسک‌های تأثیرگذار در پروژه است.

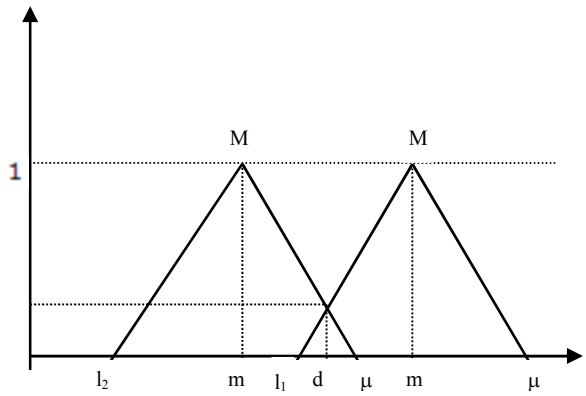

Fig. 2. The priority of two triangular fuzzy numbers

شکل ۲- اولویت دو عدد فازی مثلثی

مرحله ۷: نرمالایز کردن: با نرمالایز کردن بردار وزن‌ها، وزن‌های نرمالایز (w) به‌دست می‌آیند

$$w = \left[\frac{d(A_1)}{\sum_{i=1}^{I} d(A_i)}, \frac{d(A_2)}{\sum_{i=1}^{I} d(A_i)}, ..., \frac{d(A_I)}{\sum_{i=1}^{I} d(A_I)} \right] \qquad (۱۱)$$

وزن‌های فوق، وزن قطعی (غیرفازی) هستند. با تکرار این فرایند، اوزان تمامی ماتریس‌های مقایسه‌های زوجی ریسک‌ها نسبت به هر یک از شاخص‌های تکمیلی که شامل پنج جدول ماتریس (به تعداد شاخص‌های تکمیلی) می‌باشد، به دست می‌آیند.

مرحله ۸: ترکیب اوزان: با ترکیب وزن‌های گزینه (ریسک) و شاخص‌ها، وزن نهایی به دست می‌آید.

۲-۲- روش تاپسیس فازی (FTOPSIS)

روش تاپسیس فازی، یکی از روش‌های مورد استفاده در تصمیم‌گیری فازی است. چن و هوانگ مراحل استفاده از روش تاپسیس فازی در یک مسئله تصمیم‌گیری چندشاخصه را به‌صورت زیر ارائه کرده‌اند (Chen and Hwang, 1992)

مرحله ۱: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری فازی: ماتریس تصمیم‌گیری شامل ۱۶ سطر (ریسک) در ۵ ستون (شاخص تکمیلی) ایجاد می‌شود.

مرحله ۲: اگر اعداد فازی به‌صورت مثلثی باشند، درایه‌های ماتریس تصمیم بی‌مقیاس برای شاخص‌های مثبت و منفی از معادلات ۱۲ و ۱۳ محاسبه می‌شود

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right); c_j^* = \max\{c_{ij}\} \qquad (۱۲)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right); a_j^- = \min\{a_{ij}\} \qquad (۱۳)$$

مرحله ۳: با توجه به وزن شاخص‌های مختلف، ماتریس تصمیم فازی وزن‌دار از ضرب کردن ضریب اهمیت مربوط به هر شاخص در ماتریس بی مقیاس شده فازی به‌صورت معادله ۱۴ به‌دست می‌آید. همچنین نقطه ایده‌ال مثبت (PIS) از معادله ۱۵ و نقطه ایده‌ال منفی (NIS) از معادله ۱۶ به‌دست می‌آید

$$\tilde{V}_{i,j} = [r_{i,j} \otimes w_j] \qquad (۱۴)$$

$$PIS = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \tilde{v}_3^*, ..., \tilde{v}_I^*) \text{where} \rightarrow$$
$$\tilde{v}_j^* = (\tilde{c}_j^*, \tilde{c}_j^*, \tilde{c}_j^*) \text{and} (\tilde{c}_j^* = \max\{\tilde{c}_{ij}^*\}$$
$$i = 1,2,...I \qquad (۱۵)$$

$$NIS=(\tilde{v}_1^-,\tilde{v}_2^-,\tilde{v}_3^-,....,\tilde{v}_J^-)\text{where}\rightarrow \\ \tilde{v}_j^-=(\tilde{c}_j^-,\tilde{c}_j^-,\tilde{c}_j^-)\text{and}(\tilde{a}_j^-=\max\{\tilde{a}_{ij}^*\} \\ i=1,2,...I \qquad (۱۶)$$

مرحله ۴: محاسبه فاصله هر ریسک از نقاط ایده‌آل مثبت (d_i^+) و منفی (d_i^-) از دو معادله ۱۷ و ۱۸ انجام می‌شود

$$d_i^+=\sum_{j=1}^{J} d_v(\tilde{V}_{i,j},\tilde{v}_j^*);\ i=1,2,...I \qquad (۱۷)$$

$$d_i^-=\sum_{j=1}^{J} d_v(\tilde{V}_{i,j},\tilde{v}_j^-);\ i=1,2,...I \qquad (۱۸)$$

مرحله ۵: محاسبه نزدیکی ریسک‌ها به ایده‌ال مثبت (cc_i) و رتبه‌بندی آن‌ها از معادله ۱۹ صورت می‌گیرد

$$cc_i=\frac{d_i}{d_i^+ + d_i^-};\ i=1,2,...I \qquad (۱۹)$$

به این ترتیب بعد از تعیین رتبه ریسک‌ها به دو روش FTOPSIS و FAHP از روش میانگین‌گیری ساده رتبه نهایی ریسک‌ها تعیین می‌شود.

۳- نتایج و بحث

مطابق با گام نخست روش تاپسیس فازی، ماتریس تصمیم‌گیری ارزیابی ریسک‌ها نسبت به هر یک از شاخص‌های تکمیلی به‌دست آمد؛ میانگین نظرات خبرگان در خصوص هر یک از ریسک‌ها بر مبنای جدول ۴، در جدول ۵ آورده شده است.

وزن شاخص‌های اولیه (زمان، هزینه، کیفیت، عملکرد) که از روش تحلیل سلسله مراتبی به‌دست‌آمده در جدول ۶ مشاهده می‌شود.

مطابق جدول ۶، شاخص زمان بیشترین میزان اهمیت را طبق نظر خبرگان دارد (W_1=۰/۳۴). شاخص‌های هزینه و کیفیت و عملکرد به‌ترتیب دارای وزن‌های ۰/۳۱، ۰/۱۸، ۰/۱۷ هستند. ماتریس مقایسه‌های زوجی میان پنج شاخص میزان مواجهه با

جدول ۵- ماتریس تصمیم‌گیری فازی

Table 5. Fuzzy Decision Matrix

Criterion risk code	Cnvironmental effects	Social-economic impacts	Manageability level	Exposure to risk	The proximity of the time of occurrence of the risk
RA1	(0, 0.1, 0.3)	(0.3, 0.56, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0, 0.18, 0.5)	(0.3, 0.5, 0.7)
RA7	(0, 0.1, 0.3)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.1, 0.39, 0.5)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)
RA41	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0, 0.19, 0.5)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.1, 0.3, 0.5)
RA13	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0, 0.1, 0.3)	(0.5, 0.7, 0.9)
RA14	(0, 0.1, 0.3)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0, 0.15, 0.5)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)
RA16	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.3, 0.65, 0.9)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.3, 0.58, 0.9)
RA42	(0, 0.1, 0.3)	(0, 0.1, 0.3)	(0.3, 0.66, 0.9)	(0.5, 0.76, 1)	(0, 0.1, 0.3)
RA18	(0.1, 0.3 ,0.5)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)
RA19	(0, 0.1, 0.3)	(0.5, 0.86, 1)	(0.3, 0.64, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0, 0.37, 0.5)
RA31	(0.3, 0.65, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.1, 0.3, 0.5)
RA59	(0,0.1,0.3)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0, 0.1, 0.3)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0, 0.32, 0.5)
RA57	(0, 0.1, 0.3)	(0.3, 0.46, 0.7)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.3, 0.58, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)
RA39	(0, 0.1, 0.3)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0, 0.15, 0.3)	(0.1,0.3,0.5)	(0.1, 0.3, 0.5)
RA16	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0, 0.1, 0.3)	(0.3, 0.59, 0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)
RA49	(0, 0.1, 0.3)	(0, 0.1, 0.3)	(0, 0.1, 0.3)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.3,0.5,0.7)
RA51	(0, 0.1, 0.3)	(0.3, 0.56, 0.7)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.1, 0.3, 0.5)

جدول ۶- وزن اهمیت شاخص‌های اولیه

Table 6. Primary index importance weight

Weights	W1	W2	W3	W4
Amounts	0.34	0.31	0.18	0.17

ریسک، نزدیکی زمان وقوع ریسک، میزان مدیریت‌پذیری، اثرات اجتماعی-اقتصادی و اثرات محیط زیستی در جدول ۷ قابل مشاهده است. مطابق جدول ۷، به‌عنوان مثال اهمیت شاخص میزان مواجهه با ریسک نسبت به شاخص اثرات محیط زیستی (۵،۷،۹) است که نشان از اهمیت بیشتر از متوسط این شاخص نسبت به شاخص اثرات محیط زیستی دارد. وزن شاخص‌های تکمیلی که از روش تحلیل سلسله مراتبی به‌دست‌آمده در جدول ۸ مشاهده می‌شود.

مطابق جدول ۸، شاخص میزان مواجهه با ریسک با وزن ۰/۳۷۴ بیشترین میزان اهمیت را طبق نظر خبرگان دارد و ریسک‌های میزان مدیریت‌پذیری، اثرات اجتماعی- اقتصادی، نزدیکی زمان وقوع و اثرات محیط زیستی با وزن ۰/۲۴۲، ۰/۱۷۸، ۰/۱۰۴ و ۰/۱۰۲ به‌ترتیب در اولویت‌های بعدی قرار گرفتند.

بر این اساس مشخص شد که سه شاخص تکمیلی که بر اساس نظرات خبرگان در مرحله دوم برای ارزیابی ریسک‌های تأثیرگذار اضافه شد، دارای اهمیت کمتری نسبت به دو شاخص اصلی میزان مواجهه با ریسک (احتمال وقوع) و مدیریت‌پذیری (شدت اثر) هستند.

رتبه نهایی هر یک از ریسک‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی و تاپسیس فازی و ادغام رتبه دو روش به روش میانگین ساده و تعیین رتبه نهایی در جدول ۹ ارائه شده است.

بر اساس نتایج جدول ۹ مشاهده می‌شود که بعد از تعیین رتبه ریسک‌ها از دو روش مذکور و تعیین رتبه نهایی از طریق روش میانگین‌گیری ساده، ریسک عدم تأمین بودجه کافی و عدم تأمین به‌موقع آن با امتیاز ۰/۱۸۵ به روش FAHP و امتیاز ۰/۷۲۶ به روش تاپسیس فازی، به‌عنوان اولویت اول انتخاب شد.

در ادامه ریسک عدم پرداخت به‌موقع مطالبات پیمانکاران و نیروی انسانی مرتبط، با امتیاز ۰/۱۲۹ به‌روش FAHP و امتیاز ۰/۷۱۹ به روش تاپسیس فازی به‌عنوان اولویت دوم انتخاب شد. همچنین ریسک عدم به‌کارگیری نتایج بازخورد در کنترل کیفیت و اجرا، با امتیاز ۰/۰۷۰۷ و رتبه ۳ در روش (FTOPSIS) و امتیاز ۰/۰۹۹ و رتبه ۴ در روش (FAHP) و میانگین رتبه ۳/۵، در اولویت سوم قرار گرفت.

جدول ۷- ماتریس مقایسات زوجی شاخص‌های تکمیلی در محیط فازی (FAHP)

Table 7. The matrix of pairwise comparison of indexes in a fuzzy environment (FAHP)

Benchmark comparison	Exposure to risk	Time of occurrence of risk	Manageability level	Socio-economic impacts	Environmental effects
Exposure to risk	(1, 1, 1)	(2, 4, 6)	(1, 2, 4)	(3,5,7)	(5,7,9)
Time of occurrence of risk	(0.167, 0.25, 0.5)	(1, 1, 1)	(0.2, 0.334, 1)	(0.143, 0.2, 0.334	(0.125, 0.167, 0.2)
Manageability level	(0.25, 0.5,1)	(1, 3, 5)	(1, 1, 1)	(3,5,7)	(3, 5, 7)
Socio-economic impacts	(0.143, 0.2, 0.334)	(3, 5, 7)	(0.143, 0.2, 0.334)	(1, 1, 1)	(1, 2, 4)
Environmental effects	(0.125, 0.167, 0.25)	(4, 6, 8)	(0.143, 0.2, 0.334)	(0.25, 0.5, 1)	(1, 1, 1)

جدول ۸- وزن شاخص‌های تکمیلی

Table 8. Weight of Additional Indexes

Additional indexes	Environmental effects	Social-economic impacts	Manageability level	Exposure to risk	The proximity of the time of occurrence of the risk
Fuzzy numbers	0.102	0.178	0.242	0.104	0.374

جدول ۹- رتبه‌بندی نهایی ریسک‌ها

Table 9. Final Risk Rating

Risk heading	Risk code	Risk score		Risk rating		Average ratings (Merg)	The final rank
		FAHP	FTOPSIS	FAHP	FTOPSIS		
Failure to properly select the contractor and their inadequate qualifications	RA1	0.027	0.0635	12	10	10.5	10
Financial inability of the contractor	RA7	0.079	0.0706	6	4	5	5
Changes in the design of water transmission lines	RA41	0.038	0.0674	9	8	8.5	9
Lack of adequate funding and lack of timely provision	RA13	0.185	0.0726	1	1	1	1
Non-payment in due time of claims of contractors and related personnel	RA14	0.129	0.0719	2	2	2	2
Failure to provide timely materials and equipment	RA16	0.088	0.0680	5	5	5	5
Failure to use feedback results in quality control and implementation	RA42	0.099	0.0707	4	3	3.5	3
Failure to complete the project in due time	RA18	0.116	0.0680	3	5	4	4
Delay in contracts	RA19	0.056	0.0676	7	7	7	7
Lack of proper communication between executive agents	RA31	0.016	0.0512	14	15	14.5	15
Lack of local contractors in place	RA59	0.023	0.0521	12	13	12.5	13
Lack of evaluation of contractors and managers	RA57	0.026	0.0522	11	12	11.5	12
Problems arising from an increase in the contract in exploiting the project	RA39	0.0161	0.0517	13	14	13.5	14
Sudden rise in the price of materials and equipment	RA16	0.056	0.0670	7	9	8	8
Lack of coordination and integrity of the various units of the organization in the correct implementation of programs	RA49	0.037	0.0610	10	11	10.5	10
The phenomenon of soil subsidence	RA51	0.009	0.0455	15	16	15.5	16

۴- نتیجه‌گیری

نظر به اینکه شرکت آبفار گیلان برخلاف شرکت‌های آب و فاضلاب شهری و آب منطقه‌ای، کاملاً دولتی است و اعتبارات آن از طریق دولت تأمین می‌شود، بنابراین باید تمهیدات ویژه‌ای در تأمین بودجه مورد نیاز صورت بگیرد و بررسی‌های دقیق‌تری از اعتبارسنجی در پروژه‌های مختلف در فازهای مقدماتی انجام شود. به‌منظور مدیریت ریسک عدم پرداخت به موقع مطالبات پیمانکاران، باید التزام در پرداخت به موقع مطالبات از سوی دولت صورت پذیرد. به‌علاوه، بدهی دولت به پیمانکاران از طریق اوراق بهادار، رونق اقتصادی را تضمین می‌کند. این اوراق توسط وزارت

امور اقتصاد و دارایی منتشر می‌شود. مدیران شرکت باید با تجزیه و تحلیل نتایج و بازخوردهای به‌دست‌آمده از طریق ناظران اجرا و بازرسان کنترل کیفیت در بخش‌های مختلف پروژه، با تشکیل جلسات و کارگروه‌های تخصصی و مطالعات میدانی، راهکارهای عملی و بهتری در حل مسائل ارائه دهند.

۵- پیشنهاد

۱- با توجه به اینکه پژوهش حاضر در شرکت آب و فاضلاب روستایی گیلان انجام شد، ریسک‌ها با توجه به شرایط محیطی اقلیمی و نوع زمین و پیمانکاران منطقه، اولویت‌بندی شد. لذا می‌توان با استفاده از ساختار و شاخص‌های معرفی‌شده، به شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه‌های آبفار در سایر مناطق پرداخت.

۲- در پژوهش‌های آتی می‌توان از سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در رتبه‌بندی ریسک‌های پروژه استفاده نمود.

۳- در پژوهش‌های آینده می‌توان ریسک‌ها را بر مبنای دیگر استانداردهای مدیریت پروژه شناسایی و این استانداردها را باهم مقایسه کرد.

References

Amin Tahmasbi, H., Daghbandan, A. & Rahimian, A. 2015. Provide a consolidated approach to assess and rank factors influencing project safety success. *International Conference on Applied Research in Management, Engineering, Economics and Accounting with the Business Development Approach*, Tehran Teaching Institute, Tehran, Iran. (In Persian)

Amin Tahmasbi, H., Ebrahimi, S. A. & Rasaei, M. 2017. Identification and evaluation of project risks using fuzzy multi-attribute decision making techniques (case study: Shafarood dam project). *The 10th International Conference on Iranian Operations Research*, Iranian Association for Operations Research, Tehran, Iran. (In Persian)

Asgarian, M., Tabesh, M. & Rouzbahani, A. 2015. Risk assessment of wastewater collection performance using the fuzzy decision-making approach. *Journal of Water and Wastewater*, 26(4), 74-87. (In Persian)

Babayan, A., Kapelan, Z., Savic, D. & Walters, G. 2005. Least-cost design of water distribution networks under demand uncertainty. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 131, 375-382.

Chang, D.-Y. 1996. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95, 649-655.

Chapman, C. B., Ward, S., Wakeling, P. & Ridley, T. M. 2003. *Project risk management: processes, techniques and insights*, John Wiley and Sons, NY.

Chen, S.-J. & Hwang, C.-L. 1992. *Fuzzy multiple attribute decision making*, Springer, Berlin, Heidellberg.

Fattahi, P. & Fayyaz, S. 2010. A compromise programming model to integrated urban water management. *Water Resources Management*, 24, 1211-1227. (In Persian)

Hemati, M. & Bahoo, A. 2018. Representing a multi-attribute fuzzy ahp and fuzzy dematel approach in order to rank risk effective factors in powerhouse projects. *Sharif Journal of Indsutrial Engineering and Management*, 33(1), 63-74. (In Persian)

Khatami Firouzabadi, S. M. A., Vafadar Nikjoo, A. & Shahabi, A. 2013. Determining most significant project risk's categories with considering causal relations between them in the fuzzy environment. *Research Management in Iran*, 17, 49-69. (In Persian)

Kumaraswamy, M. & Zhang, X. 2001. Governmental role in BOT-led infrastructure development. *International Journal of Project Management*, 19, 195-205.

Nadali Jelokhani, A. H., Agha davood, S. R., Karbassian, M. & Abdul baghi, A. M. 2018. Evaluating and ranking safety risks of isfahan municipality construction projects using taxonomic techniques and risk breakdown structure approach. *Occupational Hygene and Health Promotion Journal*, 2, 89-102. (In Persian)

Nakhaei, J., Bitarafan, M., Joneidi, M. & Sattari, F. 2017. Risk assessment for water supply systems in iran during crises using the ramcap method. *Journal of Water and Wastewater*, 28(4)**,** 10-20. (In Persian)

Rezaeenour, J., Mozneb Imamzadeh, E. & Zaker, H. 2018. Identification and prioritization the risks of water supply and distribution system with a hybrid approach of AHP and extended TODIM (case study: Qazvin). *Journal of Tehran Disaster Management and Mitigation Organization (TDMMO)*, 8**,** 66-80. (In Persian)

Rose, K. H. 2013. *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)*, 5th Ed., Project Management Institute, Newtown Square, Pennsylvania, USA.

Turner Ii, B. 2010. Vulnerability and resilience: coalescing or paralleling approaches for sustainability science. *Global Environmental Change*, 20**,** 570-576.

Zammori, F. A., Braglia, M. & Frosolini, M. 2009. A fuzzy multi-criteria approach for critical path definition. *International Journal of Project Management*, 27**,** 278-291.

Zegordi, S. H., Nazari, A. & Rezaee Nik, E. 2014. Project risk assessment by a hybrid approach using fuzzy-anp and fuzzy-topsis. *Sharif Journal of Indusrial Engineering and Management*, 29 (1), 3-14. (In Persian)