



Determining Appropriate Strategy for Building Repair and Maintenance System (Case Study, Karaj, Iran)

M. Kheradranjbar¹, M. Mohammadi^{2*}

¹ Department of Civil Engineering, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

² Department of Civil Eng., Faculty of Eng., Urmia University, Urmia, Iran.

ABSTRACT: Failure to define the indicators and sub-indicators for measuring the performance of Repair and Maintenance (R&M)¹ activities is one of the significant issues in a building to increase its life expectancy. Evaluation of R&M system in a building is one of the key factors in improving the quality of R&M performance steps. Therefore, to implement appropriate strategies, the criteria affecting on R&M system must be identified. Also, choosing the proper net policy is a strategic decision-making problem that effectively reduces the cost and longevity of buildings. In this research, by using the experts' opinion and the Delphi method, the indicators and sub-indicators affecting the R&M system were identified, and those indicators were graded using the decision tool. The existing buildings in Karaj city as a case study were then considered to evaluate the proposed system. Analysis of the results shows that the safety index has the highest grade according to the experts' opinion, but by reviewing the results of the case study, this rank was assigned to the health criterion. Then, by using the SWARA technique, the most critical policies affecting buildings' R&M are identified among Emergency Maintenance (EM), Breakdown Maintenance, Corrective Maintenance (CM), Preventive Maintenance (PM), Predictive Maintenance (PdM), Total Productive Maintenance (TPM), Proactive maintenance. Applying the VIKOR method and the results of both approaches revealed that Corrective Maintenance (CM) and Breakdown Maintenance (BM) policies are the best for buildings, R&M policies.

Review History:

Received: Jul. 15, 2021

Revised: Dec. 25, 2022

Accepted: Jun. 27, 2023

Available Online: Aug. 26, 2023

Keywords:

Repairs and Maintenance

R&M strategies

AHP

SWARA

VIKOR

Karaj

1 Repairs and Maintenance

1- Introduction

The correct implementation of the maintenance system increases the lifespan of buildings and reduces their costs. The issue of maintenance is less important compared to the other effective sectors in the construction industry, including design, supervision and implementation, especially in Iran, while knowing the factors influencing the maintenance system and knowing its strategies in the building, not only causes There is a significant reduction in buildings during operation, which also brings significant financial effects [1]. The operation of the maintenance system should be carefully and continuously checked, so that the facilities and equipment of a building have a proper performance [2]. Failure to pay attention to those matters will increase maintenance costs, indeed. Choosing the right maintenance strategy with a set of combined decisions, to achieve optimal performance and increase proper utilization, minimizing costs, and providing reliable equipment and system agility is of particular importance [3]. If the right option is chosen, it will be possible to improve the quality of the equipment's performance, and then the maintenance costs will be reduced. If inappropriate

strategies are chosen, new problems will be created for the equipment and facilities. This research seeks to determine and prioritize the basic indicators of the maintenance system in buildings and determine its appropriate policy using multi-criteria decision-making methods, to recognize and analyze them to evaluate the building maintenance system, and to compare the results from the experts' point of view and case study. To choose the most suitable maintenance strategy, different indicators and approaches have been used. After determining the maintenance indicators in buildings, the most appropriate maintenance strategy among the effective strategies in this field has been ranked by experts.

2- Methodology

The main purpose of this research work is to identify the criteria and sub-criteria effective on the maintenance system and examine these parameters in the buildings of Karaj city as a case study and compare its results with the results of pairwise comparison of criteria and sub-criteria by experts to choose the most appropriate maintenance policy. Regarding the use of decision-making methods, the

*Corresponding author's email: m.mohammadi@urmia.ac.ir



Table 1. Selected research criteria

Criteria	Criteria
possibility	Proper utilization
Energy saving	Availability
Comfort	Environment
Health	Reliability
safety	Cost
Time	Value Added
	Risk

experts were selected by non-probability sampling method and using targeted judgment methods [4]. After selecting the panel members, a consensus was reached among the experts regarding the indicators and sub-indicators of the maintenance system using the Delphi method. The main criteria and sub-criteria related to them, which have been most used in the selection of appropriate maintenance policies, according to the background of research and examination of the national building regulations and related by-laws, and according to the opinion of experts, were considered and introduced in Table 1.

After determining the parameters and sub-parameters and setting up the questionnaires, and distributing them among the samples, the condition of the building maintenance parameters was asked based on the Likert scale by the existing condition of the buildings. To evaluate the building maintenance system, the results of a case study (Karaj Ccity) were examined. To determine the number of samples using Cochran’s formula method, first, the number of buildings with more than 3 floors that were built in Karaj city from 1977 to 2019 was collected through Iran’s statistical system, which represents the total population according to the method. The Cochran’s formula, the total number of obtained buildings was 37184 samples, so the statistical population was determined to include 380 sample buildings [5, 6].

To rank the indicators and sub-indices in this section, after the electronic distribution of a paired questionnaire among experts, the priority of sub-indices in each section was determined according to the AHP method. In the following, after distributing the questionnaire resulting from the sub-criteria among the samples, each of the questions was analyzed according to the collected information using SPSS software. To convert the qualitative answers into quantitative ones, the method of weighing the indicators was used. According to the examination of the results obtained from the distribution of questionnaires among the samples and the opinions of the building managers, it was determined, the criterion health is in the better condition, safety is in the second place, and energy saving is in the last place, which indicate that health index is more important than safety in buildings. Also, the quality of cleaning and maintenance of common areas has a greater impact on the health and quality of the building, based on maintenance than the other sub-criteria, and according to its weight, in the range of good to very good effect. Consequently, it can be said that this sub-criterion has

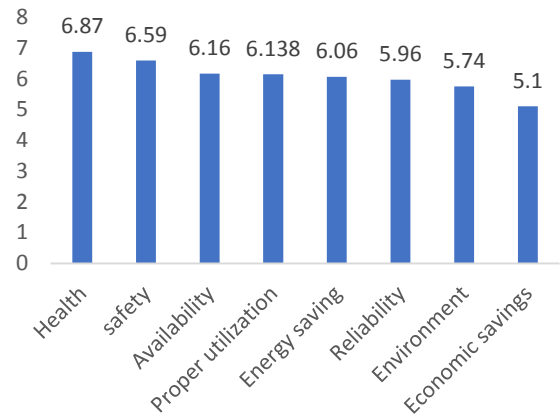


Fig. 1. Total comparison of building maintenance sub-criteria

a positive effect. Herein, Figure 1 shows a comparison of all net indices based on the answers.

3- Results and Discussion

The results of the method showed that the safety criterion has the highest priority, and the health criterion is in second place. However, by examining the results of the case study questionnaire, it was found that the status of health criteria is better, and safety is in second place. Also, according to the expert’s opinion, the criteria of energy saving, and reliability have the lowest priority respectively, but by the examination of samples, it was found that the criteria of environment and economic saving have the lowest priority respectively, which shows the difference between the opinion of the experts and the results of the case study. Finally, by using Multi-Criteria Optimization and Compromise Solution, the results obtained based on the opinion of experts and a case study were used to rank and choose the appropriate building maintenance strategy. The investigation of the methods used in this research shows the same results of both methods, and based on that, the Corrective Maintenance and Breakdown Maintenance strategies were introduced as suitable options for the building maintenance system.

4- Conclusion

By comparing the criteria and sub-criteria it was determined that the safety criterion has the highest rank according to the experts’ opinion, but in the examination of real samples, it was found that the health criterion has the highest priority. Also, the criterion of reliability according to the experts’ opinion, and the energy-saving criterion in the case study, have the lowest priority.

Knowing the results of prioritizing the criteria and sub-criteria, to choose the best building maintenance strategy among the seven most used strategies and using the SWARA method, three strategies were selected: Corrective

Maintenance, Breakdown Maintenance, and Reactive/Emergency Maintenance. Finally, by applying the VIKOR method, it was determined that according to the values of (s), (R), and (Q), the results in both methods used in this research work are the same, and the Corrective Maintenance and Breakdown Maintenance strategy that are the best politics in the building maintenance system.

References

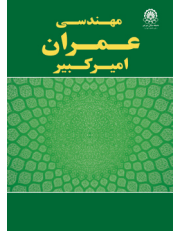
- [1] A. Hosseini Golchi, J. Gholami, S.A. Safavi, S.A. Razavi Al Hashem, *New Approaches in Building Maintenance and Repair*, 12th National Conference on Maintenance and Repairs, (2018). (in Persian)
- [2] A.A. Atkinson, J.H. Waterhouse, R.B. Wells, *A stakeholder approach to strategic performance measurement*, MIT Sloan Management Review, 38(3) (1997) 25-37.
- [3] A. Jafari, M. Jafarian, A. Zareei, F. Zaerpour, Using fuzzy Delphi method in maintenance strategy selection problem, *Journal of Uncertain Systems*, 2(4) (2008) 289-298. (in Persian).
- [4] A.N. Mashayekhi, A.A. Farhangi, M. Mo'meni, S. Ali Doosti, *Investigating The Critical Factors Affecting It Application In Governmental Organizations Of Iran: A Delphi Survey*, *Modarres Human Sciences*, ((Tome 42) Management) (2005) 191-231. (in Persian).
- [5] in: <http://www.amar.org.ir/>.
- [6] H. Saraie, *Introduction to research sampling*, samt Tehran, Iran, 2014. (in Persian).

HOW TO CITE THIS ARTICLE

M. Kheradranjbar, M. Mohammadi, *Determining Appropriate Strategy for Building Repair and Maintenance System (Case Study, Karaj, Iran)*, *Amirkabir J. Civil Eng.*, 55(9) (2023) 383-386.

DOI: 10.22060/ceej.2023.20258.7385





تعیین استراتژی مناسب سیستم نگهداری و تعمیرات ساختمان (مطالعه موردی: شهر کرج)

محمد خردرنجبر^۱، میرعلی محمدی^{۲*}

۱- گروه مهندسی عمران، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.

۲- گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

تاریخچه داوری:

دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۲۴

بازنگری: ۱۴۰۱/۱۰/۰۴

پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۶

ارائه آنلاین: ۱۴۰۲/۰۶/۰۴

کلمات کلیدی:

نگهداری و تعمیرات

استراتژی‌های نت

AHP

SWARA

VIKOR

کرج

خلاصه: یکی از مشکلات عمده در فعالیتهای نگهداری و تعمیرات (نت) در ساختمانها عدم توانایی در تعریف صحیح شاخصها و زیر شاخصهای اندازه گیری عملکرد فعالیتهای نت می باشد. ارزیابی سیستم نت در ساختمان یکی از فاکتورهای کلیدی در بهبود کیفیت انجام فرآیندهای نت است. از این رو جهت پیاده سازی استراتژی های مناسب باید معیارهای تأثیرگذار بر سیستم نت را شناسایی نمود. انتخاب سیاست های مناسب نت، یک مسئله مهم تصمیم گیری راهبردی است که در کاهش هزینه و طول عمر ساختمانها تأثیرگذار است. در این تحقیق، با استفاده از نظر خبرگان و با بهره گیری روش دلفی شاخصها و زیر شاخصهای مؤثر بر سیستم نت شناسایی و با استفاده از ابزار تصمیمیاری رتبه بندی شدند. همچنین به منظور ارزیابی سیستم نت، مطالعه موردی بر روی ساختمانهای موجود در شهر کرج انجام پذیرفت. تحلیل نتایج حاصل نشان داد شاخص ایمنی از نظر خبرگان، دارای بالاترین رتبه بوده ولیکن با بررسی نتایج مطالعه موردی این رتبه به معیار بهداشت اختصاص داده شد، سپس با استفاده از روش تجزیه و تحلیل ارزیابی گام به گام اوزان مهم ترین سیاست های مؤثر بر نت ساختمان از میان هفت استراتژی، از کارافتادگی / مبتنی بر شکست، استراتژی واکنشی / اضطراری، استراتژی اصلاحی، استراتژی پیشگیرانه، استراتژی پیشگویانه / مبتنی بر وضعیت، استراتژی بهره ور فراگیر، استراتژی مؤثر یا پیش اقدامانه، شناسایی شده و با بکار گیری نتایج به دست آمده از مطالعات و استفاده از روش راه حل توافقی و بهینه سازی چندمعیاره نشان داده شد که سیاست های اصلاحی و از کارافتادگی / مبتنی بر شکست بهترین سیاست های نگهداری و تعمیرات ساختمان می باشند.

۱- مقدمه

در سالهای اخیر نگهداری و تعمیرات (نت) ساختمان عاملی تأثیرگذار در بهبود کارکرد تجهیزات، تأسیسات و عناصر تشکیل دهنده ساختمانها بوده است. اجرای صحیح سیستم نت باعث افزایش طول عمر ساختمانها و کاهش هزینه می گردد. همچنین فرآیند شناسایی و انتخاب بهینه شاخصهای سیستم نت و بتبع انتخاب راهبرد مناسب به دلیل درگیر بودن شاخصهای متعدد، یک تصمیم گیری چند معیاره می باشد. عموماً به کارگیری فرآیندهای نامناسب نت و عدم شناخت معیارهای مؤثر بر سیستم نت ساختمانها باعث بروز اثرات نامطلوب بروی تأسیسات و تجهیزات ساختمانها می شود. موضوع نت در مقابل سایر بخشهای مؤثر در صنعت ساختمان از جمله طراحی، نظارت و اجرا علی الخصوص در کشور ایران کم اهمیت تر در نظر گرفته شده است، این در حالی است که شناخت عوامل تأثیرگذار بر سیستم نت و شناخت استراتژی های آن در ساختمان، نه تنها باعث کاهش

قابل توجه مشکلات ساختمان در زمان بهره برداری می شود که این خود اثرات قابل توجه مالی نیز به همراه دارد [۱]. عملکرد سیستم نت بایستی به صورت دقیق و پیوسته مورد بررسی قرار گیرد تا تأسیسات و تجهیزات ساختمان از کارآئی مناسب برخوردار باشد. عدم توجه به این موارد باعث افزایش هزینه های نت می گردد [۲]. انتخاب استراتژی مناسب نت با مجموعه ای از تصمیم گیری های ترکیبی، جهت دستیابی به عملکرد بهینه و افزایش بهره وری و حداقل کردن هزینه ها و فراهم کردن تجهیزات قابل اطمینان و چابکی سیستم از اهمیت ویژه ای برخوردار است [۳]. لذا اثربخشی نت زمانی قابل بررسی است که یک استراتژی مناسب نت معین شناخته شده و بررسی شود. امروزه چالش های اساسی در پیش روی متخصصان نت می باشد و تصمیم گیری در رابطه با انتخاب بهترین گزینه و مؤثرترین استراتژی دارای اهمیت می باشد. در صورت انتخاب گزینه مناسب، امکان بهبود و ارتقای کیفی عملکرد تجهیزات ایجاد می شود و هزینه های نت کاهش خواهد یافت و در صورتی که استراتژی های نامناسب انتخاب شود، مشکلات

* نویسنده عهده دار مکاتبات: m.mohammadi@urmia.ac.ir



جدیدی برای تجهیزات و تأسیسات ایجاد خواهد گردید [۴]. با توجه به اینکه شاخص‌های بسیاری در ارزیابی نت ساختمان‌ها دخیل هستند می‌توان بیان کرد شناخت و رتبه‌بندی این شاخص‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا به‌کارگیری روش تصمیم‌گیری چند معیاره برای رتبه‌بندی شاخص‌ها و زیر شاخص‌های سیستم نت ساختمان ضروری به نظر می‌رسد. همچنین با توجه به وجود روابط متقابل بین معیارها و تأثیر آن‌ها از یکدیگر در ارزیابی شاخص‌های نت ساختمان‌ها، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌تواند روابط بین معیارها را مشخص نماید. پژوهش حاضر به دنبال تعیین اولویت‌بندی شاخص‌های اساسی سیستم نت در ساختمان‌ها و تعیین سیاست مناسب نت با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، باهدف شناخت و تحلیل آن‌ها در ارزیابی سیستم نت ساختمان‌ها و مقایسه نتایج حاصل از نظر خبرگان و مطالعه موردی می‌باشد و جهت انتخاب مناسب‌ترین استراتژی نت از شاخص‌ها و رویکردهایی متفاوتی استفاده شده است. پس از تعیین شاخص‌های نت در ساختمان‌ها، مناسب‌ترین استراتژی نت از میان استراتژی‌های مؤثر در این زمینه با نظر خبرگان رتبه‌بندی شده است. ساختار پژوهش پیش رو بدین صورت است که در ادامه، مبانی نظری و پیشینه پژوهش در زمینه تعیین شده مرور می‌گردد؛ سپس روش‌های تصمیم‌گیری در زمینه مدنظر تشریح شده و الگوها و مدل‌هایی که برای حل در نظر گرفته شده‌اند، معرفی می‌شوند. در بخش بعد، با ارائه نتایج ضمن مقایسه آن‌ها، به تجزیه و تحلیل پرداخته می‌شود؛ و در نهایت با جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و پیشنهادها و پژوهش به پایان می‌رسد. این تحقیق از لحاظ هدف جزء اهداف کاربردی و از نظر جمع‌آوری اطلاعات از نوع زمینه‌یابی (پیمایشی) می‌باشد.

۲- مرور ادبیات پیشینه موضوع

۲-۱- نگهداری و تعمیرات

نگهداری و تعمیرات (نت) در کل شامل برنامه‌ریزی، نظارت، سازمان‌دهی، جهت‌دهی، کنترل، بهبود اثربخشی و ایمنی تمامی عناصر تشکیل‌دهنده ساختمان در طول بهره‌برداری ساختمان است. هدف از نت ساختمان اطمینان از شرایط مطلوب تأسیسات، تجهیزات و عناصر سازه و معماری ساختمان می‌باشد که در کشور کمتر مورد توجه قرار گرفته است. یکی از مشکلات عمده در سیستم نت عدم توانایی در تشخیص صحیح شاخص‌ها و زیر شاخص‌های این سیستم می‌باشد. از آنجائی که در صنعت ساختمان این شاخص‌ها به‌طور دقیق بررسی و تعریف نشده‌اند لذا در زمان بهره‌برداری و انجام فرآیند نت عموماً مشکلات عدیده‌ای وجود دارد. نگهداری و تعمیرات از مجموعه فعالیت‌هایی تشکیل شده تا بتواند از خرابی

ناگهانی تجهیزات و تأسیسات جلوگیری کند [۵]. هدف اصلی نت افزایش عمر تجهیزات و کاهش هزینه با بیشترین کارائی است که از زمان نصب تجهیزات و در طول بهره‌برداری تعریف می‌شود [۶]. جهت پایش فعالیت‌های نت بایستی شاخص‌ها و زیر شاخص‌های مؤثر بر آن جهت ارزیابی نتایج حاصل از برنامه‌ریزی و اجرای نت شناسایی و تعریف شوند و با توجه به آن استراتژی‌های مناسب سیستم نت انتخاب شوند. شاخص‌های نت باید بیانگر فعالیت‌های نگهداری و تعمیرات در زمینه کیفیت، هزینه، زمان، نیروی انسانی، مدیریت، محیط‌زیست و ایمنی باشند. در واقع شناسایی شاخص‌ها و به‌کارگیری آن‌ها در ساختمان‌ها از گام‌ها اساسی استقرار سیستم نت می‌باشد [۷]. جهت بهبود کیفیت ساختمان در زمینه طراحی، ساخت، نت مقررات بسیاری وضع شده است. معیارهای متفاوتی جهت ارزیابی کیفیت ساختمان‌ها، در این آئین‌نامه‌ها در نظر گرفته شده است و بر اساس این معیارها سیاست‌های نت، مقایسه و رتبه‌بندی شده‌اند [۸]. معیارهایی مانند سخت‌افزار، نرم‌افزار و هزینه‌های آموزش، قابلیت اطمینان، قابلیت اطمینان تجهیزات کمی بوده و معیارهای دیگری مانند ایمنی، انعطاف‌پذیری، پذیرش توسط کارگران، کیفیت محصول، کیفی می‌باشند. به‌طور کلی این معیارها در چهار طبقه اصلی اقتصادی، فنی، اجتماعی و محیطی طبقه‌بندی می‌شوند [۹]. برخی از متخصصان معیارهای نت را در چهار گروه عمده هزینه، ارزش افزوده، ایمنی و قابلیت اجرا گروه‌بندی کرده‌اند [۴، ۱۰]. سود، بهره‌وری، قابلیت دسترسی، محیط‌زیست، ایمنی، قابلیت اطمینان از مهم‌ترین شاخص‌ها در انتخاب استراتژی‌های نت می‌باشند که در تحقیقات گذشته به آن‌ها توجه شده است [۱۱]. در این تحقیق با توجه به دستورالعمل‌های موجود در صنعت ساختمان، مقالات در چارچوب شاخص‌های نت و نظر خبرگان و با در نظر داشتن اینکه قلمرو این تحقیق کشور ایران می‌باشد، معیارها اساسی در زمینه‌های فنی، اجتماعی، اقتصادی، محیط زیستی در نظر گرفته شده است. استراتژی‌های مختلفی برای نت در صنایع گوناگون مورد استفاده قرار گرفته است؛ اما چالش اساسی متخصصان نت، تنها یادگیری این تکنیک‌ها نیست، بلکه تصمیم‌گیری در خصوص انتخاب بهترین گزینه و مؤثرترین تکنیک نت دارای اهمیت می‌باشد. در این پژوهش سیاست‌های پرکاربرد نت در نظر گرفته شدند. این سیاست‌ها عبارت‌اند از: استراتژی از کارافتادگی / مبتنی بر شکست، استراتژی واکنشی / اضطراری، استراتژی اصلاحی، استراتژی پیشگیرانه، استراتژی پیش‌گویانه / مبتنی بر وضعیت، استراتژی بهره‌ور فراگیر، استراتژی مؤثر یا پیش اقدامانه. در جهت انتخاب مناسب‌ترین استراتژی نت از شاخص‌ها و رویکردهایی متفاوتی استفاده شده است [۱۲].

استراتژی‌های مؤثر در این زمینه با نظر خبرگان و روش آراس رتبه‌بندی شده است. در ادامه پیشینه مختصری از پژوهش‌های مرتبط ارائه می‌گردد. خلیلی با ارائه مدل و روش حل مؤثر در زمینه برنامه‌ریزی و زمان‌بندی هم‌زمان تولید و سیستم نت در ماشین‌های موزی نامرتب با استفاده از دو روش الگوریتم ژنتیک و شبیه‌سازی تبرید اقدام نمود و عملکرد آن‌ها را با یکدیگر مقایسه کرد. نتایج حاصل بیانگر آن بود که روش شبیه‌سازی تبرید نسبت به الگوریتم ژنتیک برای حل این مسئله دارای برتری بود [۱۹].

خردنجر و همکاران اقدام به ارزیابی عملکرد و بررسی کارایی سیستم نت در ساختمان‌ها با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها نمودند. آن‌ها با استفاده از پارامترهای مستخرج از مبحث ۲۲ مقررات ملی ساختمان شاخص‌های خروجی و ورودی را تعیین و میزان کارایی هر یک از ساختمان‌ها را مبتنی بر شاخص‌های سیستم نت و هزینه آن در مطالعه موردی شهر کرج مشخص نمودند. نتایج به‌دست‌آمده آشکار نمود که میزان کاهش حداقل و حداکثر مقدار هزینه شارژ، نت ساختمان برای تبدیل آن‌ها به ساختمان کارا به ترتیب ۱٪ و ۸۰٪ بوده است [۲۰]. سبطی و همکاران، با به‌کارگیری آنالیز نت مبتنی بر قابلیت اطمینان در ماشین سوزن و با استفاده از روش‌های میدانی و مصاحبه با خبرگان بهره‌برداری، نت ماشین سوزن در مجموعه‌های قطار شهری و بررسی دفاتر عملیات و تعمیرات داده‌های موردنیاز را جمع‌آوری نمودند. در این پژوهش تلاش شد وجه تمایز تدوین برنامه‌های نت به روش‌های سنتی، با روش‌های ساختاریافته و منطقی مانند تکنیک نت مبتنی بر قابلیت اطمینان بررسی و نشان داده شود [۲۱]. گلو و همکاران در تحقیقی اقدام به برنامه‌ریزی عملیات نت روسازی در سطح شبکه با در نظر گرفتن عدم قطعیت بودجه با رویکردی جدید و کاربردی نمودند. این مسئله به کمک روش برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای عدد صحیح مدل شده است. نتایج مدل معرفی شده نشان داد مدل برنامه‌ریزی تصادفی به‌خوبی نوسانات بودجه را لحاظ کرده و راه‌حلی ارائه می‌نماید که برای سناریوهای مختلف بهینه می‌باشد. مقایسه نوع عملیات انتخاب‌شده توسط مدل‌های تصادفی و قطعی بیانگر آن بود که تعداد عملیات پیشگیرانه انتخاب‌شده توسط مدل تصادفی بیشتر از مدل قطعی است به طوری که از ۳۶/۶۷٪ از کل عملیات انتخابی در مدل قطعی به ۴۰/۹۱٪ در مدل تصادفی می‌رسد. در نهایت نتایج نشان داد که مدل تصادفی سعی دارد بودجه را با توجه به اثرات منفی افت احتمالی آن بین قطعات بیشتری از طریق انتخاب عملیات پیشگیرانه تقسیم نماید [۲۲].

مقدس و همکاران در پژوهشی معیارهای ارزیابی عملکرد سیستم مدیریت نت با رویکرد مدیریت دارایی فیزیکی را تعیین و بومی‌سازی نمودند. نتایج

شرح مختصر سیاست‌هایی که در پژوهش پیش‌رو استفاده شده‌اند، عبارت‌انداز:

- ✓ تعمیر واکنشی / اضطراری EM^۱: تعمیر و آماده‌سازی بعد از اولین خرابی انجام می‌گردد و هیچ آمادگی قبلی در مورد مقابله با آن‌ها وجود ندارد، تجربیات به‌دست‌آمده ثبت و ضبط نشده و مورد ارزیابی قرار نمی‌گیرد. (عدم وجود مدیریت دانش)؛
- ✓ تعمیر ازکارافتادگی / مبتنی بر شکست BM^۲: فرآیند تعمیرات پس از ایجاد خرابی صورت می‌گیرد لیکن آمادگی قبلی در مورد عیوب، علت، اقدامات اصلاحی موردنیاز، دستورالعمل‌های تعمیراتی، ابزار، قطعات و سایر تجهیزات موردنیاز صورت پذیرفته است؛
- ✓ تعمیر اصلاحی CM^۳: پس از ایجاد علائمی از عیب که باعث توقف تجهیز نشده، برنامه‌ریزی خاصی انجام می‌گیرد تا در زمان مناسب، عیوب تجهیز رفع شده و به حالت اولیه خود بازگردد [۱۳].
- ✓ نت پیشگیرانه PM^۴: نگهداری از ساختمان و تجهیزات در بازه‌های زمانی خاصی و با توجه به برنامه زمان‌بندی مشخص صورت می‌گیرد [۱۴].
- ✓ نت پیش‌گویانه / مبتنی بر وضعیت PDM/CBM^۵: در فاصله زمانی مشخص تعدادی از مؤلفه‌های تجهیزات مانند، ارتعاش، فشار و درجه حرارت اندازه‌گیری شده و بر اساس این داده‌ها جهت تعمیر یا تعویض قطعات و تجهیزات تصمیم‌گیری می‌گردد [۱۵].
- ✓ سیستم نت بهره‌ور فراگیر TPM^۶؟ نت صرفاً به عهده تعمیرکار نبوده و بخشی از فرآیند نگهداری روزانه به متصدیان واگذار می‌شود [۱۶].
- ✓ نت مؤثر یا پیش‌اقدامانه PRM^۷: نت مؤثر باهدف ارتقاء وضعیت کارکرد، کاهش میزان نیاز آن‌ها به اجرای نت و حذف علل وقوع خرابی‌ها انجام می‌گیرد و بجای انتظار وقوع خرابی‌ها، مدیریت پیش‌اقدام از مدت‌ها قبل در خصوص آن اقدام نموده و در موقعیت مناسب قرار می‌گیرد [۱۷، ۱۸].

در جهت انتخاب مناسب‌ترین استراتژی نت از شاخص‌ها و رویکردهایی متفاوتی استفاده شده است. با بررسی ادبیات موضوع و مطالعات پیشین می‌توان دریافت، شناسایی شاخص‌های مؤثر و کلیدی از عوامل اساسی در تعیین راهبردهای مناسب سیستم نت ساختمان‌هاست. در این تحقیق پس از بررسی ادبیات پژوهش، شاخص‌های نت در ساختمان‌ها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره شناسایی و سپس مناسب‌ترین استراتژی نت از میان

- 1 Reactive/Emergency Maintenance
- 2 Breakdown Maintenance
- 3 Corrective Maintenance
- 4 Preventive Maintenance
- 5 Pre-dictive/Condition-Based Maintenanc
- 6 Total Productive Maintenance
- 7 Proactive Maintenance

و تکنیک COPRAS^۳ استراتژی‌های نت را بر اساس معیارهای هزینه، دسترسی، ریسک و ارزش افزوده، بررسی نمودند. نتایج نشان داد با توجه به معیارها، استراتژی نت برنامه‌ای به‌عنوان بهترین استراتژی می‌باشد [۲۷].

۲-۲- معیارهای اصلی و زیرمعیارهای نت

معیارهای اصلی و زیرمعیارهای مرتبط با آن‌ها که در انتخاب سیاست‌های مناسب نت، با توجه به پیشینه پژوهش و بررسی مقررات ملی ساختمان و آئین‌نامه‌های مربوطه و با نظر خبرگان بیشترین کاربرد را داشته‌اند، در نظر گرفته شده و در جدول ۱ معرفی شدند. در پژوهش پیش رو برای هر معیار اصلی، زیرمعیارهایی که از اولویت بیشتری برخوردار بوده و قابلیت محاسبه کمی داشتند، برای ارزیابی و انتخاب سیاست‌های مناسب نت با نظر خبرگان انتخاب شدند. با نظر خبرگان بجای معیار هزینه و بهره‌وری، معیارهای صرفه‌جویی اقتصادی و بهره‌دهی مناسب جایگزین گردیدند. لذا با توجه به معیارهای تعیین شده، زیرمعیارهای مرتبط با نظر خبرگان معرفی شدند که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌گردد.

۲-۳- خلاء تحقیقاتی

نتیجه بررسی مطالعات انجام شده نشانگر آن است که تحقیقاتی بسیاری به‌صورت جداگانه و یا هم‌زمان با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در تعیین معیارهای نت و استراتژی‌های مربوط به آن در صنایع مختلف صورت گرفته و هرکدام این موضوع را از دیدگاه متفاوت موردبررسی قرار داده‌اند. لیکن در حوزه صنعت ساختمان مسئله اساسی پیش رو متخصصان و مدیران عدم شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های کلیدی و مناسب سیستم نت ساختمان‌ها و درنهایت انتخاب مناسب‌ترین سیاست نت می‌باشد، هرچند شناسایی و اولویت‌بندی نقص‌های طراحی و اجرا در سیستم نگهداری ساختمان موردبررسی قرار گرفته است، در صنعت ساختمان بیشتر توجه به بخش‌های طراحی، نظارت و اجرا بوده تا نت ساختمان و عموماً بررسی شاخص‌ها به‌صورت کمی بوده تا کیفی. از این رو تعیین شاخص‌های کیفی نت در ساختمان به متخصصان در تعیین زیر شاخص‌های مؤثر بر سیستم نت ساختمان و تدوین آئین‌نامه‌ها، مقررات ملی و انتخاب راهبرد مناسب نت کمک بسزایی می‌نماید که این مهم باعث افزایش طول عمر و کاهش هزینه‌ها در زمان بهره‌برداری خواهد شد. با توجه به این مسئله و عدم انجام تحقیق جامع در شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌ها و انتخاب مناسب‌ترین سیاست نت ساختمان، تعیین و بررسی معیارها، توسعه و کاربرد مدل‌ها، همچنان در این حوزه احساس می‌شود. با توجه به مطالعات صورت گرفته

نشان داد که در صنایع دفاعی در بین متغیرهای شناسایی شده، فرآیند اسقاط کردن و استاندارد دانش تجهیزات دارای قدرت نفوذ بالا و میزان وابستگی پایین بودند [۲۳]. زهره‌ئی و محتشمی، با معرفی یک روش نوین به انتخاب استراتژی بهینه نت بر مبنای تحلیل شبکه‌ای فازی و برنامه‌ریزی آرمانی چند انتخابی فازی اقدام نمودند. آن‌ها از روش تحلیل شبکه‌ای فازی، وزن‌های فازی مؤلفه‌ها را محاسبه و سپس با قطعی نمودن وزن‌های به‌دست آمده و با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی چند انتخابی فازی و تعیین تابع هدف، استراتژی‌های نت را اولویت‌بندی کردند [۲۴]. میسرا و همکاران به مدل‌سازی قابلیت اطمینان زمان محور و روش برنامه‌ریزی نگهداشت پیشگیرانه برای ساختمان‌های مسکونی پرداختند و با استفاده از فرآیند گاما با مدل‌سازی خرابی‌های تصادفی اجزای ساختمان اقدام به کاهش خسارت‌های ناشی از طوفان نمودند [۲۵]. خدایاری و عبدالله زاده با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر نتایج شبیه‌سازی کامپیوتری اقدام به انتخاب بهترین سیاست نت خطوط تولید یک کارخانه صنایع غذایی نمودند. آن‌ها با استفاده از تعداد سیاست‌های نت و در نظر داشتن پارامترها تأثیرگذار بر نت در هریک از خطوط تولید، مدل خود را شبیه‌سازی نمودند و با استفاده از روش تصمیم‌گیری فرآیند تحلیل شبکه^۱ و راه‌حل توافقی و بهینه‌سازی چندمعیاره^۲ سیاست‌های نت را رتبه‌بندی کرده و سیاست برتر هر یک از خطوط تولیدی را تعیین نمودند. معیارهای اصلی در انتخاب سیاست‌های نت عبارت بودند از: سود، بهره‌وری، قابلیت دسترسی، محیط‌زیست، ایمنی، قابلیت اطمینان. نتایج نشان داد، در یک واحد تولیدی چند محصولی، عملکرد تجهیزات در خطوط تولیدی مختلف با یکدیگر متفاوت بوده و نیازمند روش‌های نت جداگانه‌ای می‌باشد و انتخاب سیاست متفاوت نت برای خطوط مختلف تولیدی، کارایی خطوط را بالاتر برده و هزینه‌های تولیدی را کاهش می‌دهد [۲۶]. زعیم و همکاران جهت تعیین بهترین استراتژی نت با به‌کارگیری دو تکنیک AHP و ANP برای ماشین‌آلات چاپخانه پرفروش‌ترین روزنامه‌های ترکیه با توجه به چهار معیار ارزش افزوده، هزینه، ایمنی و امکان پذیر بودن برای سه استراتژی نت اصلاحی، پیش‌گویانه و دوره‌ای به این نتیجه رسیدند که استراتژی نت پیش‌گویانه مناسب‌ترین استراتژی برای روزنامه می‌باشد [۱۰]. فولادگر و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی با عنوان تعیین استراتژی نت به‌منظور تعیین بهترین استراتژی نت برای معدن مس سونگون واقع در آذربایجان شرقی با استفاده از AHP فازی

1 Analytical Hierarchy Process (AHP)

2 Vlse Kriterijumsk Optimizacija Kompromisno Resenje (VIKOR)

3 Complex Proportional Assessment of Alternatives (CPAA)

جدول ۱. معیارها منتخب پژوهش

Table 1. Selected research criteria

معیار	معیار
امکان‌پذیری	سود و بهره‌وری
صرفه‌جویی در مصرف انرژی	قابلیت دسترسی
آسایش	محیط‌زیست
بهداشت	قابلیت اطمینان
ایمنی	هزینه
زمان	ارزش‌افزوده
	ریسک

۳- روش‌شناسی پژوهش

هدف از این تحقیق شناسایی معیارهای و زیر معیارهای مؤثر بر سیستم نت و بررسی این پارامترها در ساختمان‌های شهرکرج به‌عنوان مطالعه موردی و مقایسه نتایج آن با نتایج حاصل از مقایسه زوجی معیارها و زیر معیارها توسط خبرگان، جهت انتخاب مناسب‌ترین سیاست نت می‌باشد. با توجه به استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری، خبرگان از روش نمونه‌گیری غیر احتمالی و با استفاده از روش‌های هدفمند قضاوتی انتخاب شده‌اند [۲۸]. برای دستیابی به این هدف، هفت سیاست پرکاربرد نت در نظر گرفته شده است. تعداد ۵۴ زیر معیار از ۸ معیار مؤثر در سیستم نت ساختمان‌ها از میان ۶۷ زیر معیار و ۱۳ معیار که در منابع معتبر علمی به‌دست آمده با نظر خبرگان و با استفاده از روش دلفی برای ارزیابی سیاست‌های نت تعیین شد، با توجه به استفاده از روش دلفی ۲۱ نفر از افراد که پژوهشگر و عضو هیئت‌علمی دانشگاه و دارای پژوهش در زمینه‌ی نگهداری و تعمیرات ساختمان و عضو سازمان نظام‌مهندسی ساختمان با سابقه بیش از ۱۵ سال با تخصص و فعالیت در زمینه‌ی نت بودند، انتخاب شدند. ترکیب اعضای پانل در جدول ۲ بیان شده است. پس از انتخاب اعضای پانل، با استفاده از روش دلفی اتفاق نظر بین خبرگان در خصوص شاخص‌ها و زیر شاخص‌های سیستم نت به‌دست آمده آمد. روایی پرسشنامه‌ها با استفاده از روش لاوشی و پایایی آن با استفاده از آلفای کرونباخ محاسبه گردید. جهت کمی‌سازی آراء اعضای گروه پانل از نرخ روایی محتوا

در صنایع مختلف معیارهای متفاوتی برای نت شناسایی و رتبه‌بندی شده‌اند در تحقیق زعیب و همکاران (۲۰۱۲) چهار معیار ارزش‌افزوده، هزینه، ایمنی و قابلیت اجرا و در تحقیق فولادگر و همکاران (۲۰۱۲) معیارهای هزینه، دسترسی، ریسک و ارزش‌افزوده و در تحقیق خدایاری و عبدالله زاده (۲۰۱۸) معیارهای سود، بهره‌وری، قابلیت دسترسی، محیط‌زیست، ایمنی، قابلیت اطمینان به‌عنوان معیارهای نت در صنایع دیگر موردبررسی قرار گرفته‌اند. لیکن معیارهای نت در صنعت ساختمان مورد مطالعه قرار نگرفته است. در این پژوهش علاوه بر معیار ایمنی، بهره‌دهی مناسب، محیط‌زیست، معیار صرفه‌جویی اقتصادی، قابلیت اطمینان و قابلیت دسترسی که در پژوهش‌های پیشین در نظر گرفته شده‌اند، معیارهای دیگری از جمله بهداشت، صرفه‌جویی در مصرف انرژی نیز در فرآیند نت ساختمان شناسایی شده‌اند. همچنین در این پژوهش از ترکیب روش‌های تصمیم‌گیری برای اولویت‌بندی شاخص‌های سیستم نت استفاده شده است لیکن در سایر مطالعات تنها از یک یا نهایتاً دو روش تصمیم‌گیری استفاده شده است، همچنین علاوه بر آن نتایج با یک مطالعه موردی در واقعیت مقایسه شده است. از این رو در این پژوهش با استفاده از روش دلفی معیارهای مؤثر در سیستم نت ساختمان شناسایی و با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و بررسی ادبیات مرتبط در حوزه نت، شاخص‌های نت در صنعت ساختمان، تعیین و اولویت‌بندی معیارها انجام شده و بر اساس آن مناسب‌ترین سیاست نت ساختمان‌ها تعیین می‌گردد.

جدول ۲. ترکیب و ویژگی اعضای پانل

Table 2. composition and characteristics of panel members

تخصص	کارشناسی ارشد	دکتری	تعداد	%	زمینه فعالیت اعضای پانل
برق	۱	۱	۲	۹۰۵	عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی کرج
ماشین آلات	-	۱	۱	۴۰۸	عضو هیئت علمی دانشگاه تهران
ترافیک	۱	۲	۳	۱۴۰۳	عضو هیئت مدیره سازمان نظام مهندسی ساختمان استان البرز
					عضو هیئت مدیره سازمان نظام مهندسی ساختمان گیلان
					عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی هشتگرد
عمران	۲	۴	۶	۲۸۰۵	عضو هیئت مدیره سازمان نظام مهندسی ساختمان خراسان
					عضو هیئت مدیره سازمان نظام مهندسی ساختمان گلستان
					عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی کرج
					عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی ارومیه
					عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی رباط کریم
					عضو هیئت مدیره سازمان نظام مهندسی ساختمان زنجان
معماری	-	۱	۱	۴۰۸	عضو هیئت مدیره سازمان نظام مهندسی ساختمان ایلام
محیط زیست	-	۱	۱	۴۰۸	عضو هیئت مدیره سازمان نظام مهندسی ساختمان البرز
نگهداری و تعمیر	۱	۱	۲	۹۰۵	عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی تهران مرکز
					عضو هیئت مدیره سازمان نظام مهندسی ساختمان آذربایجان غربی
مکانیک	-	۱	۱	۴۰۸	عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی کرج
شهرسازی	۱	۱	۲	۹۰۵	عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی کرج
					عضو سازمان نظام مهندسی ساختمان استان البرز
					عضو سازمان نظام مهندسی ساختمان استان البرز
استراتژیک	۱	-	۱	۴۰۸	
اقتصاد	-	۱	۱	۴۰۸	عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی ارومیه
مجموع	۷	۱۴	۲۱	۶۶۰۷	دکتری
					کارشناسی ارشد
					۳۳۰۳

اگر مقدار محاسبه شده از مقدار جدول ۳ بزرگ تر باشد اعتبار محتوای آن آیتم پذیرفته می شود. در جدول ۳ تفسیر مقدار CVR مورد پذیرش متناظر با اجزای تشکیل دهنده پانل آمده است. به این ترتیب که با توجه به تعداد نفراتی که در مرحله روایی سنجی شرکت می کنند یک CVR خاص وجود دارد و هرچه قدر تعداد نفرات بیشتر باشد، CVR و رد پذیرش مقدار کمتری خواهد شد. در هنگام تفسیر CVR فرضیات زیر قابل استفاده است. اگر تمامی اعضای پانل با ضرورت یک آیتم موافق نباشند، به این معناست که آیتم کاملاً غیر ضروری است. اگر همه اعضای پانل کاملاً با ضرورت بودن یک آیتم موافق باشند، دو حالت وجود دارد یا همه آن ها اشتباه می کنند یا قضاوت همگی درست می باشد لیکن چون همگی آن ها به عنوان متخصص اظهار نظر نموده اند، لذا می توان گفت که همه آن ها اشتباه نکرده اند و این پارامتر می تواند به طور قابل توجهی ضروری در نظر گرفته شود.

CVR استفاده گردید. آرای اعضای گروه پانل که به گزینه ضروری تعلق گرفته است از طریق نسبت روایی محتوایی CVR کمی سازی می شود.

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

که در آن CVR تبدیل صورت خطی و مستقیم اعضای گروه پانل است که عبارت «ضروری» انتخاب کرده اند، n_E تعداد متخصصانی است که به گزینه «ضروری» پاسخ داده اند و N تعداد کل متخصصان است.

1 Content Validity Rate (CVR)

جدول ۳. حداقل مقادیر CVR_1 , CVR_t برای تعدادهای متفاوت اعضای پانل

Table 3. Minimum values of CVR_t , CVR_1 for different numbers of panel members

تعداد اعضای پانل	۴۰	۳۵	۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵
حداقل مقادیر CVR	۰/۳۹	۰/۳۱	۰/۳۳	۰/۳۷	۰/۴۲	۰/۴۹	۰/۵۱	۰/۵۴	۰/۵۶	۰/۵۹	۰/۶۲	۰/۷۸	۰/۷۵	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹
قابل قبول																

آماري کل را نشان می‌دهد. نحوه انتخاب نمونه‌ها با شرایط مذکور به این دلیل بود که در ساختمان‌های با تعداد طبقات کمتر نیاز به اجرای برخی موارد مقرراتی، آئین‌نامه‌ای و شهرسازی مانند مطالعات ژئوتکنیک، آسانسور، انواع تأسیسات و تجهیزات بکار رفته و غیره نمی‌باشد، لذا در صورت انتخاب ساختمان با تعداد سقف‌های کمتر تعداد شاخص‌های اندازه‌گیری کاهش می‌یافت. سپس با توجه به روش کوکران که در رابطه ۳ بیان شده و با توجه به تعداد کل ساختمان‌های به‌دست‌آمده با شرایط فوق که تعداد آن ۳۷۱۸۴ نمونه بود، جامعه آماری شامل ۳۸۰ نمونه (ساختمان) تعیین شد [۳۰، ۳۱].

$$n = \frac{Nz^2P(1-P)}{d^2(N-1) + z^2P(1-P)} \quad (3)$$

که در آن، n حجم نمونه، N جمع جامعه آماری، z مقدار سطح معنی‌دار و درجه آزادی که معمولاً (۱/۹۶) می‌باشد، D حداقل خطای قابل قبول که معمولاً ۵٪ می‌باشد، P نسبت موفقیت بین افراد نمونه که معمولاً ۵۰٪ در نظر گرفته می‌شود، q نسبت عدم موفقیت ($1-P=q$). به‌منظور رتبه‌بندی شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها در این بخش پس از توزیع الکترونیکی پرسشنامه زوجی در میان خبرگان، ارجحیت زیر شاخص‌ها در هر بخش با توجه به روش AHP مشخص گردید. در ادامه پس از توزیع پرسشنامه حاصل از زیر معیارها در میان نمونه‌ها، به تحلیل هریک از سؤالات مطرح شده با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS^۲ پرداخته شد. در این قسمت میزان تأثیر هر یک از زیر معیارها بر معیارهای نت با توجه به طیف لیکرت که با مقیاس ۱ تا ۹ در نظر گرفته شده، مشخص گردید. برای تبدیل پاسخ‌های کیفی به کمی از روش وزن دهی به شاخص‌ها

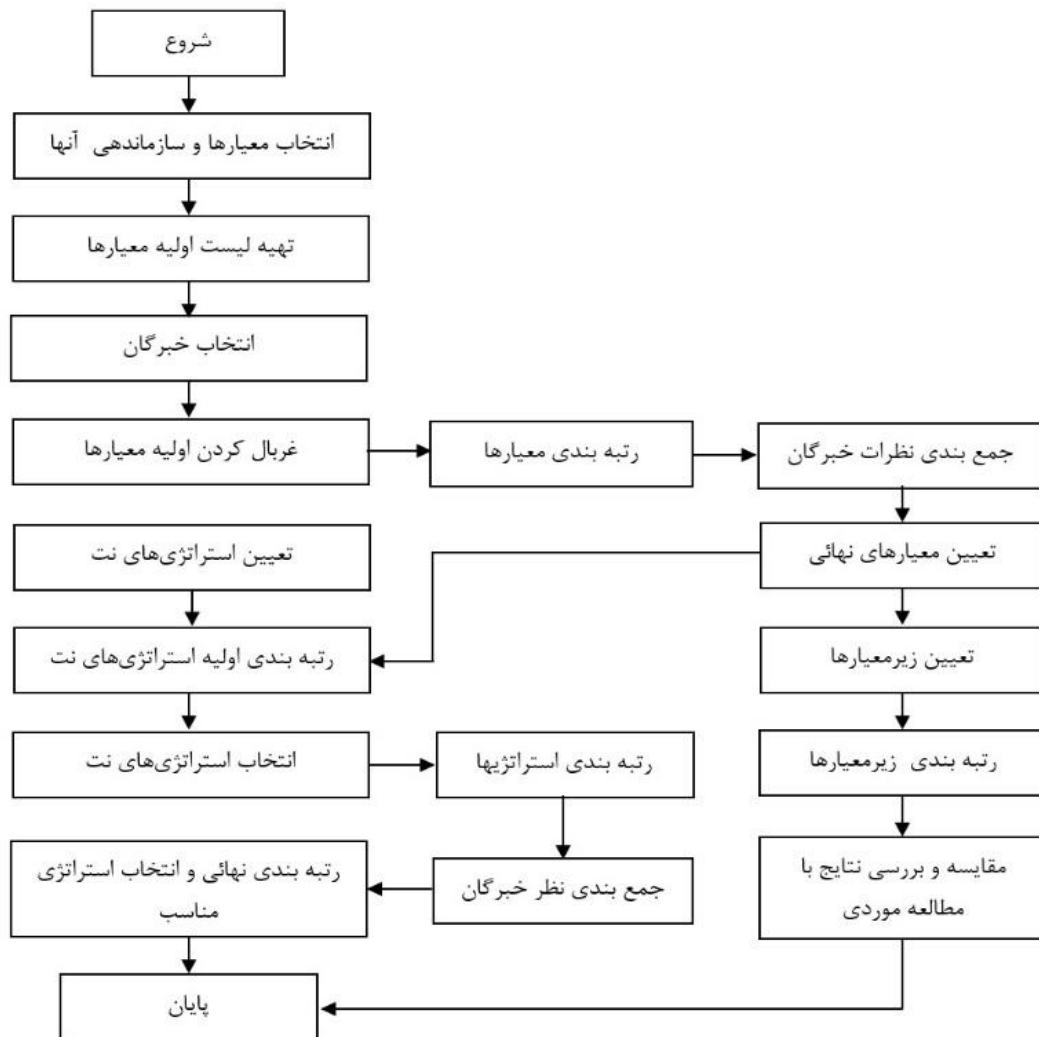
جهت تعیین روایی پرسشنامه‌ها از شاخص محتوایی^۱ CVI استفاده گردید، CVI نشان‌دهنده جامعیت قضاوت‌های مربوط به روایی یا قابلیت اجرای مدل، آزمون یا ابزار نهایی است. هرچه قدر روایی محتوایی نهایی بالاتر باشد، مقدار CVI به سمت ۰/۹۹ میل می‌کند. برعکس این قضیه نیز صادق است.

$$CVI = \frac{\sum_n CVR}{\text{Retained numbers}} \quad (2)$$

CVR تبدیل صورت خطی و مستقیم اعضای گروه پانل است که عبارت «ضروری» را انتخاب کرده‌اند، $Retained numbers$ ، تعداد آیت‌های باقیمانده می‌باشد [۲۹]. پس از تعیین پارامترها و زیر پارامترها و تنظیم پرسشنامه‌ها و توزیع آن در میان نمونه‌ها وضعیت پارامترهای نت ساختمان بر اساس طیف لیکرت بر اساس وضعیت موجود ساختمان‌ها پرسش گردید. با توجه به تعداد پرسشنامه و وجود پارامترهای متعدد، شاخص‌های کاربری مسکونی، تعداد طبقات، تعداد واحد و سال ساخت به‌عنوان پارامترهای انتخاب نمونه‌ها (ساختمان‌ها) از میان حجم کل در نظر گرفته شد. برای ارزیابی و اولویت‌بندی سیاست‌های نت از میان هفت سیاست پرکاربرد نت سه سیاست با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در نظر گرفته شد. در پایان، با بررسی نتایج، سیاست‌های مناسب نت ساختمان اولویت‌بندی گردیدند. جهت ارزیابی سیستم نت ساختمان‌ها نتایج به‌دست‌آمده از معیارها و زیر معیارها در یک مطالعه موردی (شهر کرج) مورد بررسی قرار گرفت. جهت تعیین تعداد نمونه با استفاده از روش کوکران، ابتدا تعداد ساختمان‌های ساخته شده با تعداد طبقات بیشتر از ۳ که از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۸ در شهرستان کرج ساخته شده بودند از طریق سامانه آمار ایران جمع‌آوری شد که جامعه

2 Statistical package for social science

1 Content Validity Index (CVI)



شکل ۱. مدل فرآیند تحقیق

Fig. 1. Research process model

مقایسه‌ای گزینه‌های مختلف با توجه به جنبه‌های چندگانه و متضاد استفاده نمود [۳۲، ۳۳]. این مدل‌های تصمیم‌گیری به دو گروه عمده دسته‌بندی می‌شوند: مدل‌های چندهدفه و مدل‌های چند شاخصه. مدل‌های چندهدفه به منظور طراحی به کار می‌روند و مدل‌های چند شاخصه برای انتخاب گزینه برتر استفاده می‌شوند [۳۴]. هدف از تصمیم‌گیری انتخاب بهترین گزینه یا وزن دهی به عوامل تصمیم‌گیری است. هر روش تصمیم‌گیری وظیفه خاصی دارد یکی هدف وزن دهی به معیارها باهدف رتبه‌بندی گزینه‌ها و دیگری باهدف ارزیابی معیارها می‌باشد. از آنجاکه روش سلسله مراتبی به فرآیند تفکر تحلیلی انسان شباهت بسیار زیادی دارد، از این رو این روش،

استفاده شد. ابتدا فراوانی پاسخ به هر گزینه در هر شاخص مشخص شد سپس مجموع فراوانی هر گزینه در وزن آن ضرب گردید و مجموع حاصل ضرب‌ها باهم جمع شد، عدد به دست آمده بر تعداد افراد پاسخ‌دهنده تقسیم و میانگین وزنی حاصل شده امتیاز آن شاخص محسوب گردید. الگوریتم روش تجزیه و تحلیل ارزیابی گام به گام اوزان مطابق شکل ۱ می‌باشد.

۳-۱ روش تصمیم‌گیری چند معیاره

تصمیم‌گیری چند معیاره روشی مناسب برای تجزیه و تحلیل پیچیدگی‌های موضوعات مدنظر بوده که می‌توان از آن به عنوان روشی کارآمد برای ارزیابی

۴- یافته‌های پژوهش

برای انجام پژوهش و تعیین معیارهای سیستم نت، نیاز به تهیه پرسشنامه می‌باشد. طراحی پرسشنامه بعنوان بخشی از تحقیق بوده که برای این منظور از روش دلفی استفاده شد. پس از طراحی پرسشنامه، دامنه محتوایی پرسشنامه تعیین گردید. جهت انطباق ظاهری و تعیین دامنه محتوایی پرسشنامه از روش روایی ظاهر و روایی محتوا استفاده شد. بر این اساس نوشته‌های موجود بررسی و عوامل مؤثر بر نگهداری و تعمیر از آن‌ها استخراج شد. بر اساس تعریف موضوع، تخصص‌های موردنیاز تعیین و اعضای پانل دلفی که همگی طی سالیان متممادی در زمینه‌ی ساختمان و نگهداری و تعمیرات ساختمان تخصص داشته‌اند، با استفاده از روش‌های نمونه‌گیری غیر احتمالی، شناسایی و انتخاب شدند. در روش دلفی معمولاً تعداد شرکت‌کنندگان کمتر از ۵۰ نفر و عموماً بین ۱۵ تا ۲۰ نفر می‌باشد. در دلفی معمولاً از نمونه‌های همگن برای به دست آوردن طیف گسترده نظرات، پاسخ‌های باکیفیت و راه‌حل‌های قابل‌پذیرش استفاده می‌شود. این نمونه‌گیری موجب افزایش حجم نمونه، مشکلات جمع‌آوری داده‌ها و درنهایت، پیچیدگی رسیدن به اجماع، اجرای آنالیز و بازبینی نتایج می‌شود. در ابتدا سیزده معیار که از منابع معتبر علمی موجود و نظر خبرگان به دست آمده بررسی و هشت عامل مؤثر بر نت از میان آن‌ها استخراج و برای ارزیابی سیاست‌های نت استفاده گردید. پس از تعیین اعضای پانل، سه دور روش دلفی انجام شد. در دور اول فهرستی از عوامل مؤثر بر نت که از پژوهش‌های موفق استخراج شده بودند، در اختیار اعضا قرار گرفت. علاوه بر این، از آن‌ها خواسته شد که ایده‌های خود را درباره عواملی ارائه کنند که در این فهرست نیستند. در دور دوم، مجموعه عواملی که در دور اول پیشنهاد شده بودند به همراه عوامل اولیه مستخرج از ادبیات موضوع، برای تعیین میزان اهمیت در اختیار آنان قرار گرفت. در دور سوم، نظر اعضا درباره عواملی که اهمیت آن‌ها در دورهای اول و دوم متوسط، زیاد و خیلی زیاد تشخیص داده شده بودند، مجدداً دریافت شد. انجام روش دلفی پس از انجام دور سوم و دستیابی به اتفاق نظر مطلوب پایان یافت. در این پژوهش برای تعیین میزان اتفاق نظر میان اعضای پانل، از ضریب هماهنگی کندال استفاده شده است. اختلاف ضریب کندال در دو دور نهائی به مقدار ۰/۰۲۲ بود. در تمام مراحل ارزیابی شاخص‌ها، تعیین میزان اهمیت عوامل از طیف لیکرت ۵ تائی استفاده شده است. در خصوص تعیین زیر شاخص‌ها نیز با توجه به شاخص‌های تعیین

روشی مطلوب جهت تعیین مناسب‌ترین گزینه با در نظر داشتن معیارهای چندگانه است. این روش در سال ۱۹۸۰ توسط آقای ساعتی ارائه شد. از مزایای ممتاز این روش میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم می‌باشد. برای تصمیم‌گیری در جهت سازمان‌دهی برای تولید اولویت‌ها ابتدا اقدام به بیان مسئله و تعریف هدف و معیارهای موردنظر در مطالعه نموده، سپس اقدام به تشکیل ساختار تصمیم‌گیری سلسله‌مراتبی می‌نماییم. در مرحله بعدی ماتریس مقایسه‌ی زوجی را تشکیل و از جدول مقایسه زوجی برای به دست آوردن اولویت‌های هر پارامتر استفاده می‌شود. پس از تعیین اولویت‌های نهایی، وزن‌های مرکب مبنایی برای اتخاذ تصمیمات می‌باشند. برای مقایسه‌های زوجی بین دو پارامتر، نیاز به یک مقیاس از اعداد است. جهت تعیین ارزش مقداری متغیرهای زبانی از روش ساعتی استفاده شده است [۳۵]. از دیگر روش‌های تصمیم‌گیری که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است، روش سوارا می‌باشد. در این روش معیارها بر اساس ارزش رتبه‌بندی می‌شوند. از این رو به مهم‌ترین معیار رتبه یک و به کم‌اهمیت‌ترین معیار رتبه آخر داده می‌شود. در این روش پاسخ‌دهندگان نقش مهمی در تعیین وزن معیارها دارند روش سوارا در سال ۲۰۱۰ به منظور ارائه یک روش وزن دهی به معیارها در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره معرفی شده است [۳۶]. روش سوارا روشی است که هر تصمیم‌گیرنده در آن درگیر ارزیابی می‌باشد و از وزن و رتبه‌های خود برای رتبه‌بندی شخصی استفاده می‌کند، به همین دلیل آخرین مرحله در این روش مرحله مذاکره‌ای است که تمام شرکت‌کنندگان آن را تشکیل می‌دهند [۳۷]. جهت پیشگیری از وابستگی نتایج پژوهش به سلیقه‌ها و قضاوت‌های شخصی خبرگان در رویکرد پژوهش پیش رو، اولویت‌بندی و انتخاب سیاست مناسب نت از روش راه‌حل توافقی و بهینه‌سازی چندمعیاره استفاده شده است [۳۸]. ویکور یک عبارت صریح‌سازی و به معنای راه‌حل توافقی و بهینه‌سازی چند معیاره است. این روش را نخستین بار اوپریکوویچ در سال ۱۹۹۸ ارائه کرد و بعدها اوپریکوویچ و تزنگ در سال ۲۰۰۴ آن را توسعه دادند. تأکید این روش بر رتبه‌بندی و انتخاب از مجموعه‌ای از گزینه‌ها و تعیین راه‌حل‌های توافقی برای مسئله با معیارهای متضاد است [۳۹، ۴۰]. شاخص رتبه‌بندی چند معیاره این روش، میزان نزدیکی به گزینه ایده آل است [۴۱]. بر این اساس خروجی روش تجزیه و تحلیل ارزیابی گام‌به‌گام اوزان، ورودی روش راه‌حل توافقی و بهینه‌سازی چندمعیاره برای رتبه‌بندی و انتخاب سیاست مناسب نت ساختمان‌ها خواهد بود.

جدول ۴. ترکیب و ویژگی اعضای پانل برای روایی

Table 4. Composition and characteristics of panel members for Validity

تخصص	برق	ماشین‌آلات	ترافیک	عمران	معماری	محیط‌زیست	مکانیک	شهرسازی	استراتژیک
تعداد	۱	۱	۱	۵	۱	۱	۱	۱	۱
کارشناس ارشد	-	-	-	۱	-	-	-	۱	-
دکتری تخصصی	۱	۱	۱	۴	۱	۱	۱	-	۱

جدول ۵. مقادیر CVR، میانگین عددی قضاوت‌ها و نتایج پذیرش یا رد شاخص‌های سیستم نت

Table 5. CVR values, numerical mean of judgments and acceptance or rejection results of maintenance system criteria

شاخص	میانگین عددی قضاوت‌ها		پذیرش یا رد
	CVR	میانگین عددی	
ایمنی	۱	۳	پذیرش
بهداشت	۱	۳	پذیرش
قابلیت دسترسی	۰/۸۵	۲/۸۵	پذیرش
بهره دهی مناسب	۰/۸۵	۲/۹۲	پذیرش
صرفه جوئی اقتصادی	۰/۷۱	۲/۸۵	پذیرش
محیط زیست	۰/۷۱	۲/۸۵	پذیرش
صرفه جوئی در مصرف انرژی	۰/۵۷	۲/۷۸	پذیرش
قابلیت اطمینان	۰/۷۱	۲/۸۵	پذیرش

جدول ۶. زیر معیارهای منتخب پژوهش و محاسبه مقادیر CVR، میانگین عددی قضاوت‌ها و نتایج پذیرش یا رد زیرمعیارها (ادامه دارد)

Table 6. Selected sub-criteria of research and calculation of CVR values, numerical mean of judgments and results of acceptance or rejection of sub-criteria(Continude)

رد	میانگین عددی قضاوت‌ها	CVR	زیر معیارها	معیار	رد
رد	۲/۶۹	۰/۳۸	کیفیت محیط و آرامش ساکنان	بهداشت	۱
رد	۲/۶۹	۰/۳۸	کیفیت تأثیر معماری محیطی بر بهداشت روان		۲
رد	۲/۴۶	۰/۲۳	کیفیت دسترسی به قسمت‌های مختلف ساختمان		۳
پذیرش	۲/۸۴	۰/۶۹	کیفیت سیستم‌های تهویه هوا در ساختمان		۴
پذیرش	۳	۱	کیفیت نظافت و نگهداری مشاعات		۵
پذیرش	۲/۸۴	۰/۶۹	کیفیت تجهیزات بهداشتی		۶
پذیرش	۲/۸۴	۰/۶۹	کیفیت بهداشت ساختمان و محیط اطراف ساختمان		۷
پذیرش	۲/۹۲	۰/۸۴	کیفیت دودکش‌های ساختمان		۸
پذیرش	۲/۸۴	۰/۶۹	کیفیت عایق‌های رطوبتی		۹
رد	۲/۶۹	۰/۲۳	کیفیت احساس امنیت محیط توسط ساکنین در ساختمان	ایمنی	۱۰
پذیرش	۳	۱	کیفیت ایمنی پایداری و استحکام ساختمان		۱۱
پذیرش	۲/۷۶	۰/۵۴	کیفیت ایمنی در دسترسی به قسمت‌های مختلف ساختمان، بام، راه‌پله، آسانسور، بالکن و غیره		۱۲
پذیرش	۲/۸۴	۰/۶۹	کیفیت ایمنی آسانسور و پله برقی		۱۳
پذیرش	۲/۸۴	۰/۶۹	کیفیت ایمنی سیستم گازرسانی و تجهیزات گازسوز در ساختمان		۱۴
پذیرش	۲/۸۴	۰/۶۹	کیفیت ایمنی دودکش‌ها ساختمان		۱۵
پذیرش	۲/۸۴	۰/۶۹	کیفیت ایمنی تأسیسات ساختمان		۱۶
پذیرش	۲/۸۴	۰/۶۹	کیفیت ایمنی در برابر سرقت و وجود تجهیزات امنیتی		۱۷
پذیرش	۲/۸۴	۰/۶۹	کیفیت ایمنی در مواجهه با حوادث ناگهانی		۱۸
پذیرش	۲/۹۲	۰/۸۴	کیفیت سیستم اتصال زمین		۱۹
پذیرش	۲/۹۲	۰/۸۴	کیفیت ایمن بودن قسمت‌های مختلف (برق گرفتگی، آتش‌سوزی، مسمومیت، سقوط از بام)	۲۰	
پذیرش	۳	۱	کیفیت کارکرد تجهیزات	بهره‌دهی مناسب	۲۱
پذیرش	۲/۹۲	۰/۸۴	کیفیت سرویس تعمیر و تعویض تجهیزات (بازدیدهای دوره‌ای)		۲۲
پذیرش	۲/۸۴	۰/۶۹	کیفیت عمر مفید تجهیزات		۲۳
پذیرش	۳	۱	کیفیت میزان خرابی تجهیزات		۲۴
رد	۲/۶۹	۰/۳۸	کیفیت نما و مناظر اطراف ساختمان	بهره‌دهی مناسب	۲۵
رد	۲/۶۹	۰/۳۸	کیفیت دسترسی به قسمت‌های مختلف ساختمان		۲۶
رد	۲/۶۹	۰/۳۸	کیفیت تجهیزات و منصوبات ساختمان		۲۷
پذیرش	۳	۱	کیفیت تأسیسات بکار رفته در ساختمان (موتورخانه و تأسیسات برقی و ...)		۲۸
پذیرش	۲/۹۲	۰/۸۴	کیفیت مصالح بکار رفته در ساختمان (مصالح بنایی و تجهیزات و منصوبات ...)		۲۹
رد	۲/۶۹	۰/۳۸	کیفیت رعایت استانداردها و مقررات در ساخت ساختمان		۳۰
پذیرش	۲/۸۴	۰/۶۹	کیفیت سیستم شبکه هوشمند ساختمان		۳۱
پذیرش	۲/۷۶	۰/۵۴	کیفیت سیستم روشنایی اضطراری (برق اضطراری)		۳۲
پذیرش	۲/۸۴	۰/۶۹	کیفیت سیستم آیفون (معمولی، تصویری، رم‌زدار، ...)		۳۳
پذیرش	۲/۷۶	۰/۵۴	کیفیت سیستم آنتن تلویزیون و ماهواره (معمولی، مرکزی، سویچ دار، ...)		۳۴
پذیرش	۳	۱	کیفیت سیستم انتقال گرما و سرما (رادیاتور، هواساز، ...)		۳۵
پذیرش	۳	۱	کیفیت لوله‌های مصرفی گرمایش و سرمایش (فولادی سیاه، گالوانیزه، مسی، ...)		۳۶
پذیرش	۲/۸۴	۰/۶۹	کیفیت سیستم لوله‌گذاری (پی‌وی‌سی، گالوانیزه، ...)		۳۷

جدول ۶. زیر معیارهای منتخب پژوهش و محاسبه مقادیر CVR، میانگین عددی قضاوت‌ها و نتایج پذیرش یا رد زیرمعیارها

Table 6. Selected sub-criteria of research and calculation of CVR values, numerical mean of judgments and results of acceptance or rejection of sub-criteria.

پذیرش	۲/۹۲	۰/۱۸۴	کیفیت لوله‌های مصرفی آب سرد و گرم (گالوانیزه، ۵ لایه،...)	۳۸
پذیرش	۲/۸۴	۰/۶۹	کیفیت لوله‌های مصرفی فاضلاب (چدنی، پلیمری،...)	۳۹
پذیرش	۲/۹۲	۰/۱۸۴	کیفیت سیستم دروازکن و درب ماشین‌رو	۴۰
رد	۲/۶۹	۰/۳۸	کیفیت تأسیسات جانبی (استخر، سونا، جکوزی، تصفیه‌خانه آب و فاضلاب)	۴۱
پذیرش	۲/۸۴	۰/۶۹	کیفیت آسانسور و تجهیزات آن (هیدرولیکی، کابلی،... و کابین)	۴۲
پذیرش	۲/۸۴	۰/۶۹	کیفیت سیستم آتش‌نشانی (قرقره و شیلنگ، کپسول،...)	۴۳
رد	۲/۶۹	۰/۳۸	کیفیت کنتورهای آب و برق و گاز مصرفی و ...	۴۴
رد	۲/۶۹	۰/۳۸	کیفیت نقشه‌های چون ساخت	۴۵
رد	۲/۵۳	۰/۳۸	کیفیت تاب‌آوری ساختمان با توجه به آئین‌نامه های طراحی‌شده و وضعیت موجود	۴۶
پذیرش	۲/۹۲	۰/۱۸۴	کیفیت یراق آلات ساختمان	۴۷
پذیرش	۳	۱	کیفیت عایق های حرارتی	۴۸
پذیرش	۳	۱	کیفیت سیستم های سرمایشی	۴۹
پذیرش	۳	۱	کیفیت سیستم های گرمایشی	۵۰
پذیرش	۲/۷۶	۰/۵۴	کیفیت روشنایی و وسایل روشن کننده محیط ساختمان	۵۱
پذیرش	۲/۸۴	۰/۶۹	کیفیت بازشوها در ساختمان	۵۲
پذیرش	۳	۱	کیفیت بهینه‌سازی مصرف آب (استفاده از شیرهای الکتریکی، منبع ذخیره آب باران و ...)	۵۳
پذیرش	۲/۸۴	۰/۶۹	کیفیت بهینه‌سازی مصرف انرژی (نوع سوخت مصرفی، گاز شهری، نفت، برق، خورشید)	۵۴
پذیرش	۳	۱	کیفیت دفع مناسب و تصفیه بهداشتی فاضلاب‌ها	۵۵
پذیرش	۳	۱	کیفیت نحوه جمع‌آوری زباله در ساختمان (به جز زائدات ناشی از غذا)	۵۶
پذیرش	۲/۸۴	۰/۶۹	کیفیت فضای سبز در ساختمان (حیاط، بام، تراس)	۵۷
پذیرش	۲/۹۲	۰/۱۸۴	کیفیت استفاده از انرژی خورشیدی	۵۸
پذیرش	۳	۱	کیفیت مدیریت تجهیزات	۵۹
پذیرش	۲/۹۲	۰/۱۸۴	کیفیت استانداردهای تجهیزات	۶۰
پذیرش	۲/۹۲	۰/۱۸۴	کیفیت نگهداری و تعمیرات تجهیزات و وسایل	۶۱
پذیرش	۳	۱	کیفیت تعمیر پذیری تجهیزات	۶۲
پذیرش	۲/۷۶	۰/۵۴	کیفیت سیستم هوشمند ساختمان در کاهش هزینه‌ها	۶۳
رد	۲/۶۹	۰/۳۸	کیفیت جذابیت قیمت زمین به نسبت مترآژ موجود	۶۴
پذیرش	۳	۱	کیفیت آسیب‌های ناشی از جنس و سیستم سازه با توجه طول عمر ساختمان	۶۵
پذیرش	۲/۸۴	۰/۶۹	کیفیت استفاده از نرم‌افزارهای مدیریت تعمیر و نگهداری	۶۶
پذیرش	۲/۸۴	۰/۶۹	کیفیت بهره‌وری تجهیزات و دستگاه‌ها	۶۷

$$CVI = \frac{6/4}{8} = 0/80$$

در صورتی که شاخص روایی بالاتر از ۷۰ درصد باشد اعتبار سؤالات مورد تأیید است. با توجه به اینکه شاخص روایی برای پرسشنامه شاخص‌های ارزیابی ۰/۸ تعیین گردید، لذا شاخص روایی مورد تأیید است. نتایج CVR مربوط به میانگین عددی قضاوت‌ها و نتایج پذیرش یا رد زیر معیارهای منتخب پژوهش می‌باشد که نتایج در جدول ۶ نشان داده شده است. بر اساس قضاوت‌ها تعداد ۱۱ شاخص مورد پذیرش قرار نگرفت. در نهایت نتایج شاخص روایی برای پرسشنامه زیر معیارها عبارت بود از:

$$CVI = \frac{43/88}{54} = 0/812$$

با توجه به اینکه شاخص روایی ۰/۸۱۲ تعیین شد، لذا شاخص روایی در خصوص این پرسشنامه نیز مورد تأیید می‌باشد. آلفای کرونباخ بر اساس پاسخ‌های به دست آمده برای پرسشنامه شاخص‌ها ۰/۸۸۶ و برای پرسشنامه زیر شاخص‌ها ۰/۹۷۰ به دست آمد. پس از انتخاب ۸ پارامتر به عنوان شاخص‌های ارزیابی، با توجه به کسب اجماع عمومی در مورد شاخص‌های مطرح شده در رابطه با عوامل تأثیرگذار در نت، در گام بعد اهمیت هریک از معیارها با نظر خبرگان تعیین و سپس برای افزایش دقت با استفاده از روش AHP میزان وزن هریک از پارامترها مورد ارزیابی قرار گرفت و در نهایت رتبه هر شاخص تعیین گردید. در روش AHP نرخ ناسازگاری ۰/۰۱۴۵ به دست آمده که چون این مقدار از ۰/۱ کمتر می‌باشد لذا مقایسه زوجی مورد قبول بوده است. نتایج روش AHP در جدول ۷ نشان آورده شده است. در این آزمون ایمنی با اهمیت‌ترین معیار و قابلیت اطمینان کم‌اهمیت‌ترین معیار معرفی شد که این نشان‌دهنده اهمیت بالای این شاخص نسبت به

شده، پرسشنامه مربوط در خصوص زیر شاخص‌ها با استفاده از روش دلفی توسط خبرگان تهیه شد و از میان ۶۷ زیر معیار که توسط خبرگان پیشنهاد گردید، ۵۴ زیر معیار استخراج گردید که نتایج در جدول ۶ نشان داده شده است. پس از انجام سه دور روش دلفی انحراف معیار پاسخ‌های اعضاء درباره میزان اهمیت شاخص در دور سوم نسبت به دوره‌های قبلی کاهش چشم‌گیری داشته است. با توجه به عدم وجود اختلاف در ضریب هماهنگی کندال برای این پارامترها در دور دوم و سوم که نشان‌دهنده میزان اتفاق نظر میان اعضای پانل در دو دور متوالی می‌باشد اجرای روش دلفی متوقف گردید. جهت ارزیابی روایی پرسشنامه‌های فوق از روش لاوشی استفاده گردید. جهت تعیین اعضای گروه پانل ارزیاب روایی، از متخصصانی استفاده گردید که در حوزه دامنه محتوایی پرسشنامه فعالیت داشتند تا امکان قضاوت دقیق و صحیح فراهم شود. اگرچه روش پیشنهادی لاوشی حداقل تعداد اعضا را ۴ نفر که سه نفر دارای مدرک دکتری و یک نفر کارشناس ارشد باشد، اعلام نموده است، اما در این پژوهش برای اطمینان از نتایج، ۱۳ نفر از متخصصان در زمینه‌ی نت ساختمان و تخصص‌های مرتبط با آن انتخاب گردیدند ترکیب و ویژگی اعضای پانل ارزیاب روایی در جدول ۴ آمده است. بعد از طراحی و انتخاب نهایی سؤالات، پرسشنامه‌های روایی سنجی حاوی سؤال‌های پرسشنامه، به خبرگان محتوا و متخصصین موضوع مربوطه داده شد که در مورد تک‌تک سؤال‌ها ضرورت آن را مشخص نمایند. جهت کمی سازی آراء اعضای گروه پانل از نرخ روایی محتوا CVR استفاده شد. آرای اعضای گروه پانل که به گزینه ضروری تعلق گرفته است از طریق نسبت روایی محتوایی CVR کمی سازی گردید. نتایج CVR مربوط به میانگین عددی قضاوت‌ها و نتایج پذیرش یا رد شاخص‌های سیستم نت ساختمان در جدول ۵ نشان داده شد. پس از تعیین مقادیر CVR مقادیر روایی محتوای شاخص‌ها عبارت است از:

جدول ۷. محاسبه وزن و رتبه معیارها بر اساس روش AHP

Table 7. Calculation of weight and rank of criteria based on AHP method

معیارها	ایمنی	بهداشت	قابلیت دسترسی	بهره‌دهی مناسب	صرفه‌جویی اقتصادی	محیط‌زیست	صرفه‌جویی در مصرف انرژی	قابلیت اطمینان
رتبه اهمیت	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
وزن معیار	۰/۳۵۸۱	۰/۱۶۸۳۷	۰/۱۲۲	۰/۱۰۲۱۹	۰/۰۷۶۹۸	۰/۰۷۱۷۱	۰/۰۵۴۰۱	۰/۰۵۴۰۱

سیستم نت ساختمان شناسایی شده و نتایج مقایسه زوجی بین شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها با روش AHP در جدول ۸ نشان داده شده است با توجه به نظر خبرگان شاخص‌ها و زیر شاخص‌های مندرج در جدول ۸ به عنوان شاخص‌ها و زیر شاخص‌های ارزیابی ساختمان‌ها مبتنی بر نت انتخاب شدند. با توجه به محاسبه وزن زیر شاخص‌ها، وزن هر شاخص در کل سیستم مشخص و نرمال گردید. پس از محاسبه وزن‌ها بر اساس نظر خبرگان برای بررسی نتایج با واقعیت، پرسشنامه‌های تنظیم شده در میان ۳۸۰ نمونه (ساختمان) در شهر کرج که به صورت تصادفی انتخاب شده‌اند توزیع گردید. جهت تکمیل این پرسشنامه از مدیران ساختمان‌ها کمک گرفته شد

سایر معیارها از نظر خبرگان می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه داده‌های وارد شده به روش‌های استفاده شده، بر اساس نظرات تخصصی خبرگان بررسی شده است، لذا نتایج آن برای سیستم نت ساختمان قابل استفاده است. با این رویش، گزینه‌های به دست آمده از روش AHP اولویت بندی گردید. با بررسی مقادیر مشاهده می‌شود که میانگین رتبه نتایج حاصل از این روش تصمیم‌گیری به ترتیب: ایمنی، بهداشت، قابلیت دسترسی، بهره‌دهی مناسب، صرفه‌جویی اقتصادی، محیط‌زیست، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و قابلیت اطمینان به ترتیب اولویت شاخص‌های کلیدی مؤثر بر سیستم نت می‌باشند. در این پژوهش با استفاده از روش دلفی معیارها و زیرمعیارهای مؤثر در

جدول ۸. تعیین اهمیت زیر شاخص‌ها (ادامه دارد)

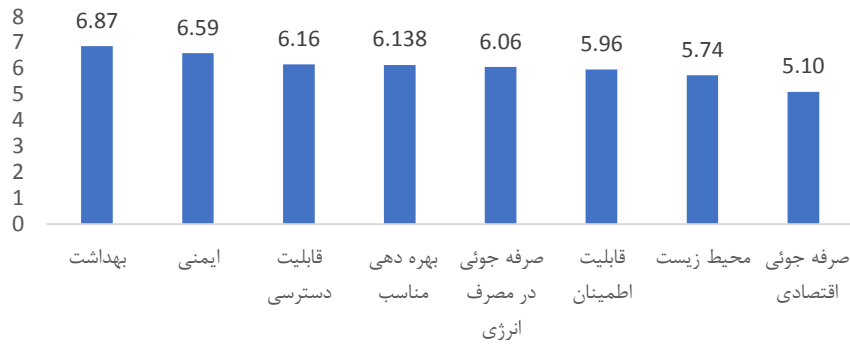
Table 8. Determining the importance of sub-criteria (Continude)

مطالعه موردی با استفاده از نرم افزار SPSS		با استفاده از روش AHP				زیرمعیارها	رتبه	معیار
وزن شاخص‌ها	وزن زیر شاخص‌ها	رتبه در کل سیستم	وزن در کل سیستم	رتبه زیر شاخص‌ها	وزن زیر شاخص‌ها			
۶/۸۷	۶/۶۵	۱	۰/۲۱۵	۱	۰/۲۱۵	کیفیت سیستم‌های تهویه هوا در ساختمان	بهداشت	
	۷/۲۳	۶	۰/۱۰۷	۶	۰/۱۱۱	کیفیت نظافت و نگهداری مشاعات		
	۶/۸۸	۵	۰/۱۲۸	۵	۰/۱۲۸	کیفیت تجهیزات بهداشتی		
	۷/۰۱	۴	۰/۱۵۴	۴	۰/۱۵۴	کیفیت بهداشت ساختمان و محیط اطراف ساختمان		
	۶/۷۸	۳	۰/۱۸۸	۳	۰/۱۸۵	کیفیت دودکش‌های ساختمان		
	۶/۶۸	۲	۰/۲۰۸	۲	۰/۲۰۷	کیفیت عایق‌های رطوبتی		
۶/۵۹	۷/۰۴	۳	۰/۱۲۵	۳	۰/۱۲۵	کیفیت ایمنی پایداری و استحکام ساختمان	ایمنی	
	۷/۲۹	۸	۰/۰۷۶	۸	۰/۰۷۸	کیفیت ایمنی در دسترسی به قسمت‌های مختلف ساختمان، بام، راه‌پله، آسانسور، بالکن و غیره		
	۶/۷۰	۱۰	۰/۰۶۴	۱۰	۰/۰۶۵	کیفیت ایمنی آسانسور و پله‌برقی		
	۶/۸۶	۱	۰/۱۵۵	۱	۰/۱۵۵	کیفیت ایمنی سیستم گازرسانی و تجهیزات گازسوز در ساختمان		
	۶/۷۰	۵	۰/۰۹۸	۵	۰/۱	کیفیت ایمنی دودکش‌ها ساختمان		
	۶/۷۴	۴	۰/۱۱۰	۴	۰/۱۰۹	کیفیت ایمنی تأسیسات ساختمان		
	۶/۵۲	۹	۰/۰۶۸	۹	۰/۰۶۷	کیفیت ایمنی در برابر سرقت و وجود تجهیزات امنیتی		
	۶/۲۱	۷	۰/۰۸۰	۷	۰/۰۸۱	کیفیت ایمنی در مواجهه با حوادث ناگهانی		
	۵/۸۰	۶	۰/۰۹۵	۶	۰/۰۹۴	کیفیت سیستم اتصال زمین		
	۶/۱۱	۲	۰/۱۲۹	۲	۰/۱۲۹	کیفیت ایمن بودن قسمت‌های مختلف (برق‌گرفتگی، آتش‌سوزی، مسمومیت، سقوط از بام)		
۶/۱۵	۶/۶۸	۳	۰/۲۵۹	۳	۰/۲۵۸	کیفیت کارکرد تجهیزات	قابلیت دسترسی	
	۵/۸۰	۱	۰/۲۹۶	۱	۰/۲۹۳	کیفیت سرویس تعمیر و تعویض تجهیزات (بازدیدهای دوره‌ای)		
	۶/۵۹	۲	۰/۲۸۹	۲	۰/۲۹۱	کیفیت عمر مفید تجهیزات		
	۵/۵۷	۴	۰/۱۵۶	۴	۰/۱۵۸	کیفیت زمان خرابی تجهیزات		

جدول ۸. تعیین اهمیت زیر شاخص‌ها

Table 8. Determining the importance of sub-criteria

مطالعه موردی با استفاده از نرم‌افزار SPSS		با استفاده از روش AHP			وزن زیر شاخص‌ها	رتبه زیر شاخص‌ها	وزن در کل سیستم	رتبه در کل سیستم	وزن شاخص‌ها	معیار
وزن شاخص‌ها	وزن زیر شاخص‌ها	رتبه در کل سیستم	وزن در کل سیستم	رتبه در کل سیستم						
۶/۱۳	۶/۴۲	۵	۰/۰۸۶	۵	۰/۰۸۶	۲۱	کیفیت تأسیسات بکار رفته در ساختمان (موتورخانه، تأسیسات برقی، ...)	بهره‌دهی مناسب		
	۶/۴۹	۲	۰/۰۹۰	۲	۰/۰۹۰	۲۲	کیفیت مصالح بکار رفته در ساختمان (مصالح بنائی، تجهیزات، منصوبات ...)			
	۵/۱۴	۱۰	۰/۰۵۰	۱۰	۰/۰۴۹	۲۳	کیفیت سیستم شبکه هوشمند ساختمان			
	۴/۸۷	۱۱	۰/۰۴۴	۱۱	۰/۰۴۴	۲۴	کیفیت سیستم روشنایی اضطراری (برق اضطراری)			
	۶/۴۵	۱۴	۰/۰۳۱	۱۴	۰/۰۳۱	۲۵	کیفیت سیستم آیفون (معمولی، تصویری، رمزدار،...)			
	۶/۵۱	۱۳	۰/۰۳۵	۱۳	۰/۰۳۵	۲۶	کیفیت سیستم آنتن تلویزیون و ماهواره (معمولی، مرکزی، سوئیچ دار،...)			
	۶/۶۵	۸	۰/۰۸۰	۸	۰/۰۷۹	۲۷	کیفیت سیستم انتقال گرما و سرما (رادیاتور، هواساز،...)			
	۶/۲۶	۶	۰/۰۸۵	۶	۰/۰۸۴	۲۸	کیفیت لوله‌های مصرفی گرمایش و سرمایش (فولادی سیاه، گالوانیزه، مسی،...)			
	۶/۳۴	۴	۰/۰۸۷	۴	۰/۰۸۷	۲۹	کیفیت سیستم لوله‌گذاری (پی‌وی‌سی، گالوانیزه،...)			
	۶/۲۸	۳	۰/۰۸۷	۳	۰/۰۸۷	۳۰	کیفیت لوله‌های مصرفی آب سرد و گرم (گالوانیزه، ۵ لایه،...)			
۶/۲۸	۷	۰/۰۸۴	۷	۰/۰۸۴	۳۱	کیفیت لوله‌های مصرفی فاضلاب (چدنی، پلیمری،...)				
۶/۶۱	۱۲	۰/۰۳۸	۱۲	۰/۰۳۸	۳۲	کیفیت سیستم دربازکن و درب ماشین‌رو				
۶/۱۵	۶/۱۵	۱	۰/۰۹۸	۱	۰/۰۹۸	۳۳	کیفیت آسانسور و تجهیزات آن (هیدرولیکی، کابلی،... و اتاقک)	بهره‌دهی مناسب		
	۵/۲۹	۹	۰/۰۷۶	۹	۰/۰۷۶	۳۴	کیفیت سیستم آتش‌نشانی (قرقره و شیلنگ، کپسول،...)			
	۶/۳۳	۱۵	۰/۰۲۷	۱۵	۰/۰۳	۳۵	کیفیت براق‌آلات ساختمان			
۶/۱۰۶	۵/۷۲	۴	۰/۱۵۶	۴	۰/۱۵۵	۳۶	کیفیت عایق‌های حرارتی	صرفه‌جویی در مصرف انرژی		
	۶/۳۴	۱	۰/۱۹۳	۱	۰/۱۹۲	۳۷	کیفیت سیستم‌های سرمایشی			
	۶/۷۱	۲	۰/۱۶۸	۲	۰/۱۶۸	۳۸	کیفیت سیستم‌های گرمایشی			
	۶/۷۰	۶	۰/۱۰۶	۶	۰/۱۰۶	۳۹	کیفیت روشنایی و وسایل روشن‌کننده محیط ساختمان			
	۶/۵۴	۷	۰/۰۹۳	۷	۰/۰۹۳	۴۰	کیفیت بازشوها در ساختمان			
	۵/۰۳	۵	۰/۱۲۸	۵	۰/۱۲۸	۴۱	کیفیت بهینه‌سازی مصرف آب (استفاده از شیرهای الکتریکی، منبع ذخیره آب باران و ...)			
	۵/۴۱	۳	۰/۱۵۷	۳	۰/۱۵۷	۴۲	کیفیت بهینه‌سازی مصرف انرژی (نوع سوخت مصرفی، گاز شهری، گاز مایع، نفت، برق، خورشید)			
۵/۷۴	۶/۲۸	۱	۰/۳۴۶	۱	۰/۳۴۶	۴۳	کیفیت دفع مناسب و تصفیه بهداشتی فاضلاب‌ها	محیط‌زیست		
	۶/۰۳	۲	۰/۲۳۴	۲	۰/۲۳۴	۴۴	کیفیت نحوه جمع‌آوری زباله در ساختمان (به‌جز زائدات ناشی از غذا)			
	۶/۱۴	۴	۰/۱۸۷	۴	۰/۱۸۸	۴۵	کیفیت فضای سبز در ساختمان (حیاط، بام، تراس)			
	۴/۵۲	۳	۰/۲۳۲	۳	۰/۲۳۲	۴۶	کیفیت استفاده از انرژی خورشیدی			
۵/۹۶	۵/۷۱	۴	۰/۱۸۷	۴	۰/۱۸۳	۴۷	کیفیت مدیریت تجهیزات	قابلیت اطمینان		
	۶/۰۶	۱	۰/۳۲۰	۱	۰/۳۱۹	۴۸	کیفیت استانداردهای تجهیزات			
	۶/۲۹	۲	۰/۲۸۰	۲	۰/۲۸	۴۹	کیفیت نگهداری و تعمیرات تجهیزات و وسایل			
۵/۱۰	۵/۷۹	۳	۰/۲۱۳	۳	۰/۲۱۸	۵۰	کیفیت تعمیر پذیری تجهیزات (تعمیر بجای تعویض)	صرفه‌جویی اقتصادی		
	۴/۹۱	۳	۰/۲۱۰	۳	۰/۲۱	۵۱	کیفیت سیستم هوشمند ساختمان در کاهش هزینه‌ها			
	۵/۸۱	۱	۰/۳۲۲	۱	۰/۳۲۲	۵۲	کیفیت آسیب‌های ناشی از جنس و سیستم سازه با توجه به طول عمر ساختمان			
	۴/۳۴	۴	۰/۲۰۶	۴	۰/۲۰۶	۵۳	کیفیت استفاده از نرم‌افزارهای مدیریت تعمیر و نگهداری			
	۵/۳۶	۲	۰/۲۶۲	۲	۰/۲۶۲	۵۴	کیفیت بهره‌وری تجهیزات و دستگاه‌ها			



شکل ۲. مقایسه کل زیر شاخص‌های نگهداری و تعمیر ساختمان

Fig. 2. Total comparison of building maintenance sub-criteria

جدول ۹. مقایسه وزن و رتبه معیارها بر اساس روش AHP و میانگین نتایج حاصل از مطالعه موردی

Table 9. Comparison of the weight and rank of the criteria based on the AHP method and average results from the case study

معیارها	بر اساس روش AHP		بر اساس نتایج مطالعه موردی	
	رتبه اهمیت	وزن معیار	رتبه اهمیت	وزن معیار
ایمنی	۱	۰/۳۵۸۱۰	۲	۶/۵۹
بهداشت	۲	۰/۱۶۸۳۷	۱	۶/۸۷
قابلیت دسترسی	۳	۰/۱۲۲۰۰	۳	۶/۱۵
بهره‌دهی مناسب	۴	۰/۱۰۲۱۹	۴	۶/۱۳
صرفه‌جویی اقتصادی	۵	۰/۰۷۶۹۸	۸	۵/۱۰
محیط زیست	۶	۰/۰۷۱۷۱	۷	۵/۷۴
صرفه‌جویی در مصرف انرژی	۷	۰/۰۵۴۰۱	۵	۶/۰۶
قابلیت اطمینان	۸	۰/۰۴۶۶۴	۶	۵/۹۶

حاصل از توزیع پرسشنامه‌ها در میان نمونه‌ها و نظرات مدیران ساختمان‌ها مشخص گردید، معیار بهداشت در وضعیت مناسب‌تری قرار دارد و ایمنی در رتبه دوم و صرفه‌جویی در مصرف انرژی در رتبه آخر قرار دادند که این بیانگر آنست که در واقعیت شاخص بهداشت از ایمنی در ساختمان‌ها با اهمیت‌تر می‌باشد. همچنین کیفیت نظافت و نگهداری مشاعات نسبت به سایر زیرمعیارها تأثیر بیشتری در کیفیت بهداشت ساختمان مبتنی بر نت دارد و با توجه به مقدار وزن آن، ۷/۲۳ در محدوده تأثیر خوب تا خیلی خوب قرار دارد، لذا می‌توان گفت این زیر معیار تأثیر خوب‌رو به بالا دارد. شکل ۲ نشان‌دهنده مقایسه کل شاخص‌های نت بر اساس پاسخ‌ها می‌باشد. مقایسه نتایج به‌دست‌آمده از هر دو روش اولویت‌بندی پارامترها در جدول ۹ نشان داده شده است. بررسی نتایج حاکی از اختلاف نظر موجود بین خبرگان و مدیران ساختمان‌ها در اولویت بندی پارامترها می‌باشد.

زیرا علی‌رغم اینکه برابر مبحث ۲۲ مقررات ملی ساختمان جایگاه مدیر نگهداری و تعمیر بیان شده لیکن متأسفانه به دلیل عدم اجرای این مبحث در کشور مدیر نگهداری و تعمیر که در این مبحث به آن اشاره شده در واقعیت وجود ندارد لذا جهت نزدیکی نتایج با واقعیت پرسشنامه‌ها بین مدیران ساختمان‌های نمونه توزیع شد، زیرا یکی از وظایف مهم مدیر ساختمان برابر قانون تملک آپارتمان‌ها حفظ و اداره ساختمان از آسیب و خرابی و اجرای تصمیماتی مجمع عمومی می‌باشد، اطلاعات جمع‌آوری شده، با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میزان تأثیر هر زیر معیارها بر معیارهای نت ساختمان بر اساس طیف لیکرت مشخص و از روش وزن دهی به شاخص‌ها جهت کمی سازی پاسخ‌ها استفاده شد و میانگین حسابی رتبه هر شاخص بر اساس مجموع وزن در کل سیستم زیر شاخص‌ها محاسبه گردید که نتایج در جدول ۶ بیان گردید. با توجه به بررسی نتایج به‌دست‌آمده

جدول ۱۰. محاسبه وزن استراتژیها بر اساس روش SWARA

Table 10. Calculation of the weight of strategies based on the SWARA method

استراتژی	رتبه	s_j	$k_j = s_j + 1$	$w_j = (x_j - 1) / k_j$	$q_i = w_j / \sum(w_j)$
واکنشی / اضطراری	۱	۰	۱	۱	۰/۳۷۷
ازکارافتادگی / مبتنی بر شکست	۲	۰/۶۷۳	۱/۶۷	۰/۵۹۷	۰/۲۲۵
اصلاحی	۳	۰/۷۴۳	۱/۷۴	۰/۳۴۲	۰/۱۲۹
پیشگیرانه	۴	۰/۴۴	۱/۴۴	۰/۲۳۸	۰/۰۸۹
پیش‌گویانه / مبتنی بر وضعیت	۵	۰/۲۶	۱/۲۶	۰/۱۸۸	۰/۰۷۱
بهره‌ور فراگیر	۶	۰/۲۲۷	۱/۲۲	۰/۱۵۴	۰/۰۵۸
مؤثر یا پیش‌اقدامانه	۷	۰/۱۹	۱/۱۹	۰/۱۲۹	۰/۰۴۸

روش راه‌حل توافقی و بهینه‌سازی چندمعیاره در جدول ۱۱ نشان داده شده‌اند. در جدول ۱۲ نتایج وزن معیارها و فاصله‌ی سطح ایده آل از گزینه‌ها حاصل از توزیع پرسشنامه میان نمونه‌ها نشان داده شده‌اند. در این بخش سیاست‌های نت ساختمان بر اساس مقادیر سه شاخص سودمندی (S)، تأسف (R) و شاخص ویکور (Q) با اندازه $(v=0/5)$ بر اساس نتایج به دست آمده از هر دو روش مرتب شده‌اند. نتایج محاسبات در جدول ۱۳ و ۱۴ نشان داده شده است. همان‌طور که از نتایج مندرج در جدول ۱۳ و ۱۴ مشاهده می‌گردد، با توجه به عدم برقراری شرط یک مبنی بر اینکه اگر گزینه A_1 و A_2 در میان m گزینه رتبه اول و دوم را داشته باشند باید رابطه ۴ برقرار باشد.

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq \frac{1}{1-m} \quad (4)$$

از آنجاکه این شرط برقرار نشد، مجموعه‌ای از گزینه‌ها به‌عنوان گزینه برتر انتخاب می‌شوند.

$$best\ alternative = A_1, A_2, \dots, A_m \quad (5)$$

در گام بعد با استفاده از روش SWARA استراتژی‌های نت ساختمان با استفاده از نظر خبرگان رتبه‌بندی شد تا استراتژی‌های مناسب نت ساختمان انتخاب گردند که نتایج در جدول ۱۰ نشان داده شده است. با توجه به نتایج حاصل از جدول ۱۰ مشخص گردید سه استراتژی، واکنشی / اضطراری، ازکارافتادگی / مبتنی بر شکست و اصلاحی دارای بالاترین اولویت در سیستم نت ساختمان‌ها می‌باشند که این موضوع متأسفانه بیانگر آنست که در صنعت ساختمان در کشور با سیاست‌های بدون برنامه ریزی و یا با زمان بندی حداقلی در صنعت ساختمان روبرو می‌باشیم. با محاسبه وزن مؤثر هر یک از معیارها به روش مقایسه زوجی، همچنین نتایج حاصل از توزیع پرسشنامه‌ها میان نمونه‌های انتخابی در مطالعه موردی شهر کرج به روش SPSS و به‌منظور پیشگیری از وابستگی نتایج پژوهش به سلیقه‌ها و قضاوت‌های شخصی خبرگان و پاسخ‌دهنده‌ها در رویکرد پژوهش پیش‌رو، اولویت‌بندی و انتخاب استراتژی‌های مناسب نت ساختمان به کمک روش راه‌حل توافقی و بهینه‌سازی چندمعیاره تعیین و نتایج حاصل از هر دو روش با یکدیگر مقایسه می‌گردد [۴۲]. برای این منظور و با توجه به میانگین حسابی وزن نهائی معیارهای به دست آمده از هر دو روش برای رتبه‌بندی و انتخاب استراتژی مناسب نت ساختمان، از روش راه‌حل توافقی و بهینه‌سازی چندمعیاره استفاده گردید. نتایج وزن معیارها و فاصله‌ی سطح ایده آل از گزینه‌ها حاصل از روش مقایسه زوجی با استفاده از

جدول ۱۱. وزن معیارهای و فاصله‌ی سطح ایده آل از گزینه به‌دست‌آمده از روش AHP

Table 11. Criteria weight and ideal level distance from the option obtained by AHP method

معیار	وزن معیار	فاصله از سطح ایده آل	
		واکنشی/ اضطراری	از کارافتادگی/ مبتنی بر شکست
ایمنی	۰/۰۲۶۴	۰/۰۲۶۴	۰
بهداشت	۰/۰۱۹۵	۰/۰۱۹۵	۰
قابلیت دسترسی	۰/۰۳۳۷	۰/۰۳۳۷	۰
بهره‌دهی مناسب	۰/۰۰۷۴	۰/۰۰۷۴	۰
صرفه‌جویی در مصرف انرژی	۰/۰۱۱۲	۰	۰/۰۱۱۲
محیط‌زیست	۰/۰۲۴۵	۰/۰۲۴۵	۰
صرفه‌جویی اقتصادی	۰/۰۲۲۶	۰	۰/۰۲۲۶
قابلیت اطمینان	۰/۰۱۸۷	۰/۰۱۸۷	۰
S _i	-	۰/۱۳۰۴	۰/۰۳۳۹
R _i	-	۰/۰۳۳۸	۰/۰۲۲۷

جدول ۱۲. وزن معیارهای و فاصله‌ی سطح ایده آل از گزینه به‌دست‌آمده از مطالعه موردی

Table 12. The weight of the criteria and the distance of the ideal level from the option obtained from the case study

معیار	وزن معیار	فاصله از سطح ایده آل	
		واکنشی/ اضطراری	از کارافتادگی/ مبتنی بر شکست
ایمنی	۰/۰۶۵۹	۰/۰۶۵۹	۰
بهداشت	۰/۰۶۸۷	۰/۰۶۸۷	۰
قابلیت دسترسی	۰/۰۶۱۵	۰/۰۶۱۵	۰
بهره‌دهی مناسب	۰/۰۶۱۳	۰/۰۶۱۳	۰
صرفه‌جویی در مصرف انرژی	۰/۰۶۰۶	۰	۰/۰۶۰۶
محیط‌زیست	۰/۰۵۷۴	۰/۰۵۷۴	۰
صرفه‌جویی اقتصادی	۰/۰۵۱	۰	۰/۰۵۱
قابلیت اطمینان	۰/۰۵۹۶	۰/۰۵۹۶	۰
S _i	-	۰/۳۷۴۴	۰/۱۱۱۶
R _i	-	۰/۰۶۸۷	۰/۰۶۰۶

جدول ۱۳. رتبه‌بندی سیاستهای نگهداری و تعمیرات ساختمان بر اساس نتایج حاصل از روش AHP بر اساس شاخصهای Q, S, R

Table 13. Ranking of building maintenance policies based on the results of the AHP method based on R, S, and Q criteria

رتبه بر اساس Q		رتبه بر اساس R		بر اساس S		استراتژی
رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	
۲	۰/۲۳۱۹	۲	۰/۰۲۲۶۵	۱	۰/۰۳۳۹	ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست
۱	۰/۱۳۶	۱	۰/۰۱۳	۲	۰/۰۶۰۱	اصلاحی
۳	۱	۳	۰/۰۳۳۸	۳	۰/۱۳۰۴	واکنشی/ اضطراری

جدول ۱۴. رتبه‌بندی سیاستهای نگهداری و تعمیرات ساختمان بر اساس نتایج حاصل از مطالعه موردی بر اساس شاخصهای Q, S, R

Table 14. Ranking of building maintenance policies based on the results of case study based on R, S, and Q criteria

رتبه بر اساس Q		رتبه بر اساس R		بر اساس S		استراتژی
رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	رتبه	مقدار	
۲	۰/۳۹۶۹	۲	۰/۰۶۰۶	۱	۰/۱۱۱۶	ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست
۱	۰/۱۱۸۸	۱	۰/۰۲۹۳	۲	۰/۱۷۴	اصلاحی
۳	۱	۳	۰/۰۶۸۷	۳	۰/۳۷۴۴	واکنشی/ اضطراری

۵- نتایج و بحث

با توجه به بررسی مطالعات انجام شده می‌توان نتیجه گرفت، پژوهش‌هایی به صورت جداگانه و یا هم‌زمان با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در تعیین معیارهای نگهداری و تعمیر و استراتژی‌های مربوط به آن در صنایع مختلف صورت گرفته است. لیکن در حوزه صنعت ساختمان این موضوع مورد ارزیابی قرار نگرفته است؛ بنابراین بررسی معیارها و زیر معیارها، توسعه و کاربرد مدل‌ها، همچنان در این حوزه احساس می‌شود. از این رو در این پژوهش با استفاده از روش دلفی معیارهای و زیر معیارهای مؤثر در نت ساختمان شناسایی و با استفاده از تکنیک AHP اولویت‌بندی معیارها و زیر معیارهای سیستم نت در صنعت ساختمان، تعیین گردید. نتایج حاصل از روش AHP نشان داد، معیار ایمنی دارای بالاترین اولویت و معیار بهداشت در رتبه دوم قرار دارد و این در حالی است که با بررسی نتایج حاصل

بر این اساس بیشترین مقدار m با توجه به رابطه ۶ محاسبه می‌شود.

$$Q(A_m) - Q(A_1) < 1/(n-1) \rightarrow$$

$$Q(A_m) < (1/n-1) + Q(A_1) \quad (6)$$

لذا استراتژی اصلاحی و ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست به عنوان گزینه برتر سیستم نت در ساختمان‌ها برای هر دو روش در نظر گرفته شد. عدم اولویت سایر استراتژی‌های نت در صنعت ساختمان نشان‌دهنده عدم توجه به اهمیت دارائی، زمان بندی، برنامه ریزی و ریسک پذیری بیشتر و هزینه کرد کم در اجرا و مدیریت بوده و این مهم ناشی از عدم وجود چک لیست، نیروی متخصص، برنامه ریزی صحیح، مدیریت دانش و تجهیزات نت در ساختمانها می باشد.

باید مجموعه‌ای از گزینه‌ها به‌عنوان گزینه برتر انتخاب گردد، با توجه به رابطه $Q = 0/636 + 0/136 + 0/5$ (مقادیر Q برابر $0/636 \leq 0/2319$ و $0/136$) بوده و استراتژی اصلاحی و ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست بر اساس روش AHP به‌عنوان گزینه برتر انتخاب گردیدند همچنین با بررسی نتایج Q به‌دست‌آمده از روش مطالعه موردی مقادیر Q در رتبه اول متعلق به استراتژی اصلاحی به میزان $0/1188$ و رتبه دوم متعلق به استراتژی ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست به میزان $0/3969$ می‌باشد. با توجه به عدم برقراری رابطه $Q = 0/5 \leq 0/27816$ در این روش نیز مجموعه‌ای از گزینه‌ها به‌عنوان گزینه برتر انتخاب گردید ($0/5 + 0/1188 = 0/6188$) با توجه به نتایج حاصل از رابطه $Q = 0/5 + 0/1188 = 0/6188$ مقادیر $Q = 0/6188 \leq 0/3969$ و $0/1188$) بوده و لذا استراتژی اصلاحی و ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست بر اساس روش مطالعه موردی به‌عنوان گزینه برتر انتخاب گردیدند. بررسی روش‌های مورد استفاده در این پژوهش بیانگر نتایج یکسان هردو روش بوده و بر این اساس سیاست‌های استراتژی اصلاحی و ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست به‌عنوان گزینه‌های مناسب سیستم نت ساختمان‌ها معرفی گردیدند.

۶- نتیجه‌گیری

عدم توجه به‌ضرورت نت و عدم استفاده از مدیریت آن در ساختمان‌ها موجب شده است که این بخش از صنعت ساختمان به‌اندازه کافی توسعه پیدا نکند و موجب بروز مشکلاتی همچون لزوم بازسازی دوباره ساختمان و یا افزایش هزینه‌ها برای آماده‌سازی ساختمان جهت استفاده مجدد از آن شده است. شاخص‌های مناسب نت ساختمان تأثیر مستقیم در انتخاب سیاست‌های تعمیر و نگهداری ساختمان دارد لذا توجه به فعالیت تجهیزات، تأسیسات و عناصر سازه و معماری در ساختمان‌ها برای انتخاب استراتژی مناسب نت است که شناسایی این شاخص‌ها امری حیاتی می‌باشد. در صنعت ساختمان نیز مانند سایر صنایع با انتخاب روشی درست با در نظر داشتن نیاز تعمیرات و اولویت‌های بهره‌گیری از آن می‌توانیم با انتخاب سیاست‌های مناسب نت، از صرف هزینه‌های مازاد جلوگیری کرد و عمر مفید ساختمان را افزایش داد که این امر سبب صرفه‌جویی هزینه‌ها نیز می‌شود. در این مقاله نحوه تعیین شاخص‌های سیستم نت ساختمان با نظر

از پرسشنامه مطالعه موردی و نرم‌افزار SPSS مشخص گردید وضعیت معیار بهداشت از ایمنی بهتر بوده و ایمنی در رتبه دوم قرار دارد. همچنین معیارهای صرفه‌جویی در مصرف انرژی و قابلیت اطمینان از نظر خبرگان به ترتیب دارای کمترین اولویت می‌باشند لیکن در بررسی نمونه‌ها مشخص گردید محیط‌زیست و صرفه‌جویی اقتصادی به ترتیب دارای کمترین اولویت می‌باشند که این نشان‌دهنده تفاوت نظر خبرگان با نتایج حاصل از مطالعه موردی می‌باشد. این اختلاف نظر بین خبرگان و مدیران ساختمان در رتبه بندی اهمیت شاخص ایمنی و بهداشت با توجه به زیرمعیارها، می‌تواند ناشی از عدم وجود دانش فنی، تخصص، توانائی مدیریت، برنامه‌ریزی، آموزش و مهارت کافی در زمینه نت ساختمان باشد که بر این موضوع تأثیر گذار بوده است. درنهایت با استفاده از نتایج و تعیین استراتژی‌های مناسب نت با استفاده از روش راه‌حل توافقی و بهینه‌سازی چندمعیاره مشخص گردید. به‌کارگیری سیستم مناسب نت ساختمان‌ها، می‌تواند نقش بسزایی در کاهش هزینه‌ها و افزایش طول عمر ساختمان‌ها در زمان بهره‌برداری ایفا کند، لیکن با بررسی نتایج مشخص گردید این تأثیر تنها محدود به هزینه و طول عمر ساختمان‌ها نمی‌باشد و در مباحث ایمنی، بهداشت، بهره‌دهی، قابلیت اطمینان، قابلیت دسترسی، محیط‌زیست، انرژی و عواملی از این قبیل نیز تأثیر خاص خود را خواهد داشت. از این رو می‌توان به نقش مهم و تأثیرگذار راهبردهای مختلف نت ساختمان‌ها پی برد. در صورتی که تمامی فعالیت‌ها و عملیات نت به‌عنوان یک سیستم معرفی گردد، می‌تواند موجب افزایش ایمنی و فعالیت بی‌وقفه تجهیزات با کمترین خرابی و هزینه گردد. به همین منظور انتخاب سیاست مناسب نت می‌تواند باعث افزایش بهره‌دهی و طول عمر تجهیزات و ذخیره انرژی و حفاظت از محیط‌زیست گردد. انتخاب یک استراتژی نت موفق نیازمند مدیریت دانش و آشنایی به شیوه‌های مدیریت نت است. درنهایت با استفاده از روش راه‌حل توافقی و بهینه‌سازی چندمعیاره و نتایج به‌دست‌آمده بر اساس نظر خبرگان و مطالعه موردی جهت رتبه‌بندی و انتخاب استراتژی مناسب نت ساختمان استفاده گردید. با توجه به بررسی نتایج Q به‌دست‌آمده از روش AHP ، مقادیر Q در رتبه اول متعلق به استراتژی اصلاحی به میزان $0/136$ و رتبه دوم متعلق به استراتژی ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست به میزان $0/2319$ می‌باشد. با توجه به عدم برقراری رابطه $Q = 0/5 \leq 0/95928$

روش و نزدیک شدن به مدل‌ها و نتایج واقعی‌تر، از روش‌های تصمیم‌گیری فازی استفاده شود. همچنین با توجه به نحوه کارکرد اجزاء مختلف ساختمان و تفاوت وزن و اهمیت نظر متخصصان و بهره‌برداران از آنجاکه در برخی اجزاء نت صرفاً بایستی بر اساس نظر متخصص صورت پذیرد (بخش‌های مرتبط با ایمنی) و در برخی اجزا نظر بهره‌برداران (موارد مرتبط با کیفیت) دارای اهمیت می‌باشد و در برخی اجزاء نیز مجموع دو نظر دارای اهمیت می‌باشد. لذا پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آتی این تفاوت اجزاء مورد بررسی قرارگیرد. انجام این تحقیق با محدودیت‌هایی نیز همراه بوده است که می‌توان به عدم آگاهی مناسب در بین متصدیان صنعت نت ساختمان‌ها، پیرامون موضوع تحقیق اشاره نمود که کار را برای همکاری سخت می‌نمود.

منابع

- [1] [1] A. Hosseini Golchi, J. Gholami, S.A. Safavi, S.A. Razavi Al Hashem, New Approaches in Building Maintenance and Repair, 12th National Conference on Maintenance and Repairs, (2018). (in Persian)
- [2] A.A. Atkinson, J.H. Waterhouse, R.B. Wells, A stakeholder approach to strategic performance measurement, MIT Sloan Management Review, 38(3) (1997) 25-37.
- [3] A. Jafari, M. Jafarian, A. Zareei, F. Zaerpour, Using fuzzy Delphi method in maintenance strategy selection problem, Journal of Uncertain Systems, 2(4) (2008) 289-298. (in Persian)
- [4] L. Wang, J. Chu, J. Wu, Selection of optimum maintenance strategies based on a fuzzy analytic hierarchy process, International journal of production economics, 107(1) (2007) 151-163.
- [5] H. Shi, J. Zeng, Real-time prediction of remaining useful life and preventive opportunistic maintenance strategy for multi-component systems considering stochastic dependence, Computers & Industrial Engineering, 93 (2016) 192-204.
- [6] M. Hosseini Firouz, N. Ghadimi, Optimal preventive maintenance policy for electric power distribution

خبرگان همچنین با بررسی نتایج واقعی حاصل از توزیع پرسشنامه و بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری و آماری بیان شده است. برای انتخاب سیاست مناسب‌نت، معیارهایی وجود دارد که مقایسه و وزن دهی به آن‌ها توسط خبرگان و با بررسی نتایج واقعی به‌دست‌آمده از مطالعه موردی و با کمک نرم‌افزار SPSS انجام گردید. برای انتخاب معیارها و زیر معیارهای مناسب نت با نظر خبرگان از روش AHP و میانگین رتبه با استفاده از طیف لیکرت در این فرآیند استفاده شد. از روش AHP جهت محاسبه‌ی اوزان معیارهای تصمیم‌گیری و رتبه‌بندی و انتخاب نهایی استفاده شد. با مقایسه شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها مشخص گردید، معیار ایمنی از نظر خبرگان دارای بالاترین رتبه بوده ولیکن در بررسی نمونه‌های واقعی مشخص گردید معیار بهداشت داشتن دارای بالاترین اولویت می‌باشد. همچنین معیار قابلیت اطمینان از نظر خبرگان و معیار صرفه‌جویی در مصرف انرژی در مطالعه موردی دارای کمترین اولویت بودند. درنهایت با آگاهی از نتایج اولویت‌بندی شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها، برای انتخاب بهترین سیاست نت ساختمان از میان هفت سیاست پرکاربرد نت و با استفاده از روش SWARA، سه استراتژی اصلاحی، از کارافتادگی / مبتنی بر شکست و واکنشی / اضطراری انتخاب گردیدند. عدم بکارگیری و اولویت سایر استراتژی‌های نت در ساختمان‌ها در کشور، بیانگر عدم وجود یک برنامه ریزی دقیق، مدیریت صحیح، اختصاص هزینه و عدم اتکا به داده‌ها در سیستم نت ساختمان و نگاه سنتی به این موضوع می‌باشد و نشان‌دهنده آن بوده که بیشتر در هنگام بروز مشکل و خطا به دنبال نگهداری و تعمیرات در ساختمان‌ها می‌باشیم تا یک نگاه مدرن و پیشگیرانه، لذا عبور از این سیاست‌های سنتی نت، نیازمند استفاده از ترکیبی از استراتژی، فرهنگ‌سازی، بکارگیری دانش فنی، نیروی متخصص و تدوین مقررات لازم دارد تا از ساختمان‌ها به عنوان یک دارایی ارزشمند حفاظت گردد. در نهایت با استفاده از روش VIKOR مشخص شد با توجه به مقادیر گروه شاخص‌های سودمند (S)، تأسف (R) و ویکور (Q)، در هر دو روش مورد استفاده در این پژوهش نتایج یکسان بوده و سیاست‌های اصلاحی و از کارافتادگی / مبتنی بر شکست بهترین سیاست‌های سیستم نت ساختمان‌ها می‌باشند که لازم است صاحب‌نظران، متخصصان و بهره‌برداران بجهت افزایش طول عمر ساختمان‌ها و کاهش هزینه‌ها در زمان بهره‌برداری از این سیاست‌ها استفاده نمایند. برای پژوهش‌های بعدی پیشنهاد می‌شود به‌منظور کاهش خطای

- the framework of reliability centered maintenance-a review *Journal of Mechanical Engineering and Technology(JMET)*, 8 (2016).
- [16] R. Ahmad, S. Kamaruddin, An overview of time-based and condition-based maintenance in industrial application, *Computers & Industrial Engineering*, 63(1) (2012) 135-149.
- [17] M. Aghaie, S. Fazli, An improved MCDM method for maintenance approach selection: a case study of auto industry *Management Science Letters*, 2(1) (2012) 137-146.
- [18] A. Shahin, E. Pourjavad, H. Shirouyehzad, Selecting optimum maintenance strategy by analytic network process with a case study in the mining industry, *International Journal of Productivity and Quality Management*, 10(4) (2012) 464-483.
- [19] S. Khalili, Unrelated parallel-machine scheduling with preventive and emergency maintenance, *Journal of Decisions and Operations Research*, *Journal of Decisions and Operations Research*, 6(1) (2021) 25-40. (in Persian).
- [20] M. Kheradranjbar, M.A. Mohammadi, S. Rafiee, , Evaluating the Efficiency of Building Repair and Maintenance System Using Data Envelopment Analysis Method, *JSCE*, 8(4) (2021) 252-269. (in Persian).
- [21] S. Sebti, A. Tirehkar, Z. Rajipour, Use Reliability Centered Maintenance on the Point Machine, *Bi-Quarterly Scientific Journal Research in Defense Maintenance Engineering*, 2(3) (2020) 8-20. (in Persian).
- [22] A. Golroo, A. Fani, H. Naseri, S.A. MirHassani, Pavement Maintenance and Rehabilitation Planning Considering Budget Uncertainty, *Amir Kabir Journal of Civil Engineering*. , 53(7) (2021). (in Persian).
- [23] M. Moghadasi, F. Ahmadi, M. Moghaddaghi, M.R. Ghasemi, Identifying and prioritizing performance evaluation criteria of maintenance management system with physical asset management approach in defense industries, *Bi- Quarterly Scientific Journal of Research systems based on the fuzzy AHP methods*, *Complexity*, 21(6) (2016) 70-88.
- [7] M. Zarei, Determination, calculation and implementation of key indicators of net performance, 11th National Conference on Maintenance and Repair, (2016). (in Persian)
- [8] M. Shafiee, Maintenance strategy selection problem: an MCDM overview, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 21(4) (2015) 378-402.
- [9] J. Moubray, Reliability-centered maintenance, *Industrial Press Inc.*, 2001.
- [10] S. Zaim, A. Turkyilmaz, M.F. Acar, U. Al-Turki, O.F. Demirel, Maintenance strategy selection using AHP and ANP algorithms: a case study, *Journal of quality in maintenance engineering*, 18(1) (2012) 16-29.
- [11] A. Sherafat, F. Karimi, S.M.R. Davoodi, Proposing a Comprehensive Maintenance Model Using Meta-synthesis, *Journal of Industrial Management*, 9(4) (2017) 691-734. (in Persian).
- [12] S.H. Mirghfour, V. Hemmati Dindarloo, Provide a variety of maintenance and repair policies (net) and the main criteria for their selection for manufacturing plants, 1st International Conference on Accounting and Management in the Third Millennium, (2015). (in Persian)
- [13] M. Tajadod, M. Abedini, A. Rategari, M.S. Mobin, A Comparison of multi-Criteria Decision making Approaches for Maintenance Strategy Selection A Case Study, *International Journal of Strategic Decision Sciences*, 7 (2016) 51-69.
- [14] E.C. Özcan, S. Ünlüsoy, T. Eren, A combined goal programming–AHP approach supported with TOPSIS for Maintenance strategy selection in hydroelectric power plants *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (78) (2017) 1410-1423.
- [15] I. Emovon, R.A. Norman, A.J. Murphy, Elements of Maintenance systems and tools for implementation within

- assessment of energy systems: integrating environmental, economic and social aspects, *Journal of Cleaner Production*, 80 (2014) 119-138.
- [34] G.H. Tzeng, J.J. Huang, *Multiple attribute decision making: methods and applications*, CRC press, 2011.
- [35] T.L. Saaty, *The analytical hierarchy process, planning, priority, Resource allocation*. RWS publications, USA, 1980.
- [36] V. Keršulienė, E.K. Zavadskas, Z. Turskis, Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA), *Journal of business economics and management*, 11(2) (2010) 243-258.
- [37] N. Zarbakhshnia, H. Soleimani, H. Ghaderi, Sustainable third-party reverse logistics provider evaluation and selection using fuzzy SWARA and developed fuzzy COPRAS in the presence of risk criteria, *Applied Soft Computing*, 65 (2018) 307-319.
- [38] D. Karabašević, D. Stanujkić, S. Urošević, The MCDM Model for Personnel Selection Based on SWARA and ARAS Methods, *Management* 20(77) (2015) 43-52.
- [39] L.Y. Chen, T.C. Wang, Optimizing partners' choice in IS/IT outsourcing projects: The strategic decision of fuzzy VIKOR, *International Journal of Production Economics*, 120(1) (2009) 233-242.
- [40] S. Opricovic, G.H. Tzeng, Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS, *European journal of operational research*, 156(2) (2004) 445-455.
- [41] H.C. Liu, J.X. You, L. Zhen, X.J. Fan, A novel hybrid multiple criteria decision making model for material selection with target-based criteria, *Materials & Design*, 60 (2014) 380-390.
- [42] N. Zhang, G. Wei, Extension of VIKOR method for decision making problem based on hesitant fuzzy set, *Applied Mathematical Modelling*, 37(7) (2013) 4938-4947.
- in *Defense Maintenance Engineering*, 1(2) (2020) 26-41. (in Persian).
- [24] I. Zohrehei, A. Mohtashami, A novel method for selecting optimum maintenance strategy using Fuzzy Analytic Network Process and Fuzzy Multi-Choice Programming approach, *Journal of Industrial Management Perspective Faculty of Humanities*, 15(51) (2020) 31-50. (in Persian).
- [25] S. Mishra, O.A. Vanli, G. Kakareko, S. Jung, Preventive maintenance of wood-framed buildings for hurricane preparedness, *Structural safety*, 76 (2019) 28-39.
- [26] M. Khodayari, S. Abdollahzadeh, An approach to determine appropriate multi-product maintenance policies using multi-criteria simulation and decision making, *Industrial Management*, 10(2) (2018) 279-296. (in Persian).
- [27] M.M. Fouladgar, A. Yazdani-Chamzini, A. Lashgari, E.K. Zavadskas, Z. Turskis, Maintenance strategy selection using AHP and COPRAS under fuzzy environment, *International journal of strategic property management*, 16(1) (2012) 85-104.
- [28] A.N. Mashayekhi, A.A. Farhangi, M. Mo'meni, S. Ali Doosti, Investigating The Critical Factors Affecting It Application In Governmental Organizations Of Iran: A Delphi Survey, *Modarres Human Sciences, ((Tome 42) Management)* (2005) 191-231. (in Persian).
- [29] C.H. Lawshe, A quantitative approach to content validity. *Personnel psychology*, *Personnel psychology*, 28(4) (1975) 563-575.
- [30] in: <http://www.amar.org.ir/>.
- [31] H. Saraie, *Introduction to research sampling*, samt Tehran, Iran, 2014. ([in Persian])
- [32] D. Diakoulaki, F. Karangelis, Multi-criteria decision analysis and cost-benefit analysis of alternative scenarios for the power generation sector in Greece, *Renewable and sustainable energy reviews*, 11(4) (2007) 716-727.
- [33] E. Santoyo-Castelazo, A. Azapagic, Sustainability

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

M. Kheradranjbar, M. Mohammadi, *Determining Appropriate Strategy for Building Repair and Maintenance System (Case Study, Karaj, Iran)*, *Amirkabir J. Civil Eng.*, 55(9) (2023) 1801-1824.

DOI: 10.22060/ceej.2023.20258.7385

