

Journal of Water and Wastewater, Vol. 32, No. 4, pp: 34-46

Identification and Qualitative Risks Analysis of Project Tehran Sewerage Network by ANP Method and Comparison with FUZZY VIKOR Method

F. Maraghi¹, A. Monir Abbasi²

1. MSc. of Civil Engineering, University of Payame Noor, Tehran, Iran
(Corresponding Author) frg_m1@yahoo.com
2. Assoc. Prof., Dept. of Civil Engineering, Faculty of Technical and Engineering, University of Payame Noor, Tehran, Iran

(Received Dec. 6, 2020 Accepted March. 14, 2021)

To cite this article:

Maraghi, F., Monir Abbasi, A. 2021. "Identification and qualitative risks analysis of project Tehran sewerage network by ANP method and comparison with FUZZY VIKOR method" Journal of Water and Wastewater, 32(4), 34-46. Doi: 10.22093/wwj.2021.260344.3089. (In Persian)

Abstract

Due to the increase in urban life (especially Tehran) and environmental problems, there is a great need to implement urban sewerage projects. One of the most important things about these kinds of projects is risk management. In this study, at first we reviewed similar projects and interviewed experts to identify project risk. Then we analyzed them in two methods, Analytical Network Process and FUZZY VIKOR. Prioritized risks were very similar in both methods. In ANP method, each risk was ranked but in FUZZY VIKOR method, some of the risks that were slightly different were ranked in the same category. Risks such as delays in paying bills, delays in issuing municipal permits, and other high-ranking risks need to be planned and managed. The risk of delay in payment of status statements with the ideal value of 1 in the ANP method and also with the minimum values of S, R, Q 0.011, 0.011, -0.032 respectively, in the FUZZY VIKOR method, ranked first in both methods. It should be noted that the risks were identified and rated at the time of writing this paper. There are some suggestions and advice at the end.

Keywords: FUZZY VIKOR, ANP, Risk Identification, Qualitative Analysis, Sewerage Network.



مجله آب و فاضلاب، دوره ۳۲، شماره ۴، صفحه: ۴۶-۳۴

شناسایی و تحلیل کیفی ریسک‌های پروژه شبکه فاضلاب شهر تهران با روش ANP و مقایسه آن با روش FUZZY VIKOR

فرهنگ مراقی^۱، آرمین منیرعباسی^۲۱- کارشناسی ارشد، مهندسی عمران، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران
frg_m1@yahoo.com (نویسنده مسئول)

۲- دانشیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

(دریافت ۹۹/۹/۱۶ پذیرش ۹۹/۱۲/۲۴)

برای ارجاع به این مقاله به صورت زیر اقدام بفرمایید:

مراقی، ف.، منیرعباسی، آ.، ۱۴۰۰، شناسایی و تحلیل کیفی ریسک‌های پروژه شبکه فاضلاب شهر تهران با روش ANP و مقایسه آن با روش

FUZZY VIKOR "مجله آب و فاضلاب، ۳۲(۴)، ۴۶-۳۴. Doi: 10.22093/wwj.2021.260344.3089

چکیده

با توجه به افزایش زندگی شهرنشینی به خصوص تهران و مشکلات محیط‌زیستی، نیاز بیشتر به اجرای طرح‌های انتقال فاضلاب شهری وجود دارد. بنابراین با توجه به تعداد زیاد این پروژه‌ها در حال و آینده، مدیریت ریسک این پروژه‌ها اهمیت خاصی دارد. در این پژوهش ابتدا ریسک‌های پروژه با بررسی اسناد چند پروژه مشابه و سپس مصاحبه با افراد خبره و کارشناسان، شناسایی شد. بعد از آن با دو روش مختلف، یکی به روش تحلیل شبکه‌ای و دیگری، ویکور فازی به عنوان روشی جدیدتر، تحلیل کیفی ریسک‌ها و مقایسه انجام شد. ریسک‌های اولویت‌بندی شده در هر دو روش شباهت زیادی داشت. در روش تحلیل شبکه‌ای، هر ریسک در رتبه مشخص قرار گرفت در حالی که در روش ویکور فازی بعضی از ریسک‌ها که اختلاف جزئی داشتند در یک رتبه قرار گرفتند. ریسک‌هایی مانند تأخیر در پرداخت صورت وضعیت‌ها، تأخیر در صدور مجوز شهرداری و سایر ریسک‌هایی که در رتبه بالا قرار داشتند باید برنامه‌ریزی و مدیریت شوند. ریسک تأخیر در پرداخت صورت وضعیت‌ها با مقدار ایده آل ۱ در روش تحلیل شبکه‌ای و همچنین با مقدار کمینه S، R و Q به ترتیب $+0.11$ ، $+0.11$ و -0.32 در روش ویکور فازی، رتبه نخست، در هر دو روش شد. لازم به ذکر است ریسک‌های شناسایی شده و اولویت‌بندی شده در زمان تهیه این پژوهش بوده است. در آخر پیشنهادهای برای ریسک‌هایی که در اولویت بالا قرار داشتند، ارائه شد.

واژه‌های کلیدی: ANP، FUZZY VIKOR، شناسایی ریسک، تحلیل کیفی، شبکه فاضلاب

۱- مقدمه

مدیریت ریسک^۱ تاکید و اجرا شود (Hwang et al., 2014). بر اساس ویرایش ششم راهنمای دانش مدیریت پروژه^۲، مدیریت ریسک به عنوان یکی از ۱۰ حوزه مدیریت پروژه شامل

هر مرحله، از چرخه حیات پروژه، با توجه به ماهیت پیچیده و پویای طبیعت آن، درگیر با ریسک‌های مختلف می‌شود (Zhao et al., 2010) بنابراین برای اطمینان از دستیابی به اهداف پروژه، بدون در نظر گرفتن از وسعت پروژه باید در پروژه‌های ساخت و ساز،

¹Risk Management (RM)

²Project Management Body of Knowledge (PMBOK)



همچنین سو و همکاران برای چرخه آلومینیوم کامپوزیت با مواد بازیافتی از سه روش ANP، DEMATEL و VIKOR استفاده کردند (Hsu et al., 2012).

تارخ و همکاران طی پژوهشی پیرامون رتبه‌بندی اعتباری مشتریان بانک‌ها برای اعطای تسهیلات از روش FUZZY VIKOR استفاده کردند (Tarokh et al., 2014).

هوانگ و همکاران طی پژوهشی برای بررسی مدیریت ریسک در پروژه‌های ساخت و ساز کوچک در سنگاپور، از ۶۶۸ پروژه ارائه شده توسط ۳۴ شرکت از نظر وضعیت، موانع و تأثیر مدیریت ریسک بر عملکرد پروژه، تجزیه و تحلیل نتایج، سطح نسبتاً پایین اجرای مدیریت ریسک در پروژه‌های کوچک را نشان دادند که کمبود زمان، کمبود بودجه، سود کم و مقرون به صرفه نبودن، از جمله موانع برجسته اجرای مدیریت ریسک در این پروژه‌ها بود (Hwang et al., 2014).

هاتفی و حیدری طی پژوهشی با استفاده از مدل یکپارچه FUZZY AHP و FUZZY VIKOR به ارزیابی و اولویت‌بندی پروژه‌های ساخت در حوزه راه‌سازی در اصفهان بر اساس فاکتورهای ریسک پرداختند که در آن با استفاده از روش FUZZY AHP برای تعیین مقدار اهمیت معیارهای انتخاب شده در فرایند ارزیابی پروژه‌ها استفاده شد و بعد رتبه‌بندی با روش FUZZY VIKOR انجام شد. در این پژوهش، نتایج حاصل از پیاده‌سازی روش FUZZY AHP نشان می‌دهد که از بین فاکتورهای اصلی ریسک، زمان و هزینه، اهمیت بیشتری نسبت به سایر فاکتورهای ریسک دارند. همچنین، ضعف در برنامه زمان‌بندی ساخت و ساز، فروپاشی (عیب و نقص) ساخت و قیمت زیاد مناقصه به‌عنوان مهمترین زیرفاکتورهای ریسک شناخته شدند (Hatefi and Heidari, 2019).

عسگریان و همکاران طی پژوهشی که برای ارزیابی ریسک شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب با رویکرد تصمیم‌گیری فازی برای ارزیابی عملکرد شبکه در شرایط بحرانی در محدوده تحت پوشش تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس تهران انجام دادند، بحران ورود آلاینده‌های شیمیایی به صورت مغرضانه و تغییرات شدید در کیفیت فاضلاب را به‌عنوان پرمخاطره‌ترین بحران‌ها شناسایی کردند (Asgarian et al., 2014).

برنامه‌ریزی، شناسایی، تحلیل کیفی، تحلیل کمی و پاسخ‌دهی ریسک است و کنترل تحلیل کیفی ریسک فرایندی است که ریسک‌ها را برای تحلیل کمی بر اساس احتمال وقوع و شدت تأثیر، اولویت‌بندی می‌کند. در صورت انجام دقیق این موضوع، از هدررفت سرمایه‌های ملی جلوگیری شده و به رشد و شکوفایی کشور کمک می‌کند. بنابراین پروژه‌های شبکه و انتقال فاضلاب شهری مربوط به تهران که قدمت چندانی ندارند و هنوز هم خیلی از آنها به بهره‌برداری نرسیده و یا شروع نشده‌اند، نیازمند مدیریت ریسک هستند. از آنجایی که شناسایی و تحلیل کیفی ریسک‌های شناسایی شده در مراحل ابتدایی مدیریت ریسک قرار دارند، بنابراین اهمیت خاصی دارد و انجام دقیق آنها می‌تواند به اهداف پروژه کمک کند.

با توجه به اینکه تعداد ریسک‌های شناسایی شده در پروژه، متعدد بوده، بررسی و پاسخ‌دهی به تمام آنها زمان‌بر و پرهزینه است. بنابراین باید آنها را اولویت‌بندی کرد که در مرحله ارزیابی کیفی، اولویت ریسک‌ها بر اساس احتمال وقوع و تأثیر آنها بر اهداف پروژه تعیین شده تا ریسک‌های مهم‌تر را در معرض دید مدیریت قرار داده و در نتیجه نواحی و ابعاد پرمخاطره و حساس پروژه مورد توجه و دقت کافی برای اقدام‌های بعدی قرار گیرند (Golabchi and Faraji, 2010).

در قدیم دفع فاضلاب از طریق چاه‌های جذبی انجام می‌شد که با افزایش شهرنشینی و افزایش جمعیت، به‌علت آلودگی‌های محیط‌زیستی، مشکلات سازه‌ای ساختمان‌ها و سایر عوامل مخرب، طرح جمع‌آوری فاضلاب به‌خصوص برای شهر تهران تصویب شد. با توجه به کمبود آب و اینکه از تصفیه فاضلاب می‌توان دوباره آب را به چرخه کشاورزی، صنعتی و سایر مصارف دیگر برگرداند و همچنین برطرف شدن سایر مشکلات بیان شده، اجرای طرح فاضلاب تهران یکی از پروژه‌های لازم است.

یانگ و همکاران، طی پژوهشی در مورد ارزیابی ریسک امنیت اطلاعات از ترکیب روش‌های ANP، DEMATEL و VIKOR استفاده کردند. آنها ابتدا با روش DEMATEL، ارتباط‌های مؤلفه‌ها و معیارها را مشخص کرده، سپس با روش ANP اصلاح شده، سوپر ماتریس وزن‌ها را با روش VIKOR به‌دست آوردند (Yang et al., 2013).



با هر دو روش ANP و FUZZY VIKOR به صورت مجزا انجام و نتایج، مقایسه شدند. در این پژوهش مطالعات میدانی، بررسی مستندات پروژه‌های مشابه، مصاحبه‌ها و همچنین ارسال و دریافت پرسش‌نامه از افراد پاسخ‌گو در محدوده سال‌های ۱۳۹۶ تا اوایل سال ۱۳۹۹ و در محدوده شهر تهران انجام شد. در پروژه‌های ساخت‌وساز ریسک‌های زیادی وجود دارد که با توجه به نوع پروژه، نحوه اجرا و سایر شرایط، باید ریسک‌های محتمل و مؤثر، شناسایی شده و اولویت‌بندی انجام شود. با اضافه کردن ریسک‌های غیرمحتمل و تأثیر اندک، علاوه بر محاسبات زیاد، کیفیت پاسخ‌گویی و تحلیل و بررسی افت کرده و به تبع آن در نتایج اثر منفی دارد. از آنجایی که برای شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه شبکه فاضلاب شهری به خصوص تهران که پروژه‌های کوچک و متوسط بوده و مدیریت ریسک در سطح بسیار پایین اجرا می‌شود، پژوهشی انجام نشده است، بنابراین اولویت‌بندی ریسک‌ها با دو روش مجزا و مقایسه دو روش در این پژوهش می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

۲- روش کار

روش‌های مختلفی برای شناسایی ریسک‌ها وجود دارد. بازبینی اسناد، گردآوری اطلاعات (طوفان فکری، روش دلفی، مصاحبه، تحلیل علت ریشه‌ای)، تحلیل چک‌لیست‌ها و تحلیل پیش‌فرض‌ها از جمله آنها هستند (PMBOK). در این پژوهش با توجه به تعدد پروژه‌های انتقال فاضلاب تهران و حجم عملیات کم این پروژه‌ها از جمله هزینه و مدت زمان، در برابر پروژه‌های بزرگ ملی، پس از مشورت و مصاحبه با ۱۹ کارشناس و خبره در این پروژه‌ها (با توجه به مشغله‌های کاری، مشکلات و موانع همکاری این گروه) و همچنین با بررسی اسناد تعداد زیادی از پروژه‌های اجرا شده قبلی به خصوص لایحه تأخیرات، فهرستی از ریسک‌های منتخب به تعداد ۱۵ عدد که احتمال رخداد و اثر آنها محسوس است، مطابق جدول ۱ تهیه شد. لازم به توجه است که منظور از تحریم در این لیست، ارسال قطعه یا ماده اولیه‌ای است که مشابه داخلی ندارد و با تحریم و نبود آن، روند پروژه دچار اختلال می‌شود که به اختصار تحریم نوشته شده است و این توضیح به پاسخ‌گویان داده شد. پس از شناسایی ریسک‌ها و تکمیل لیست ریسک‌ها، پرسش‌نامه برای ارائه به افراد پاسخ‌گو و خبره تهیه شد. در این پرسش‌نامه ریسک‌ها

شاکری و همکاران طی پژوهشی برای تأمین سوخت موردنیاز برای وسائل نقلیه و به تبع آن، مکان مناسب برای جایگاه‌های عرضه سوخت، برای سیستم اطلاعات مکانی برای مکان‌یابی جایگاه سوخت منطقه ۵ تهران با معیارهای جمعیت، ایمنی، دسترسی، کاربری‌های ناسازگار، تأسیسات و حجم ترافیک با استفاده از روش AHP برای وزن‌دهی لایه‌های مکانی و VIKOR برای رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم‌گیری استفاده کردند (Shakeri et al., 2012).

حاجیلو و علی‌نژاد طی پژوهشی در ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری در برابر زلزله در منطقه ۶ تهران با توجه به معیارهای نوع مصالح، قدمت بنا، کیفیت بنا، سازگاری بنا، تعداد طبقات، مساحت، فاصله از قنات‌ها، فاصله از گسل‌ها، نوع خاک و دسترسی به معابر با روش ANP و VIKOR استفاده کردند. در این پژوهش ابتدا اوزان هریک از معیارها با روش ANP به دست آمد، سپس برای رتبه‌بندی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها از روش VIKOR استفاده شد که نتایج نشان داد بیشتر ساختمان‌های موجود در وضعیت آسیب‌پذیری متوسط و زیاد قرار دارند و تعادل نسبی میان ساختمان‌ها در این منطقه دیده شد (Hajiloo and Alinezhad, 2017).

اکبرزاده بنگر و محمودی طی پژوهشی به اولویت‌بندی خطرات بروز حوادث پروژه ساخت فاضلاب شهری تهران با استفاده از روش TOPSIS پرداختند که خطر آسیب به تجهیزات زیرزمینی در اولویت نخست قرار گرفت (Akbarzadeh Bengar and Mahmoudi, 2017).

وو و همکاران طی پژوهشی برای یافتن بهترین سایت (مکان) برای پروژه‌های سیستم بزرگ پنل‌های خورشیدی در چین با استفاده از روش FUZZY ANP و FUZZY VIKOR با ۵ گزینه، ۵ معیار و ۱۶ زیر معیار، گزینه برتر را انتخاب کردند. (Wu et al., 2018).

با توجه به مرور نتایج پژوهش‌های گذشته، به نظر می‌رسد پژوهش‌های مشخصی در مورد شناسایی ریسک‌های پروژه‌های شبکه فاضلاب شهری انجام نشده است. همچنین پژوهش‌های انجام شده، به طور معمول با ترکیب دو روش مختلف و در پروژه‌هایی غیر از شبکه فاضلاب شهری انجام شده است. در این پژوهش شناسایی ریسک‌های پروژه شبکه و انتقال فاضلاب شهری و اولویت‌بندی



جدول ۱- ریسک‌های شناسایی شده پروژه

Table 1. Identified project risks

Row	Risk	Row	Risk
1	Design change	9	Delay in payment of status statements
2	Lack of skilled manpower	10	Difficulties of the project in construction
3	Sanction	11	Project protection (theft and damage)
4	Delay in issuing municipal permits	12	Fluctuations in the price of equipment and materials
5	Delay in land delivery	13	Delay in receiving prepayment
6	Delay in issuing traffic permit	14	High contract ambiguities
7	Delay in project approval process for delivery	15	Floods, earthquakes and storms
8	Employer interferences		

جدول ۲- نتایج آلفای کرونباخ

Table 2. Cronbach's Alpha results

Case processing summary				Reliability statistics	
		N	%	Cronbach's Alpha	N of Items
Cases	Valid	19	100.0	.950	45
	Excluded ^a	0	.0		
	Total	19	100.0		

سایر مسئولیت‌های اجرایی فعالیت داشتند. مابقی پاسخ‌گویان از شرکت‌های مهندسی مشاور به‌عنوان سرناظر، مدیر و ناظر در پروژه‌ها فعالیت داشتند که با تعداد زیادی از پیمانکاران، کارکرده و با موانع و مشکلات آنها آشنا بودند. همه پاسخ‌دهندگان دارای مدرک کارشناسی و بالاتر بودند و تخصص و تجربه در این کار را داشتند. پس از بررسی اولیه پاسخ‌های داده شده در پرسش‌نامه، پاسخ‌ها برای انجام آزمون آلفای کرونباخ وارد نرم‌افزار SPSS شد. پس از اجرای نرم‌افزار همان‌گونه که در جدول ۲ مشخص است، مقدار عدد آلفای کرونباخ ۰/۹۵۰ شد که میزان پایایی با رتبه عالی به‌دست آمد.

برای اینکه ابزار اندازه‌گیری تا چه حد خصیصه موردنظر را می‌سنجد از نسبت روایی محتوایی CVR استفاده شده است. بر این اساس نسبت روایی محتوایی لاوشه از معادله ۱ محاسبه شد. با توجه به اینکه کمترین مقدار برای انتخاب گویه ۱۵ و تعداد کل افراد خیره ۱۹ بوده است. نسبت روایی طبق معادله ۱ عدد ۵۷/۹ درصد است. طبق جدول ۳ روایی پرسش‌نامه با ۲۰ فرد خیره

بدون ترتیب خاص و یا جلب توجه، به صورت کاملاً اتفاقی لیست شدند و از پاسخ‌گویان خواسته شد در مورد هر ریسک به اینکه احتمال وقوع آن ریسک در پروژه چقدر است، شدت اثر آن در صورت وقوع بر روی مدت زمان و هزینه پروژه چه مقدار است. در یک طیف ۵ تایی به صورت "خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم، خیلی کم" پاسخ دهند.

از آنجایی که پاسخ به پرسش‌نامه الکترونیکی برای اکثر پاسخ‌گویان آسان‌تر بود و همچنین باعث افزایش کیفیت پاسخ‌گویی می‌شد، پرسش‌نامه در غالب ۴۵ سوال طرح شد به‌طوری که از کارشناسان و افراد خبره که تعداد آنها ۱۹ نفر است خواسته شد که به ۱۵ ریسک در مورد احتمال وقوع، شدت اثر روی زمان و هزینه پروژه مطابق طیف ۵ تایی پاسخ دهند. به‌منظور ارتقای سطح کیفی پاسخ‌ها، به صورت تماس تلفنی و راه‌های ارتباطی دیگر، توضیحات تکمیلی داده شد تا سوال مبهمی نیز برای پاسخ‌گویان نماند. در این پژوهش کلیه پاسخ‌گویان مرد بوده و تعداد ۱۰ نفر از آنها در شرکت‌های پیمانکاری، به‌عنوان رئیس، مدیران پروژه و



جدول ۳- حداقل مقدار CVR قابل قبول طبق تعداد افراد خبره

Table 3. Minimum values of CVR in accordance with No. of panelists

5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	25	30	35	40
0.99	0.99	0.99	0.75	0.78	0.62	0.59	0.56	0.54	0.51	0.49	0.42	0.37	0.33	0.31	0.29

برابر ۰/۴۲ و در حد قابل قبول است

محاسبه شد که مقدار آن ۰/۰۰۰۴ به دست آمد و با مقدار مجاز ۰/۱ مقایسه شد که کمتر از حد مجاز بود.

بنابراین همه در حد مجاز بودند. در شکل ۱ نمایی از نرخ ناسازگاری نرم افزار نشان داده شده است.

پس از تکمیل اطلاعات و تشکیل ماتریس اولیه و همچنین کنترل نرخ ناسازگاری، محاسبات به وسیله نرم افزار انجام شد که نتایج نهایی نرم افزار در جدول ۵ نشان داده شده است. در این شکل ستون اول از راست مقدار خام آمده و در ستون بعدی مقدار نرمال شده با تقسیم مقدار نرمال بر روی بیشترین مقدار ستون مقدار ایده آل با نرم افزار محاسبه شده و در ستون آخر، نام گزینه‌ها به ترتیب اولویت مشخص می‌شود. همان طور که در جدول مشخص است، تأخیر در پرداخت صورت وضعیت‌ها در رتبه اول، نوسانات قیمت تجهیزات و مصالح در رتبه دوم، تأخیر در صدور مجوز شهرداری در رتبه سوم و به همین ترتیب سایر گزینه‌ها رتبه‌بندی شدند.

۲-۲- اولویت‌بندی ریسک‌ها با روش FUZZY VIKOR

اپریکویک با پژوهشی در مورد منابع آب به تشریح روش VIKOR FUZZY پرداخت (Opricovic, 2011). برای استفاده از این روش ابتدا باید ماتریس تصمیم با توجه به ارزیابی همه گزینه‌ها برای معیارهای مختلف تشکیل شده و پس از آن وزن هر معیار و تصمیم‌گیرندگان مشخص شود. در این روش ابتدا باید نظرات افراد خبره که در اینجا تصمیم‌گیران نامیده می‌شوند، جمع شده و در محیط فازی قرار گیرند. سپس با استفاده از معادلات ۱ تا ۷ و شروط VIKOR، گزینه‌ها رتبه‌بندی شوند. از آنجایی که برای این روش نرم افزار خاصی پیشنهاد نشده و کارکرد آنها ممکن است اشکال داشته باشد، بنابراین کلیه مراحل VIKOR به وسیله محاسبات و نرم افزار اکسل انجام شد که در ادامه، روند کار تشریح خواهد شد.

$$CVR = \frac{Ne - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}} \quad (1)$$

که در آن

N تعداد کل افراد خبره و Ne افراد خبره‌ای که گزینه ضروری را انتخاب کردند.

۲-۱- اولویت‌بندی ریسک‌ها با روش ANP

ریسک‌های شناسایی شده در مرحله قبل برای اولویت‌بندی در این مرحله با نرم افزار Supper Decisions انجام شد. برای ورود اطلاعات نرم افزار Supper Decisions باید سه مولفه هدف، معیار و گزینه مشخص شوند.

هدف، اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه، است و معیارهای موردنظر احتمال وقوع، شدت اثر روی هزینه و زمان است. گزینه‌ها، همان ریسک‌های شناسایی شده در مرحله قبل است.

پس از تهیه جداول از پرسش‌نامه‌ها، مقدار امتیاز هر ریسک برای هر یک از معیارها با توجه به تبدیل عبارات کلامی به اعداد محاسبه شد که نتیجه آن در جدول ۴ به طور خلاصه آمده است. برای ساخت سوپر ماتریس اولیه و مقایسات زوجی که اساس روش ANP است، لازم است تا ارجحیت هر گزینه نسبت به گزینه دیگر در هر معیار و همچنین ارجحیت هر معیار نسبت به معیار دیگر در هدف مشخص شود که بر این اساس ارجحیت هر ۱۵ گزینه نسبت به دیگری دو به دو، با هر یک از معیارها وارد جدول مقایسات زوجی نرم افزار شد.

معیارها اهمیت برابر نسبت به هدف دارند، بنابراین به روش Matrix ضرایب برابر با عدد یک وارد شد. پس از تکمیل اطلاعات، بیشترین ناسازگاری مربوط به معیار احتمال وقوع



جدول ۴- خلاصه نتایج حاصل از پرسش‌نامه

Table 4. Summary of the results of the questionnaire

Alternative	Risk	Intensity of duration effect	Intensity of cost effect	Probability of occurrence
A1	Design change	6.23	5.31	5.84
A2	Lack of skilled manpower	7.31	7.11	5.95
A3	Sanction	6.16	7.21	6.34
A4	Delay in issuing municipal permits	7.53	7.01	7.31
A5	Delay in land delivery	6.69	5.42	5.84
A6	Delay in issuing traffic permit	6.38	5.96	5.90
A7	Delay in project approval process for delivery	6.16	5.63	6.27
A8	Employer interferences	5.52	5.64	5.53
A9	Delay in payment of status statements	8.26	8.17	8.58
A10	Difficulties of the project in construction	6.27	6.05	5.42
A11	Project protection (theft and damage)	4.89	5.53	5.00
A12	Fluctuations in the price of equipment and materials	6.37	7.84	7.95
A13	Delay in receiving prepayment	6.80	7.31	6.48
A14	High contract ambiguities	5.10	5.63	4.79
A15	Floods, earthquakes and storms	4.79	4.79	3.00

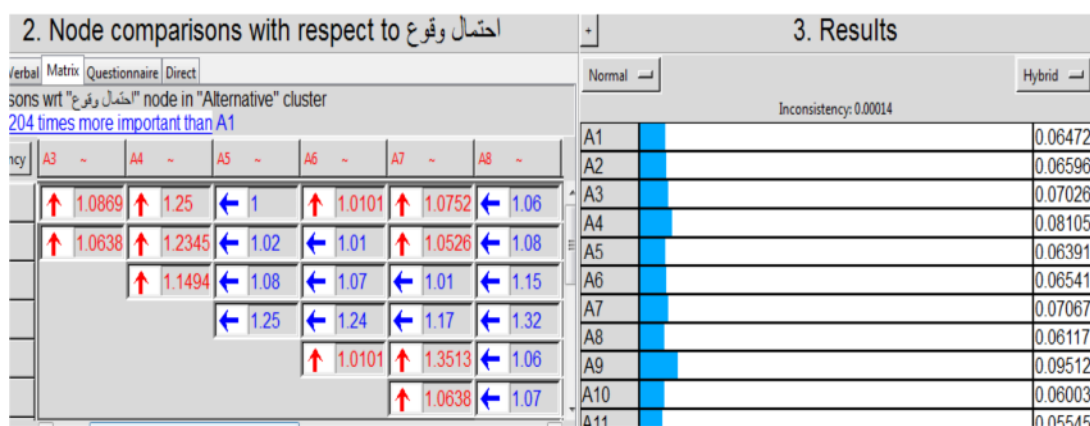


Fig. 1. Inconsistency in Super Decisions software

شکل ۱- نمایش نرخ ناسازگاری در نرم افزار Super Decisions

این صورت یعنی اگر معیار لازم از نوع سود نباشد (ضدایده‌آل) جای بیشینه و کمینه در معادله ۲ عوض می‌شود

در گام دوم، ماتریس گزینه معیار باتوجه به اوزان مرحله قبل تشکیل می‌شود. در گام سوم نقاط ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی طبق معادله ۲ مشخص می‌شوند. اگر معیار لازم از نوع سود باشد، در غیر

$$\begin{aligned} \tilde{f}_{i=\max_j}^* \tilde{f}_{ij}, \tilde{f}_{i=\min_j}^o \tilde{f}_{ij} & \text{ for } i \in I^b \\ \tilde{f}_{i=\min_j}^* \tilde{f}_{ij}, \tilde{f}_{i=\max_j}^o \tilde{f}_{ij} & \text{ for } i \in I^c \end{aligned} \quad (2)$$



جدول ۵- خروجی نرم افزار Supper Decisions
Table 5. Super Decisions software output

Risk	Name	Ideals	Normal	Raw
Delay in payment of status statements	A9	1	0.089643	0.044821
Fluctuations in the price of equipment and materials	A12	0.886066	0.079429	0.039715
Delay in issuing municipal permits	A4	0.872695	0.078231	0.039115
Delay in receiving prepayment	A13	0.821566	0.073647	0.036824
Lack of skilled manpower	A2	0.812731	0.072855	0.036428
Sanction	A3	0.787036	0.070552	0.035276
Delay in issuing traffic permit	A6	0.728209	0.065279	0.032639
Delay in project approval process for delivery	A7	0.726844	0.065156	0.032578
Delay in land delivery	A5	0.713923	0.063998	0.031999
Difficulties of the project in construction	A10	0.707946	0.063462	0.031731
Design change	A1	0.69475	0.062279	0.03114
Employer interferences	A8	0.666742	0.059769	0.029884
High contract ambiguities	A14	0.619838	0.055564	0.027782
Project protection (theft and damage)	A11	0.61612	0.055231	0.027615
Floods, earthquakes and storms	A15	0.50092	0.044904	0.022452

$$\tilde{N}=(l,m,r) \quad \text{Crips}(\tilde{N})=(1+2m+r)/4 \quad (۶)$$

بعد از محاسبه Q، R و S باید گام نهایی این روش انجام می شود که ارزیابی و اولویت بندی گزینه ها است. برای این کار باید مقدار Q، R و S به ترتیب نزولی مرتب شوند. گزینه ای به عنوان گزینه برتر است که دو شرط زیر در مورد آن برقرار باشد. اگر گزینه ای در هر سه مقدار، رتبه برتر باشد به عنوان گزینه برتر است. شرط اول: اگر گزینه های A1 و A2 به ترتیب اولین گزینه برتر در گروه Q باشند معادله ۷ برقرار است

$$Q(A2)-Q(A1) \geq 1/(m-1) \quad (۷)$$

که در آن

m تعداد گزینه ها است.

شرط دوم: گزینه A1 باید حداقل در یکی از گروه های R و S به عنوان رتبه برتر شناخته شود. اگر شرط دوم برقرار نشود هر دو گزینه، گزینه های برتر هستند. برای تبدیل عبارات زبانی تصمیم گیران به اعداد فازی طبق جدول ۶ از اعداد فازی مثلثی طیف ۵ درجه ای استفاده شد.

گام چهارم مقدار S و R که به ترتیب مقدار سودمندی و تأسف هستند، با توجه به معادلات ۳ و ۴ مشخص می شوند. W مربوط به وزن معیارها است

$$R_i = \max_j [w_j (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_{ij}) / (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-)] \quad (۳)$$

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_{ij}) / (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-) \quad (۴)$$

پنجمین گام، محاسبه شاخص VIKOR (Q) است که از معادله ۵ به دست می آید

$$Q_i = v \left[\frac{S_i - S^-}{S^* - S^-} \right] + (1 - v) \left[\frac{R_i - R^-}{R^* - R^-} \right] \quad (۵)$$

$$S^- = \min S_i \quad S^* = \max S_i \quad R^- = \min R_i \quad R^* = \max R_i$$

که در آن

مقدار v حداکثر مطلوبیت گروهی است که عددی بین صفر و ۱ است که در این پژوهش عدد ۰/۵ لحاظ شده است. لازم به ذکر است برای محاسبه Q برای مقایسه بهتر، از فازی زدایی معادله ۶ استفاده شده است



نسبت به دیگری دارای ارجحیت یکسان هستند. مقدار وزن معیارها f_j^* در جدول ۸ آمده است. برای محاسبه مقدار R و S طبق معادلات ۳ و ۴، جدول محاسباتی تشکیل و سپس با توجه به بیشینه و مجموع مقدار هر سطر، دو مقدار فوق محاسبه شد که نتیجه در جدول ۹ آمده است. پس از این مرحله شاخص VIKOR (Q) محاسبه و به همراه

از آنجایی که وزن اهمیت تصمیم‌گیرندگان با هم برابر است، نظرات افراد خبره طبق اعداد فازی تجمیع شد و به صورت خلاصه در جدول ۷ آمده است. پس از آن، برای تعیین ایده‌آل‌های مثبت و منفی معیارها با توجه به اینکه هر سه معیار در یک جهت هستند و هر چه مقدار آنها بیشتر باشد، گزینه‌ها رتبه بیشتری کسب می‌کنند، هر سه معیار ایده‌آل مثبت هستند. به این دلیل که هر یک از معیارها

جدول ۶- تبدیل مولفه‌های زبانی به اعداد فازی

Table 6. The fuzzy linguistic scale for the weights

Importance	Very low	Low	Medium	High	Very high
Triangular fuzzy number	3,1,1	5,3,1	7,5,3	7,9,5	7,9,9

جدول ۷- تجمیع نظرات به اعداد فازی

Table 7. Decision makers answers average

Alternative	Criteria								
	Intensity of duration effect			Intensity of cost effect			Probability of occurrence		
A1	4.24	6.23	8.01	3.53	5.31	7.21	3.95	5.84	7.31
A2	5.31	7.31	8.58	5.11	7.11	8.48	3.95	5.95	7.63
A3	7.42	6.16	4.37	5.21	7.21	8.05	4.45	6.34	7.56
A4	5.53	7.53	8.68	5.00	7.01	8.38	5.31	7.31	8.58
A5	4.69	6.69	8.26	3.42	5.42	7.32	3.95	5.84	7.74
A6	4.37	6.38	7.96	3.95	5.96	7.54	3.90	5.90	7.70
A7	4.26	6.16	7.95	3.84	5.63	7.32	4.27	6.27	7.84
A8	3.52	5.52	7.31	3.74	5.64	7.32	3.53	5.53	7.21
A9	6.26	8.26	8.89	6.16	8.17	8.90	6.58	8.58	9.00
A10	4.27	6.27	7.85	4.05	6.05	7.63	3.42	5.42	7.32
A11	4.27	6.27	7.85	3.74	5.53	7.21	3.21	5.00	6.58
A12	4.37	6.37	8.05	5.84	7.84	8.78	5.95	7.95	9.00
A13	4.79	6.80	8.17	5.31	7.31	8.58	4.48	6.48	8.06
A14	3.31	5.10	6.89	3.73	5.63	7.42	2.90	4.79	6.68
A15	3.21	4.79	6.48	3.32	4.79	6.48	1.80	3.00	5.00

جدول ۸- مقدار f_j^* و وزن معیارهاTable 8. f_j^* quantities and criteria weights

f_j^*	7.42	8.26	8.89	6.16	8.17	8.90	6.58	8.58	9.00
wi	0.333			0.333			0.333		



جدول ۹- مقدار S, R
Table 9. S and R Values

	S _i			R _i		
A1	-0.088	0.302	0.557	-0.039	0.116	0.199
A2	-0.168	0.182	0.459	-0.039	0.101	0.185
A3	0.007	0.209	0.358	0.113	0.084	0.055
A4	-0.202	0.125	0.405	-0.073	0.049	0.135
A5	-0.117	0.279	0.544	-0.043	0.111	0.203
A6	-0.112	0.267	0.538	-0.041	0.103	0.187
A7	-0.109	0.275	0.533	-0.043	0.103	0.188
A8	-0.062	0.329	0.591	0.004	0.109	0.199
A9	-0.245	0.000	0.288	-0.055	0.000	0.098
A10	-0.098	0.287	0.556	-0.027	0.122	0.205
A11	-0.055	0.324	0.575	0.000	0.138	0.212
A12	-0.209	0.113	0.393	-0.023	0.076	0.168
A13	-0.172	0.174	0.451	-0.054	0.081	0.166
A14	-0.031	0.375	0.622	-0.004	0.146	0.224
A15	0.081	0.490	0.682	0.058	0.215	0.264

مقایسه بهتر اولویت بندی شد.

در هر دو روش، ریسک تأخیر در پرداخت صورت وضعیت‌ها رتبه اول شد که باید به آن توجه شود، همچنین ریسک سیل، زلزله و طوفان در آخرین ردیف لیست اولویت بندی هر دو روش قرار گرفت. در هر دو روش، رتبه ریسک‌ها تغییرات اندکی نسبت به هم داشت. در روش FUZZY VIKOR ریسک‌های تأخیر در صدور مجوز شهرداری، نوسانات قیمت تجهیزات و مصالح، تأخیر در دریافت پیش پرداخت، فقدان نیروی انسانی ماهر و تحریم در یک رتبه قرار گرفت. در حالی که در روش ANP ریسک تأخیر در صدور مجوز شهرداری به طور قطعی در رتبه دوم و نوسانات قیمت تجهیزات و مصالح در رتبه سوم و سایر ریسک‌ها در یک رتبه مشخص قرار گرفتند.

یکی از مزایای روش VIKOR این است که وزن نظر تصمیم‌گیرنده می‌تواند تأثیرگذار باشد و می‌توان تأثیر هر یک از افراد خبره از لحاظ تجربه، تحصیلات و سایر موارد را جمع بندی و به‌عنوان یک ضریب در پاسخ‌ها اعمال کرد. این امر در مواردی که تعداد افراد تصمیم‌گیرنده کم باشد، می‌تواند کمک زیادی به

مقدار S و R برای مقایسه بهتر دیفاز شده و در جدول ۱۰ نشان داده شده است.

با بررسی شروط روش VIKOR، رتبه بندی گزینه‌ها انجام شد و نتیجه آن در جدول ۱۱ نشان داده شده است. همان طور که مشخص است، از بالا به پایین تأخیر در پرداخت صورت وضعیت‌ها، تأخیر در صدور مجوز شهرداری، نوسانات قیمت تجهیزات و مصالح، تأخیر در دریافت پیش پرداخت، فقدان نیروی انسانی ماهر، در رتبه‌های بالا و در نهایت سیل، زلزله و طوفان در رتبه آخر لیست قرار دارند.

۳- نتایج و بحث

مروری بر پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که پژوهش‌ها در خصوص شناسایی و اولویت بندی ریسک‌ها، در پروژه‌هایی غیر از شبکه فاضلاب شهری و همچنین با روش‌های ترکیبی انجام شده است. بنابراین در این پژوهش، ریسک پروژه‌های شبکه فاضلاب که کمتر مورد توجه و مدیریت ریسک قرار گرفته است، برای شهر بزرگی مانند تهران، شناسایی و ریسک‌ها با دو روش متفاوت، برای



جدول ۱۰- مقدار دیفاز شده S, R, Q
Table 10. Defuzzified values of S, R, Q

A	S _i	A	R _i	A	Q _i
A9	0.011	A9	0.011	A9	-0.032
A12	0.102	A4	0.040	A4	0.033
A4	0.113	A13	0.068	A12	0.045
A13	0.157	A12	0.074	A13	0.069
A2	0.164	A3	0.084	A2	0.082
A3	0.196	A2	0.087	A3	0.097
A6	0.240	A7	0.087	A6	0.121
A7	0.244	A6	0.088	A7	0.122
A5	0.246	A5	0.096	A5	0.128
A10	0.258	A1	0.098	A10	0.138
A1	0.268	A10	0.105	A1	0.140
A11	0.292	A8	0.106	A8	0.158
A8	0.297	A11	0.122	A11	0.164
A14	0.335	A14	0.128	A14	0.188
A15	0.436	A15	0.188	A15	0.269

جدول ۱۱- رتبه‌بندی با روش ویکور فازی و مقایسه نتایج

Table 11. Ranking with FUZZY VIKOR & comparison of the results

ANP			FUZZY VIKOR		
A	Risk	Rank	A	Risk	Rank
A9	Delay in payment of status statements	1	A9	Delay in payment of status statements	1
A12	Fluctuations in the price of equipment and materials	2	A4	Delay in issuing municipal permits	2
A4	Delay in issuing municipal permits	3	A12	Fluctuations in the price of equipment and materials	3
A13	Delay in receiving prepayment	4	A13	Delay in receiving prepayment	4
A2	Lack of skilled manpower	5	A2	Lack of skilled manpower	5
A3	Sanction	6	A3	Sanction	6
A6	Delay in issuing traffic permit	7	A6	Delay in issuing traffic permit	7
A7	Delay in project approval process for delivery	8	A7	Delay in project approval process for delivery	8
A5	Delay in land delivery	9	A5	Delay in land delivery	9
A10	Difficulties of the project in construction	10	A10	Difficulties of the project in construction	10
A1	Design change	11	A1	Design change	11
A8	Employer interferences	12	A8	Employer interferences	12
A14	High contract ambiguities	13	A11	Project protection (theft and damage)	13
A11	Project protection (theft and damage)	14	A14	High contract ambiguities	14
A15	Floods, earthquakes and storms	15	A15	Floods, earthquakes and storms	15



وضعیت‌ها از سوی کارفرما خسارات زیادی را به بار می‌آورد. فروش اوراق مشارکت برای طرح‌هایی همچون فاضلاب تهران و سایر شهرهای بزرگ، استفاده از تجربیات ناظران، پیمانکاران و سایر متخصصین برای ارائه روشی برای وصول مطالبات پیمانکاران، می‌تواند مفید باشد. هماهنگی اداره‌های آب، گاز، شهرداری، راهنمایی و رانندگی و سایر دستگاه‌های اجرایی برای اجرای پروژه‌هایی مانند فاضلاب تهران در سطح شهر باید مورد توجه قرار گیرد.

۵- پیشنهادهای اجرایی و پژوهش‌های آینده

همان‌طور که ذکر شد فرایند تحلیل ریسک پویاست و پیشرفت عملیات اجرایی می‌تواند نقشی افزاینده یا کاهنده در شدت اثر و احتمال وقوع هریک از ریسک‌ها داشته باشد. همچنین بسیاری از ریسک‌هایی که اکنون برای پروژه در نظر گرفته شده‌اند ممکن است در سال‌های آتی به علت مرتفع شدن مسائل سیاسی، کشوری و سایر موارد دیگر، ریسک تلقی نشده و یا در رده‌های پایین اولویت‌بندی قرار گیرند که با ارائه راهکار در زمان خود قابل‌بررسی و مدیریت است.

در زمان فعلی که پرداخت صورت وضعیت با تأخیر صورت می‌گیرد می‌توان قبل از ارائه پیشنهاد قیمت، تأخیرات پروژه‌های مشابه را بررسی کرد و پس از برآورد مالی ناشی از تأخیر به موقع پرداخت (علاوه بر پرداخت‌های قانونی بابت تأخیر) آن را در پیشنهاد قیمت وارد کرد. افزایش توان فنی کادر اجرایی در کارهای سخت و پیچیده که کارفرما را مجاب کرده از توانایی منحصر به فرد شرکت استفاده کرده و وی را مجاب به پرداخت به موقع صورت وضعیت‌ها کند، می‌تواند راهکار دیگری باشد.

در مورد تأخیر در صدور مجوز حفاری نیز باید بررسی شود که علت تأخیر ناشی از چیست و قبل از هر کاری محدوده شهرداری و ناحیه را بررسی کرد. به‌طور مثال شاید شهرداری ناحیه به ایمنی توصیه اکید داشته باشد یا معبرهایی که در آن ناحیه باید کار انجام انجام شود دارای عرض کم و عبور و مرور در آنها مشکل‌ساز است و باید سرعت اجرا در این موارد بالا رود تا مجوزهای بعدی و تمدید آنها دچار مشکل نشود. در هر صورت با توجه به اینکه پروژه در چه زمانی قرار است شروع شود و در چه مکانی این پروژه اجرا می‌شود و سایر عوامل دخیل در اجرای پروژه، ریسک‌ها شناسایی

رتبه‌بندی با این روش منجر شود. البته ساز و کار اینکه چطور نظر یک خبره با فرد دیگر وزن‌دهی شود و چه معیارهایی باید لحاظ شود، می‌تواند به‌عنوان پژوهش‌های آینده مدنظر قرار گیرد. باید توجه داشت روش ANP با توجه به نرم‌افزار Super Decisions در این روش، برای تخمین سریع‌تر و اولیه، در مواردی که محدودیت زمان تصمیم‌گیری وجود دارد می‌تواند مفید باشد.

از نگاهی دیگر، با توجه به اینکه پروژه‌های جمع‌آوری و شبکه انتقال فاضلاب شهری، به‌طور معمول پروژه‌های کوچک و متوسط هستند، به طبع آن قدرت مالی و تجهیزات اکثر پیمانکارانی که در این بخش فعالیت می‌کنند چندان زیاد نیست، به همین علت تأخیر در پرداخت صورت وضعیت‌ها می‌تواند آسیب‌های زیادی به بار آورده و هزینه‌های پروژه را زیاد و طول مدت اجرای آن را به تعویق بیاندازد. بنابراین این ریسک، رتبه اول برای مدیریت و برنامه‌ریزی را به دست آورده است. از طرفی دیگر به علت اینکه این پروژه‌ها در داخل شهر انجام می‌شود، باید برای اجرا با شهرداری هماهنگ شده و مجوز اخذ شود.

در بعضی مواقع مثلاً در شروع آغاز سال تحصیلی، یا استقبال از بهار ممکن است محدودیت‌هایی از طرف شهرداری اعمال شود و حتی ممکن است در بعضی موارد به علت تصمیمات شهردار جدید محدودیت‌هایی اعمال شود که اینها همگی بر مدت زمان پروژه اثر منفی گذاشته و تبعات منفی مالی در پی دارد. با توجه به اینکه دریافت پیش‌پرداخت برای پروژه‌های کوچک و متوسط در ابتدای پروژه می‌تواند کمک مالی خوبی برای شروع باشد. بنابراین عدم پرداخت به موقع آن می‌تواند مشکلاتی ایجاد کند که پروژه‌هایی مانند فاضلاب شهری نیز درگیر آنها است و روند اجرای پروژه مختل می‌شود. تفسیرهای مختلفی برای انتخاب سایر ریسک‌هایی که در رده‌های بالای اولویت ریسک‌ها قرار گرفته‌اند و باید به آنها توجه شود وجود دارد که هر کدام مجال بحث و کارشناسی ویژه‌ای طلب می‌کند.

۴- نتیجه‌گیری

اجرای مدیریت ریسک در پروژه‌های کوچک و متوسط نیز باید مورد توجه قرار گیرد. پروژه‌هایی مانند شبکه فاضلاب برای محیط‌زیستی و سایر مزایای دیگر به‌خصوص برای شهر تهران، باید مورد توجه ویژه دولت قرار گیرد. عدم پرداخت به موقع صورت



بررسی سطح اجرای مدیریت ریسک و علت آن در پروژه‌های فاضلاب می‌تواند پیشنهادی برای پژوهش‌های بعدی باشد.

۶- قدردانی

از تمامی متخصصین و افرادی که در این پژوهش ما را یاری کردند، قدردانی می‌شود.

شده، مطابق مقتضیات زمان مدیریت شوند، تا پروژه از اهداف خود دور نشده و به درستی انجام شود. با توجه به اهمیت اجرای مدیریت ریسک، پژوهش در مورد ریسک‌های پروژه‌هایی که با فناوری نوین اجرا می‌شوند با روش‌های جدید رتبه‌بندی می‌تواند مفید باشد. بنابراین شناسایی و تحلیل کیفی ریسک‌های پروژه‌های شبکه و انشعابات فاضلاب با دستگاه مکانیزه با روش جدید رتبه‌بندی،

References

- Akbarzadeh Bengar, H. & Mahmoudi, B. 2017. Prioritize the risks of the municipal sewage construction project. *The 1st International Conference on Recent Progresses in Civil Engineering*, Shomal University, Amol, Mazandaran, Iran. (In Persian)
- Asgarian, M., Tabesh, M. & Rouzbahani, A. 2014. Risk assessment of wastewater collection performance using the fuzzy decision-making approach. *Journal of Water and Wastewater Science and Engineering*, 26(4),74-87. (In Persian)
- Golabchi, M. & Faraji, A. 2010. Project strategic management. Tehran, Iran: Press University of Tehran, Iran. (In Persian)
- Hajiloo, F. & Alinezhad, M. A. 2017. Assessing the vulnerability of urban buildings to earthquakes using the model ANP-Vikor 6th region Tehran. *4th International Conference On Geographical Sciences*, Shiraz, Iran. (In Persian)
- Hatefi, S. M. & Heidari, A. 2019. Evaluating construction projects based on the risk factors by using an integrated fuzzy AHP and fuzzy VIKOR model. *Journal of Structural and Construction Engineering*, 5, 156-175.
- Hsu, C. H., Wang, F. K. & Tzeng, G. H. 2012. The best vendor selection for conducting the recycled material based on a hybrid MCDM model combining DANP with VIKOR. *Resources, Conservation and Recycling*, 66, 95-111.
- Hwang, B. G., Zhao, X. & Toh, L. P. 2014. Risk management in small construction projects in Singapore: status, barriers and impact. *International Journal of Project Management*, 32, 116-124.
- Opricovic, S. 2011. Fuzzy VIKOR with an application to water resources planning. *Expert Systems with Applications*, 38, 12983-12990.
- Shakeri, M., Sadeghi Niaraki, A. & Allahbakhshi, H. 2012. Gas station site selection using AHP, VIKOR techniques in GIS. *The 12th International Conference On Traffic and Transportation Engineering*, Tehran, Iran. (In Persian)
- Tarokh, M. J., Ekhtiari, M. B. G. a. M. & Yazdani, M. 2014. Credit risk management under uncertainty using a fuzzy VIKOR method. *International Journal of Industrial Engineering and Production Management*, 25, 15-30.
- Wu, Y., Zhang, B., Xu, C. & Li, L. 2018. Site selection decision framework using fuzzy ANP-VIKOR for large commercial rooftop PV system based on sustainability perspective. *Sustainable Cities and Society*, 40, 454-470.
- Yang, Y. P. O., Shieh, H. M. & Tzeng, G. H. 2013. A VIKOR technique based on DEMATEL and ANP for information security risk control assessment. *Information Sciences*, 232, 482-500.
- Zhao, Z. Y., Lv, Q. L., Zuo, J. & Zillante, G. 2010. Prediction system for change management in construction project. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136, 659-669.

