Journal of Structural and Construction Engineering, 9(7), 2022, pp. 205-225

Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir

Prioritize building maintenance system strategies using a combination of multi-criteria decision making methods

Mohammad Kheradranjbar[1], Mirali Mohammadi[1,2]*, Shahin Rafiee[3]

1- Department of Civil Engineering, Urmia Branch, Islamic Azad University, Urmia, Iran
2- Associate Prof.in civil Engineering, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Urmia University,Iran
3- Professor in Mechanical Engineering of Agricultural Machinery, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

ABSTRACT

Evaluation of maintenance system in the building is one of the key factors in improving the quality of maintenance and repair processes. It can be stated with certainty that all buildings need maintenance and scientific and technical repair after construction, and therefore how to define this system and determine the appropriate indicators and strategies for it will play an important role in the cost and longevity of the building during operation. The purpose of this paper is to identify and prioritize the indicators affecting the maintenance and repair system (R&M) of Residential buildings and determine the most appropriate policy related to it using a combination of multi-criteria decision-making method. In the presented method, first the weight of the indicators was calculated and then the indicators were prioritized based on multi-criteria fuzzy and non-fuzzy decision-making methods.Finally, considering the ranks obtained from those methods, the final ranking of indicators was calculated using the average rating and Copeland method. The results showed that the indicators of safety, health, accessibility and proper utilization are in the highest priority respectively and reliability are in the last rank. This issue indicates the importance of safety indicator in evaluating the maintenance and Repairs system of buildings. in order to perform maintenance and repair operations, by identifying and prioritizing effective indicators, they can be used to evaluate the maintenance and repair system of the building based on them.Finally, according to the results and with the help of ARAS method, Breakdown Maintenance Strategy was selected as the most appropriate maintenance policy for buildings.The results of this study show that the application of multi-criteria decision-making methods can help the construction industry professionals to select the key effective indicators in the repair and maintenance system and determine appropriate strategies. Finally, suggestions for future research were provided.

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

ARTICLE INFO

Receive Date: 24 October 2021
Revise Date: 26 December 2021
Accept Date: 24 January 2022

Keywords:
Building evaluation
Multi-criteria decision
ARAS method
Delphi method
Maintenance and Repair

doi: https://doi.org/10.22065/jsce.2022.311579.2611

*Corresponding author: Mirali Mohammadi.
Email address: m.mohammadi@urmia.ac.ir

نشریه مهندسی سازه و ساخت
(علمی - پژوهشی)
www.jsce.ir

Journal of Structural and Construction Engineering
JSCE
نشریه علمی-پژوهشی مهندسی سازه و ساخت

اولویت‌بندی راهبردهای سیستم نگهداری و تعمیرات ساختمان با کمک ترکیبی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره

محمد خردرنجبر[۱]، میرعلی محمدی[۱و۲*]، شاهین رفیعی[۳]

۱- گروه عمران، واحد ارومیه، دانشگاه آزاد اسلامی، ارومیه، ایران.

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

۳-استاد گروه مهندسی مکانیک ماشین‌آلات کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

چکیده

ارزیابی سیستم نگهداری و تعمیر در ساختمان یکی از فاکتورهای کلیدی در بهبود کیفیت انجام فرآیندهای نگهداری و تعمیرات می‌باشد. به‌طور حتم می‌توان بیان نمود تمامی ساختمان‌ها پس از ساخت نیازمند نگهداری و تعمیر علمی و فنی می‌باشند. ازاین‌رو نحوه تعریف این سیستم و تعیین شاخص‌ها و استراتژی‌های مناسب برای آن نقش مهمی در هزینه و طول عمر ساختمان در زمان بهره‌برداری خواهد داشت. هدف از این پژوهش، شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های مؤثر در سیستم نگهداری و تعمیرات (نت) ساختمان‌های مسکونی و سپس تعیین مناسب‌ترین سیاست مربوط به آن به کمک ترکیبی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است. درروش ارائه‌شده ابتدا وزن شاخص‌ها محاسبه‌شده و سپس شاخص‌ها بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی و غیر فازی، اولویت‌بندی شدند. درنهایت با در نظر گرفتن رتبه‌های به‌دست‌آمده از این روش‌ها به کمک روش میانگین رتبه و کُپ لند رتبه‌بندی نهایی شاخص‌ها محاسبه گردید. نتایج حاصل از روش میانگین رتبه نشان داد شاخص‌های ایمنی با وزن ۰,۳۱۰۴، بهداشت با وزن ۰,۱۵۷۸ ، قابلیت دسترسی با وزن ۰,۱۲۸۶ و بهره‌دهی مناسب با وزن ۰,۱۰۷۴ به ترتیب در بالاترین اولویت و قابلیت اطمینان در رتبه آخر قرار دارند. این موضوع بیانگر اهمیت شاخص ایمنی در ارزیابی سیستم نت ساختمان‌ها می‌باشد. درنهایت با توجه به نتایج حاصل و با کمک روش آراس، مناسب‌ترین سیاست نت ساختمان‌ها راهبرد ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست با مطلوبیت نسبی ۰,۸۷۲۸ انتخاب گردید و استراتژی‌های اصلاحی و واکنشی/ اضطراری به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. نتایج حاصل نشانگر آن است که به‌کارگیری ترکیبی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌تواند به متخصصان صنعت ساختمان در انتخاب شاخص‌های اساسی تأثیرگذار بر سیستم نت ساختمان‌ها و تعیین مناسب‌ترین سیاست مربوط به آن کمک نمایند. در پایان نیز پیشنهادهایی جهت تحقیقات آتی ارائه گردید.

کلمات کلیدی: ارزیابی ساختمان، تصمیم‌گیری چند معیاره، روش آراس، روش دلفی، نگهداری و تعمیر.

سابقه مقاله:					
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	شناسه دیجیتال:
۱۴۰۰/۰۸/۰۲	۱۴۰۰/۱۰/۰۵	۱۴۰۰/۱۱/۰۴	۱۴۰۰/۱۱/۰۴	۱۴۰۱/۰۷/۳۱	https://doi.org/10.22065/jsce.2022.311579.2611
					doi: 10.22065/jsce.2022.311579.2611

*نویسنده مسئول: میرعلی محمدی

پست الکترونیکی: m.mohammadi@urmia.ac.ir

۱- مقدمه

نگهداری و تعمیر ساختمان یکی از مفاهیم اساسی در دنیای امروز است که دارای ساختاری پویا متشکل از مجموعه‌ای هماهنگ از فعالیت‌ها بوده و به‌منظور حفظ، نگهداری و تعمیر اجزای آن اعم از عناصر سازه‌ای و معماری، تأسیسات و تجهیزات آن در ساختمان ایجاد و مبتنی بر شرایط پیاده‌سازی می‌شود. لزوم حفظ منابع و سرمایه‌ها و کاهش هزینه‌های ساخت از طریق نگهداری و تعمیر، موجبات بهینه‌سازی هزینه‌ها را فراهم می‌سازد. امروزه در انجام فرایند نگهداری و تعمیر ساختمان، بیشتر به استراتژی‌های آن توجه گردیده است، تا تعیین شاخص‌های لازم برای این مهم؛ ازاین‌رو، جهت بازرسی و تعمیر عناصر و سیستم‌های سازه‌ای استراتژی‌های جدیدی ارائه‌شده است که با بررسی و مطالعه شاخص‌های مؤثر در نگهداری و تعمیرات مانند قابلیت اطمینان می‌توان هزینه‌های ناشی از نگهداری و تعمیر را کاهش داد[۱]. نگهداری و تعمیرات دو مفهوم اساسی است که تحقق و عمل به آن‌ها موجب ماندگاری و فعالیت مستمر تجهیزات و تأسیسات و نهایتاً کاهش هزینه‌ها را موجب خواهد شد. با پیچیده‌تر شدن آنچه انسان برای رفع نیازهای روزمره و روزافزون خود به کار می‌گیرد، استفاده بهینه و نیز اقتصادی بودن این تجهیزات و امکانات بیش‌ازپیش موردتوجه قرارگرفته است[۲]. نگهداری و تعمیرات یکی از مهم‌ترین مسائل علی‌الخصوص در زمان بهره‌برداری ساختمان‌ها است که نقش بسزایی در کاهش هزینه‌ها و افزایش طول عمر ساختمان‌ها دارد، اما متأسفانه کمتر موردتوجه قرارگرفته است. 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 با به‌کارگیری یک روش‌تصمیم‌گیری چند شاخصه ترکیبی برای رتبه‌بندی شاخص‌ها و زیر شاخص‌های سیستم نت ساختمان ضروری به نظر می‌رسد، همچنین به علت وجود روابط متقابل بین معیارها و تأثیر آن‌ها از یکدیگر در ارزیابی شاخص‌های نگهداری وتعمیرساختمان‌ها استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه می‌تواند روابط بین معیارها را مشخص کند. پژوهش حاضر به دنبال تعیین و اولویت‌بندی شاخص‌های اساسی سیستم نگهداری و تعمیر در ساختمان‌ها، باهدف شناخت و تحلیل آن‌ها در ارزیابی ساختمان‌ها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد.

ساختار پژوهش پیش رو بدین صورت است که در ادامه، مبانی نظری و پیشینه پژوهش درزمینه‌ی تعیین‌شده مرور می‌گردد؛ سپس روش‌های تصمیم‌گیری درزمینه‌ی مدنظر تشریح شده و الگوها و مدل‌هایی که برای حل در نظر گرفته‌شده‌اند، معرفی می‌شوند. در بخش بعد، با ارائه نتایج ضمن مقایسه آن‌ها، به تجزیه‌وتحلیل پرداخته می‌شود. و درنهایت با جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و پیشنهادهای پژوهش به پایان می‌رسد.

۲- مبانی نظری و مرور ادبیات

۲-۱- نگهداری و تعمیرات

نگهداری و تعمیرات(نت) شامل مجموعه فعالیت‌هایی می‌باشد که به‌طور مشخص و برنامه‌ریزی‌شده و باهدف جلوگیری از خرابی ناگهانی تجهیزات و تأسیسات انجام می‌شود. تعمیرات هنگامی صورت می‌گیرد که تجهیزات از کار می‌افتد، درست‌کار نمی‌کند یا به نحوی آسیب می‌بیند که فعالیت آن‌ها با تأخیر مواجه می‌شود[۳]. افزایش طول عمر دستگاه‌ها با حداقل هزینه و افزایش بهره‌وری آن از اهداف اصلی سیستم نت می‌باشد که از زمان نصب تجهیزات و در طول بهره‌وری تعریف می‌گردد[۴]. با انجام دوره‌ای نت می‌توان سطح قابلیت اطمینان تجهیزات را در طول عمر مفید ساختمان افزایش داد و هزینه‌های عدم اطمینان را کاهش داد[۵]. برای نگهداری و تعمیر پروژه‌ها به‌ویژه پروژه‌های ساختمانی بایستی یک روش مناسب تهیه شود. برای این منظور ابتدا باید دید اصولاً دلیل انجام سیاست نت در پروژه‌های ساختمانی به چه منظور صورت می‌پذیرد، به عبارتی ابتدا باید محدوده مسئله را برای انجام این فرایند تعریف نمود. سپس اقدام به جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات‌پایه برای تعریف عیوب به دست آورد و مشکلات و عیوب مربوطه را معین و اولویت‌بندی کرد و درنهایت اقدام به برنامه‌ریزی راهکارها و ساماندهی و هدایت اجرا و کنترل راهکارها نمود[۶]. نگهداری و تعمیر ساختمان‌ها شامل، محوطه‌سازی و تمامی تجهیزات موجود در آن‌هاست. یکی از اولویت‌های مهم در بهره‌برداری و نگهداری این است که مطمئن شویم تمام مناطق و اجزاء به‌درستی نگهداری و حفظ می‌شوند[۷].ارزیابی شاخص های تاثیر گذار در نگهداری و تعمیر ساختمانها امکان تجزیه و تحلیل هزینه های

تحمیل شده در شرایط خاص را امکان پذیر می نماید که بر اساس آن می توان بودجه کافی برای حفظ صحیح ساختار و سیستم های ساختمان و اطمینان از کیفیت مناسب آن فراهم شود[۸]

۲-۲- معیارهای ارزیابی

دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های ساختمانی زیادی برای بهبود کیفیت ساختمان درزمینه‌ی طراحی، ساخت، نگهداری و تعمیرات آن ارائه‌شده است. این دستورالعمل‌ها کیفیت ساختمان را بر اساس معیارهای متفاوتی ارزیابی می‌کند. معیارها عامل مقایسه و رتبه‌بندی سیاست‌های نت هستند، دسته‌بندی‌های مختلفی از این معیارها ارائه‌شده است[۹]. با توجه به نظر تعدادی از متخصصین این معیارها درچهارگروه عمده هزینه، ارزش‌افزوده،ایمنی و قابلیت اجرا، گروه‌بندی‌شده است[۱۰]. از دیدگاه دیگر، برخی از معیارها مانند سخت‌افزار، نرم‌افزار و هزینه‌های آموزش، قابلیت اطمینان، قابلیت اطمینان تجهیزات، کمی بوده و قابل‌اندازه‌گیری هستند و برخی دیگر مانند ایمنی، انعطاف‌پذیری، پذیرش توسط کارگران، کیفیت محصول، کیفی هستند و با مشکلاتی در اندازه‌گیری مواجه‌اند. معیارهای کمی و کیفی در چهار طبقه اصلی اقتصادی، فنی، اجتماعی و محیطی طبقه‌بندی می‌شوند[۱۱]. در این تحقیق با توجه به آئین‌نامه‌ها و مقررات موجود در بخش ساختمان، استاندارد ایزو، مقالات در چارچوب شاخص‌های نگهداری و تعمیر و نظر خبرگان، معیارها اساسی در زمینه‌های فنی، اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی در نظر گرفته‌شده است.

۲-۳- استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات

استراتژی‌های مختلفی برای نگهداری و تعمیرات در صنایع گوناگون مورداستفاده قرارگرفته است. اما چالش اساسی متخصصان نگهداری و تعمیرات، تنها یادگیری این تکنیک‌ها نیست، بلکه تصمیم‌گیری در خصوص انتخاب بهترین گزینه و مؤثرترین تکنیک نگهداری و تعمیرات دارای اهمیت می‌باشد[۱۲]. جهت رتبه‌بندی استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات از شاخص‌های فعالیت مازاد در نگهداری و تعمیرات، انتظار، اتلاف مربوط به فرایند، موجودی، حرکت و عیوب که مبتنی بر تفکر ناب می‌باشند می‌توان استفاده نمود[۱۳]. انتخاب استراتژی مناسب نت یک اقدام اساسی در سیستم‌های تولیدی می باشد زیرا بر عملکرد و بازده تجهیزات موثر است[۱۴]. استراتژی‌های متفاوتی برای برای نگهداری و تعمیرات بیان شده است که بکارگیری هر استراتژی بسته به نوع صنعت از مزایا و معایبی برخوردار است[۱۵]. ایلانگ کوماران و کومانان جهت انتخاب بهترین استراتژی نگهداری و تعمیرات در صنعت کاشی از شاخص‌های (شرایط محیطی، خرابی اجزا، نیازهای آموزشی و انعطاف‌پذیری) که هرکدام زیر معیارهایی نیز داشتند، استفاده کردند. یکی از مهم‌ترین وظایف مهندسین علی‌الخصوص در رشته صنایع انتخاب استراتژی مناسب نت است. انتخاب نادرست سیاست نت بر بودجه عملیاتی شرکت به علت هزینه‌های نگهداری برنامه‌ریزی نشده و کاهش بهره‌وری و سودآوری اثر نامطلوب دارد[۱۶]. از این رو انتخاب یک استراتژی بهینه نگهداری و تعمیرات می‌تواند چاره‌ساز واحدهای صنعتی جهت کاهش ریسک، شکست تجهیزات، افزایش کارآیی و بهره‌وری باشد[۱۷]. با توجه به اهمیت این موضوع در صنعت ساختمان مهندسان مدیریت ساخت بایستی جهت افزایش طول عمر ساختمان‌ها و کاهش هزینه‌ها نسبت به بررسی و انتخاب صحیح راهبرد مناسب سیستم نت ساختمان‌ها اقدام نمایند. نگهداری و تعمیرات، شامل دودسته از سیاست‌ها می‌شود، سیاست‌های نت پیشگیرانه که فرایند فرسایش منجر به خرابی یک سیستم را کنترل می‌کنند که با در نظر داشتن زمان‌بندی، اجرای آن‌ها منجر به کاهش احتمال وقوع خرابی و افزایش عمر سیستم می‌گردد. سیاست‌های نت اصلاحی که شامل تعمیر و یا تعویض بخش‌های آسیب‌دیده می‌باشند و باعث بازگشت سیستم به شرایط عملیاتی بعد از یک خرابی، می‌گردند[۱۸]. لیکن مشخص است که راهبردهای نت صرفاً به این دودسته سیاست خلاصه نمی‌گردد و بخش وسیعی از راهبردها را شامل می‌شود. در این پژوهش سیاست‌های پرکاربرد نت در نظر گرفته شدند. این سیاست‌ها عبارت‌اند از: استراتژی ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست، استراتژی واکنشی/ اضطراری، استراتژی اصلاحی، استراتژی پیشگیرانه، استراتژی پیشگویانه/مبتنی بر وضعیت، استراتژی بهره‌ور فراگیر، استراتژی مؤثر یا پیش اقدامانه[۱۹].

شرح مختصر سیاست‌هایی که در پژوهش پیش رو استفاده شده اند، عبارت‌اند از:

- ✓ تعمیر واکنشی/ اضطراری EM[1]: تعمیر، آماده سازی 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[2]: 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[3]: 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.
- ✓ نگهداری و تعمیر پیشگیرانه PM[4]: نگهداری از ساختمان و تجهیزات در بازه‌های زمانی خاصی و با توجه به برنامه زمان‌بندی مشخص صورت می‌گیرد.
- ✓ نگهداری و تعمیر پیشگویانه/ مبتنی بر وضعیت PDM/CBM[5]: 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.
- ✓ سیستم نگهداری و تعمیرات بهره‌ور فراگیر TPM[6]: نگهداری و تعمیر صرفاً به عهده تعمیرکار نبوده و بخشی از فرآیند نگهداری روزانه به متصدیان واگذار می‌شود.
- ✓ نگهداری و تعمیر مؤثر یا پیش اقدامانه PRM[7]: نگهداری و تعمیر 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 پیش اقدام از مدت‌ها قبل در خصوص آن اقدام نموده و در موقعیت مناسب قرار می‌گیرد.

در جهت انتخاب مناسب‌ترین استراتژی نگهداری و تعمیرات از شاخص‌ها و رویکردهایی متفاوتی استفاده‌شده است. با بررسی ادبیات موضوع و مطالعات پیشین می‌توان دریافت، شناسایی شاخص‌های مؤثر و کلیدی از عوامل اساسی در تعیین راهبردهای مناسب سیستم نگهداری و تعمیرات ساختمان‌ها است. در این تحقیق پس از بررسی ادبیات پژوهش، شاخص‌های نگهداری و تعمیرات در ساختمان‌ها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره شناسایی و سپس مناسب‌ترین استراتژی نگهداری و تعمیرات از میان استراتژی‌های مؤثر در این زمینه با نظر خبرگان و روش آراس رتبه‌بندی شده است. در ادامه پیشینه مختصری از پژوهش‌های مرتبط ارائه می‌گردد.

خلیلی در مقاله‌ای اقدام به ارائه مدل و روش حلی مؤثر درزمینه‌ی برنامه‌ریزی و زمان‌بندی هم‌زمان تولید و نت در ماشین‌های موازی نامرتبط با استفاده از دو روش الگوریتم ژنتیک و شبیه‌سازی تبرید نمود و عملکرد آن‌ها را با یکدیگر مقایسه کرد. نتایج بیانگر آن بود که روش شبیه‌سازی تبرید نسبت به الگوریتم ژنتیک برای حل این مسئله دارای برتری بود[۲۰]. خردرنجبر و همکاران در مقاله‌ای 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 کارآئی هر یک از ساختمان‌ها را مبتنی بر شاخص‌های سیستم نت و هزینه آن در مطالعه موردی شهر کرج مشخص نمودند. نتایج بیانگر آن بود که میزان کاهش حداقل و حداکثر مقدار هزینه شارژ، نگهداری و تعمیرات ساختمان برای تبدیل آن‌ها به ساختمان کارا به ترتیب ۱٪ و ۸۰٪ بوده است[۲۱]. سبطی و

[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

همکاران، در مقاله بکارگیری آنالیز نت مبتنی بر قابلیت اطمینان در ماشین سوزن، با استفاده از روش‌های میدانی و مصاحبه با خبرگان بهره‌برداری، نگهداری و تعمیرات 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[۲۲]. زهره‌ئی و محتشمی در پژوهشی، روش جدیدی برای انتخاب استراتژی بهینه نت بر مبنای تحلیل شبکه‌ای فازی و برنامه‌ریزی آرمانی چند انتخابی فازی ارائه نمودند. آن‌ها ابتدا با روش تحلیل شبکه‌ای فازی وزن های فازی مؤلفه‌ها را محاسبه نمودند و سپس با قطعی نمودن وزن‌های به‌دست‌آمده و با نوشتن آرمان‌ها و تابع هدف و با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی چند انتخابی فازی استراتژی‌های نت را اولویت‌بندی نمودند[۲۳]. مقدسی و همکاران در پژوهشی معیارهای ارزیابی عملکرد سیستم مدیریت نت با رویکرد مدیریت دارایی فیزیکی را تعیین و بومی‌سازی نمودند. نتایج نشان داد که در صنایع دفاعی در بین متغیرهای شناسایی‌شده، فرآیند اسقاط کردن و استاندارد دانش تجهیزات دارای قدرت نفوذ بالا و میزان وابستگی پایین بودند[۲۴]. لیو و همکاران در مقاله‌ای برای یک سیستم تک مؤلفه‌ای دو نوع خرابی وابسته سخت و نرم را موردبررسی قراردادند. این سیستم دارای دوره‌های کاری و استراحت متوالی بوده و این خرابی‌ها هر دو به استهلاک و شوک‌های وارده به سیستم وابسته بودند. آن‌ها برای ارزیابی سیاست تعویض پیشگیرانه در این سیستم، اقدام به محاسبه هزینه‌های بلندمدت نگهداری نمودند. نتایج این مطالعه نشان داد در حالتی که دوره-های کاری، استراحت داشته باشد، قابلیت اطمینان سیستم بیشتر از حالت بدون استراحت است[۲۵]. میشرا و همکاران(۲۰۱۹)در مقاله‌ای به مدلسازی قابلیت اطمینان زمان‌محور 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[۲۶]. خدایاری و عبداله‌زاده در تحقیقی اقدام به بررسی رویکردی برای تعیین سیاست‌های مناسب نت چند محصولی در یک واحد تولیدی صنایع غذائی، با استفاده از شبیه‌سازی و تصمیم‌گیری چندمعیاره نمودند معیارهای اصلی در انتخاب سیاست‌های نت عبارت بودند از: سود، بهره‌وری، قابلیت دسترسی، محیط‌زیست، ایمنی، قابلیت اطمینان. آن‌ها به کمک شبیه‌سازی کامپیوتری و تصمیم‌گیری چند معیاره، بهترین سیاست را برای هر یک از خطوط تولید به‌صورت مجزا انتخاب نمودند[۲۷]. یلدیز و همکاران در مطالعه‌ای به بررسی سهم عناصر طراحی محیط ساخته‌شده در پایداری محیط‌زیست پرداختند. آن‌ها با استفاده از روش تحلیل عاملی، عناصر مرتبط تحت پنج عامل "حمل‌ونقل و دسترسی"، "حفاظت از منابع طبیعی"، "کیفیت محیط ساخته‌شده"، "حمایت از زندگی اجتماعی" و "استفاده با چگالی بالا" را جمع‌آوری کردند و از روش سلسله مراتبی[8]، برای شناسایی وزن‌های مهم این عوامل استفاده نمودند. بر اساس نتایج ، "حفاظت از منابع طبیعی" به‌عنوان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر پایداری محیط‌زیست پروژه‌های نوسازی شهری پیدا شد[۲۸]. محتشمی و میری اصل در مقاله، ارائه مدل ترکیبی تصمیم‌گیری چند معیاره با رویکرد فازی جهت اولویت‌بندی و انتخاب استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات، اقدام به بررسی میزان ارجحیت استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات به کمک روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره نمودند. درروش ارائه‌شده آن‌ها وزن شاخص‌ها را محاسبه نمودند و سپس به‌وسیله روش‌های تاپسیس فازی ، ویکور فازی و میانگین وزنی ساده فازی، استراتژی‌ها را رتبه‌بندی نمودند. در پایان با استفاده از روش‌های میانگین رتبه‌ها و کپ لند به جمع‌بندی اولویت‌بندی‌های به‌دست‌آمده نمودند که در هر دو روش نت مبتنی بر وضعیت فنی، نت پیشگیرانه، نت مبتنی بر شکست و نت اضطراری به‌عنوان اولویت‌بندی نهایی استراتژی‌های منتخب جهت رفع یا کاهش عیب خوردگی بدنه و فونداسیون در پمپ کوپلینگ انتخاب شدند[۲۹]. کلینی و همکاران در تحقیقی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره اقدام به شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر برآورد زمان در پروژه‌های ساختمانی نمودند. آن‌ها با شناسایی و وزن دهی به ۲۷ عامل مؤثر بر زمان پروژه‌های ساختمانی و با کمک روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره اقدام به اولویت‌بندی این پارامترها نموده و درنهایت کارایی گروه اجرائی به‌عنوان مهم‌ترین عامل شناسایی شد[۳۰]. زعیم و همکاران در پژوهشی با عنوان تعیین بهترین استراتژی نت با به‌کارگیری دو تکنیک سلسله مراتبی و فرایند تحلیل شبکه[9] برای پرفروش‌ترین روزنامه‌های ترکیه با توجه به چهار معیار ارزش‌افزوده، هزینه، ایمنی و امکان‌پذیر بودن برای سه استراتژی نت اصلاحی، پیشگویانه و دوره‌ای به این نتیجه رسیدند که استراتژی نگهداری و تعمیرات پیشگویانه مناسب‌ترین استراتژی برای روزنامه می‌باشد[۱۰]. کوتوت و همکاران در تحقیقی با عنوان ارزیابی گزینه‌های اولویت-

[8] Analytical Hierarchy process (AHP)
[9] Analytical Network Process (ANP)

دار برای حفاظت ساختمان‌های تاریخی مرکز شهر با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری و روش آراس اقدام به یافتن بهترین روش برای اولویت‌بندی بناهای میراث فرهنگی برای مرمت یا نگهداری با حفظ خواص فرهنگی ساختمان‌ها نمودند. در این پژوهش با تجزیه‌وتحلیل ساختمان‌های شهر قدیمی ویلنیوس و تعریف معیارها از روش‌های سلسله مراتبی و آراس[10] استفاده‌شده است. هدف از این کار یافتن یک‌راه حل عملی برای اولویت‌بندی ساختمان‌ها برای حفظ خصوصیات فرهنگی بود. درنهایت محاسبات نشان داد که ارزیابی این موضوعات صرفاً بر میزان سرمایه‌گذاری متمرکز نبوده و حفظ فرهنگ و منافع مردم به همان اندازه دارای اهمیت می‌باشد[۳۱]. فولادگر و همکاران در پژوهشی با عنوان تعیین استراتژی نگهداری و تعمیرات با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی و تکنیک کوپراس[11] استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات را بر اساس معیارهای هزینه، دسترسی، ریسک و ارزش‌افزوده، بررسی کردند و نتایج نشان داد با توجه به معیارها، استراتژی نگهداری و تعمیرات برنامه‌ای به‌عنوان بهترین استراتژی می‌باشد[۳۲].

جدول ۱: خلاصه مطالعات انجام شده

محقق	سال	زمینه تحقیق
خلیلی	۲۰۲۱	ارائه مدل مؤثر درزمینه‌ی برنامه‌ریزی و زمان‌بندی هم‌زمان تولید و نت در ماشین‌های موازی نامرتبط
خردرنجبر و همکاران	۲۰۲۱	ارزیابی عملکرد و بررسی کارایی سیستم نت در ساختمان‌ها با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها
سبطی و همکاران	۲۰۲۰	مقایسه تدوین برنامه‌های نت به روش‌های سنتی، با روش‌های ساختاریافته
زهره‌ئی و محتشمی	۲۰۲۰	اولویت بندی استراتژیهای نگهداری و تعمیرات
مقدسی و همکاران	۲۰۲۰	ارزیابی عملکرد سیستم مدیریت نت با رویکرد مدیریت دارایی فیزیکی در صنایع دفاعی
لیو و همکاران	۲۰۱۹	محاسبه هزینه‌های بلندمدت نگهداری و ارزیابی سیاست تعویض پیشگیرانه در سیستم تک مؤلفه‌ای
میشرا و همکاران	۲۰۱۹	ارائه برنامه‌ریزی نگه‌داشت پیشگیرانه برای ساختمان‌های مسکونی
خدایاری و عبداله زاده	۲۰۱۸	بررسی رویکردی برای تعیین سیاست‌های مناسب نت چند محصولی
یلدیز و همکاران	۲۰۱۷	بررسی سهم عناصر طراحی محیط ساخته‌شده در پایداری محیط‌زیست با روش تحلیل سلسله مراتبی
محتشمی و میری اصل	۲۰۱۷	ارائه مدل ترکیبی تصمیم‌گیری چند معیاره با رویکرد فازی جهت اولویت‌بندی و انتخاب استراتژی‌های نت
کلینی و همکاران	۲۰۱۶	اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر برآورد زمان در پروژه‌های ساختمانی با روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره
کوتوت و همکاران	۲۰۱۳	یافتن بهترین روش برای اولویت‌بندی بناهای میراث فرهنگی جهت نگهداری با حفظ خواص فرهنگی آن‌ها با روش آراس
زعیم و همکاران	۲۰۱۲	تعیین بهترین استراتژی نت با به‌کارگیری دو تکنیک سلسله مراتبی و فرایند تحلیل شبکه
فولادگر و همکاران	۲۰۱۲	تعیین استراتژی نگهداری و تعمیرات با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی و تکنیک کوپراس

۴-۲- شکاف تحقیق

نتیجه بررسی مطالعات انجام‌شده نشانگر آن است که تحقیقاتی بسیاری با استفاده جداگانه و یا هم‌زمان از تکنیک‌های تصمیم-گیری چند معیاره 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 نگهداری و تعمیر ساختمان‌ها و درنهایت انتخاب مناسب‌ترین سیاست نت می‌باشد، هرچند شناسایی و اولویت‌بندی نقص‌های طراحی و اجرا در سیستم نگهداری ساختمان موردبررسی قرارگرفته است، در صنعت ساختمان بیشتر توجه به بخش‌های طراحی، نظارت و اجرا بوده تا نگهداری و تعمیر ساختمان و عموماً بررسی شاخص‌ها به‌صورت کمی بوده تا کیفی. ازاین‌رو تعیین شاخص‌های کیفی نگهداری و تعمیرات در ساختمان به متخصصان در تعیین زیر شاخص‌های مؤثر بر سیستم نت ساختمان و تدوین آئین-نامه‌ها، 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. ازاین‌رو در این پژوهش با استفاده از روش دلفی معیارهای مؤثر درسیستم نگهداری و تعمیرات ساختمان شناسایی و با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند

[1] Additive Ratio Assessment (ARAS)
[11] Complex PRoportional Assessment (COPRAS)

معیاره و بررسی ادبیات مرتبط در حوزه نت ، شاخص‌های نگهداری و تعمیر در صنعت ساختمان، تعیین و اولویت‌بندی معیارها انجام‌شده و بر اساس آن مناسب‌ترین سیاست نت ساختمان‌ها تعیین می‌گردد.

۳- روش‌شناسی پژوهش

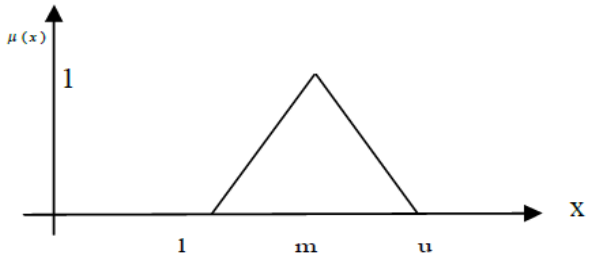
انتخاب و اولویت‌بندی شاخص‌های مناسب سیستم نگهداری و تعمیرات توسط مجموعه‌ای از تصمیم‌گیری‌های ترکیبی کمک می‌کند تا میزان اهمیت این پارامترها در ارزیابی اجزای مختلف ساختمان در نظر گرفته شود. در این تحقیق، جهت مقایسه نتایج، از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری استفاده‌شده است، ازاین‌رو خبرگان از روش نمونه‌گیری غیر احتمالی و با استفاده از روش‌های هدفمند قضاوتی، با این فرض که دانش پژوهش‌گر درباره جامعه برای دست‌چین کردن اعضای پانل قابل‌استفاده است انتخاب شدند[۳۳]. در این تحقیق از ابزارهایی تصمیم‌یار برای ارزیابی شاخص‌های مؤثر در سیستم نگهداری و تعمیر ساختمان استفاده شد وضعیت این شاخص‌ها ازنظر خبرگان موردبررسی قرار گرفت و درنهایت بهترین راهبرد نت در ساختمان‌ها انتخاب گردید. این تحقیق ازلحاظ هدف جزء اهداف کاربردی می‌باشد و ازنظر جمع‌آوری اطلاعات از نوع زمینه‌یابی(پیمایشی) می‌باشد. قلمرو این تحقیق کشور ایران می‌باشد. در این پژوهش اعضای پانل دلفی به‌صورت نمونه‌گیری غیر احتمالی و ترکیبی از روش‌های هدف‌دار یا قضاوتی و زنجیره‌ای برگزیده شدند. براین اساس ابتدا ۵ نفر از افراد که پژوهشگر برای مشارکت در این پژوهش مناسب می‌دانست، نامزد شدند. این افراد عضو هیئت‌علمی دانشگاه در رشته ساختمان و تخصص تعمیر و نگهداری بودند. سپس از طریق این افراد سایر اعضای پانل معرفی شدند که درمجموع ۲۴ نفر از خبرگان انتخاب شدند. با استفاده از روش دلفی اتفاق‌نظر بین خبرگان در خصوص شاخص‌های سیستم نگهداری و تعمیر ساختمان که در جدول ۱ بیان‌شده به دست آمد.

۳-۱- روش تصمیم‌گیری چند معیاره

تصمیم‌گیری چند معیاره روشی مناسب برای تجزیه‌وتحلیل پیچیدگی‌های موضوعات مدنظر بوده که می‌توان از آن به‌عنوان روشی کارآمد برای ارزیابی مقایسه‌ای گزینه‌های مختلف با توجه به جنبه‌های چندگانه و متضاد استفاده نمود[۳۴و۳۵]. از مزایای این روش می‌توان به در نظر داشتن ترجیحات انسانی در کنار مباحث محاسباتی اشاره نمود. تکنیک‌های تحقیق در عملیات، مانند ابزار تصمیم‌گیری چندمعیاره[۱۲] که شامل تصمیم‌گیری چند شاخصه[۱۳] و تصمیم‌گیری چند هدفه[۱۴] می‌شود، که برای کمک به تصمیم‌گیرندگان برای ارزیابی عرضه‌شده‌اند. یکی از دلایل مهم استفاده از روش‌های مختلف تصمیم گیری، متفاوت بودن نتایج بدست‌آمده از این روش‌های تصمیم‌گیری برای حل یک مسئله خاص می‌باشد. زیرا که هر کدام از این روش‌ها نقاط قوت وضعف مربوط به خود را دارند. از این رو یک راهکار مناسب برای افزایش اعتبار و میزان اطمینان این فرآیند، استفاده از چندین مدل متفاوت و تلفیق نتایج با استفاده از ترکیب روش‌ها می‌باشد. بهمین دلیل در این پژوهش از ترکیب روشهای تصمیم گیری استفاده شده است. در این مطالعه با توجه به اینکه مطلوبیت شاخص‌های موردنظر برای اولویت‌بندی شاخص‌های سیستم نت به‌طور یکنواخت، افزایش و یا کاهشی است و با توجه به قابل‌فهم و پذیرش بودن مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه برای تصمیم‌گیران، روش‌های سلسله مراتبی، سلسله مراتبی فازی[۱۵]، سورا[۱۶] به کار گرفته‌شده است. در این تحقیق هدف (شناسایی معیارها، اولویت‌بندی، تعیین ضریب وزنی) آن‌ها و (اولویت‌بندی و انتخاب آلترناتیو) می‌باشد، که از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی و غیر فازی استفاده‌شده است. برای تصمیم‌گیری درجهت سازمان‌دهی برای تولید اولویت‌ها ابتدا اقدام به بیان مسئله و تعریف هدف و معیارها موردنظر در مطالعه نموده، سپس اقدام به تشکیل ساختار تصمیم‌گیری سلسله مراتبی 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 استفاده‌شده است[۳۶].

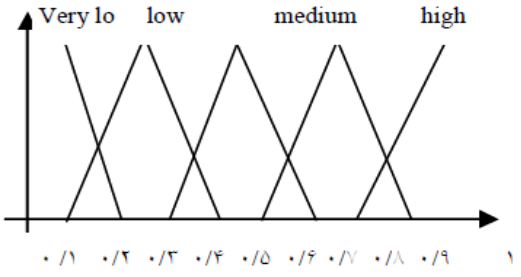
[12] Multiple Criteria Decision Making (MCDM)
[13] Multiple Attribute Decision Making (MADM)
[14] Multi Objective Decision Making (MODM)
15 Fuzzy Analytical Hierarchy process(F AHP)
16 Step wise Weight Assessment Ratio Analysis(SWARA)

از آنجا که روش سلسله مراتبی به فرآیند تفکر تحلیلی انسان شباهت بسیار زیادی دارد، از این رو این روش، روشی مطلوب جهت تعیین مناسب‌ترین گزینه با در نظرداشتن معیارهای چندگانه است، این روش قابلیت تلفیق معیارهای کمی و کیفی را برای مقایسه گزینه های متعدد دارد. با اینحال، دسته‌بندی صحیح معیارها و بکارگیری داده‌های فازی به جای داده‌های قطعی نتایج را به واقعیت نزدیک‌تر می-کند. وقتی تصمیم‌گیرنده با یک مسئله پیچیده مواجه می‌شود گام‌های روش سلسله مراتبی استاندارد، به‌خصوص، رویکرد اولویت‌بندی بردار ویژه نمی‌توانند به‌عنوان روش‌های درست درنظرگرفته شوند.، به همین دلیل در این مطالعه علاوه بر روش تحلیل سلسله مراتبی کلاسیک از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی نیز استفاده شده است. از این رو در ابتدا از روش تحلیل توسعه‌ای چانگ[17] استفاده‌شده است[۳۷]. لیکن با توجه به ایراداتی که در این روش وجود داشت، از روش بهبودیافته استفاده گردید. روش سلسله مراتبی فازی در مسائلی که مقایسه‌ی قطعی وجود ندارد، می‌تواند کارآمدتر از سلسله مراتبی معمولی عمق کرده و نتیجه را بهبود بخشد[۳۸]. در اینجا از اعداد فازی مثلثی[18] برای بیان ترجیحات غیرقطعی استفاده‌شده است که به‌صورت(l,m,u) بیان می‌شوند. این نوع از اعداد فازی به علت کارایی محاسباتی بسیار بالایی که دارند بسیار مرسوم هستند. بعلاوه محاسبات با این نوع از اعداد بسیار ساده و قابل فهم است .منطق فازی با معرفی مجموعه فازی و سپس اعداد فازی کارایی پیدا کرد. در این میان معرفی اعداد فازی مثلثی نقش مهمی در رشد محاسبات فازی داشته است. برای نمونه چانگ، روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی را با همین اعداد پیشنهاد کرد[۳۷]. در شکل ۱، l نشان‌دهنده‌ی حد پایین، m معرف حد وسط و u نشان‌دهنده‌ی حد بالای آن می‌باشد.



شکل ۱: عدد فازی مثلثی[۳۹].

برای فازی نمودن اعداد از اعداد فازی مثلثی گوموس مطابق شکل ۲ استفاده‌شده است.

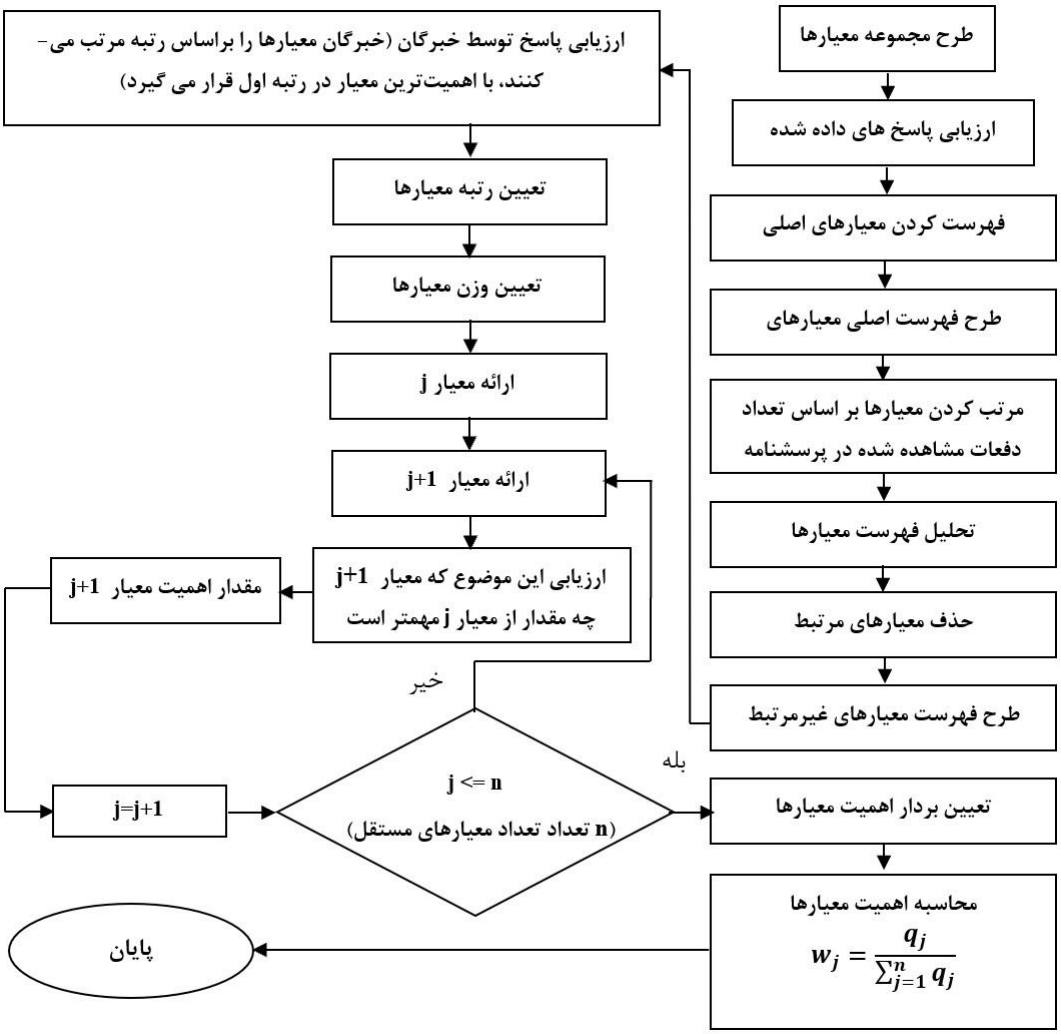


شکل۲: روش تبدیل واژه‌های زبانی به اعداد فازی[۴۰].

از دیگر روش‌های تصمیم‌گیری که در این پژوهش مورداستفاده قرارگرفته است، روش سوارا می‌باشد. در این روش معیارها بر اساس ارزش رتبه‌بندی می‌شوند. در این روش 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 توسط کرچولین و همکارانش به‌منظور ارائه یک روش وزن دهی به معیارها در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره معرفی‌شده است[۴۱]. روش سوارا روشی می‌باشد که کارشناسان هرکدام نظرات و اطلاعات خاص خود را در تصمیم‌گیری لحاظ می‌کنند[۴۲]. روش سوارا روشی است که هر تصمیم‌گیرنده در آن درگیر ارزیابی می‌باشد و از

17 Extent Analysis Method
18 Triangular Fuzzy Numbers (TFN)

وزن و رتبه‌های خود برای رتبه‌بندی شخصی استفاده می‌کند، به همین دلیل آخرین مرحله در این روش مرحله مذاکره‌ای است که تمام شرکت‌کنندگان آن‌ها را تشکیل می‌دهند[۴۳]، مهم‌ترین مزیت این روش نسبت به سایر روش‌های مشابه، توان آن در ارزیابی دقت نظر خبرگان درباره شاخص‌های وزن داده شده در طی فرآیند این روش می‌باشد[۴۱]، علاوه براین خبرگان می‌توانند با یکدیگرمشورت کرده واین مشورت نتایج حاصله را نسبت به دیگر روش‌های تصمیم‌گیری دقیقتر می‌کند[۴۴]. الگوریتم روش سورا مطابق شکل ۳ می‌باشد.



شکل ۳: تعیین وزن معیارها بر اساس کرچولین[19] و تورسکیس[20] [۴۵].

درنهایت در این پژوهش با استفاده از تکنیک آراس سه سیاست مناسب نت تعیین می‌گردد. این تکنیک از روش‌های جدید تصمیم گیری چند معیاره می باشد و هدف از اجرای این روش انتخاب بهترین گزینه براساس تعدادی شاخص می باشد. روش آراس ، ارزش تابع مطلوبیت، یک گزینه شدنی را بر اساس مقادیر نسبی ارزش ها و اوزان معیارهای اصلی در نظر گرفته شده در یک مساله تعیین می کند. تکنیک آراس (ارزیابی نسبت جمعی) در سال ۲۰۱۰ ارائه‌شده است[۴۶]. بر این اساس به میزان ایده آل تعیین‌شده مطلوبیت هر گزینه به دست می‌آید.

[19] Keršulienė
[20] Turskis

۲-۳- ادغام نتایج

در دنیای واقعی، تصمیم‌گیرندگان، خود را محدود به یک روش تصمیم‌گیری نمی‌کنند و امکان دارد با استفاده از روش‌های مختلف، به نتایج مختلفی دست پیدا کنند. در یک مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره، ممکن است از چند روش تصمیم گیری چند معیاره که ممکن است نتایج این روش‌ها یکسان نباشند، استفاده شود. بنابراین، ممکن است با توجه به تکنیک‌های مختلفی که در حل مسائل استفاده می‌شود، رتبه‌های متفاوتی برای یک مسئله واحد به دست بیاید، برای اجماع در رتبه‌بندی‌های گوناگون از روش‌های ادغام استفاده می‌گردد. در این شرایط، روش‌هایی برای تلفیق رتبه تکنیک‌ها پیشنهادشده است که عبارت‌اند از: روش میانگین رتبه‌ها، روش بردا و روش کپ لند .درروش میانگین رتبه، گزینه‌ها را بر اساس هر روش تصمیم‌گیری چند معیاره محاسبه می‌کنیم سپس برای هر گزینه، میانگین حسابی رتبه‌های به‌دست‌آمده با استفاده از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری تعیین می‌شود و بر این اساس گزینه‌ها اولویت‌بندی می‌شوند بدیهی است که گزینه‌های با میانگین حسابی بالاتر در اولویت خواهند بود. درروش بردا برای تصمیم‌گیری، ماتریس مقایسه زوجی بین گزینه‌ها ایجاد می‌شود. درصورتی‌که بر اساس روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چند معیاره، تعداد ارجحیت گزینه‌ای بر گزینه دیگر بیش از تعداد مغلوب شدن آن گزینه بر گزینه دیگری باشد، در ماتریس مقایسه زوجی عدد ۱ گذاشته می‌شود و در صورتیکه رأی اکثریت وجود نداشت و یا آراء باهم مساوی باشند، در ماتریس مقایسه زوجی عدد صفر گذاشته می‌شود. عدد ۱ به‌منزله آن است که سطر بر ستون ارجحیت دارد و عدد صفر به‌منزله آن است که ستون بر سطر ارجحیت دارد. پس از بررسی گزینه‌ها، ماتریس مقایسه زوجی شکل خواهد گرفت و مجموع عناصر هر سطر تعداد مسلط شدن هر گزینه را نشان می‌دهد و گزینه‌ها بر اساس تعداد مسلط شدن اولویت‌بندی می‌شوند. روش کپ لند با پایان روش بردا شروع می‌شود. روش کپ لند نه‌فقط تعداد بردها بلکه تعداد باخت‌ها را هم برای هر گزینه محاسبه می‌کند. امتیازی که کپ لند به هر گزینه می‌دهد، باکم کردن تعداد باخت‌ها از تعداد بردها محاسبه می‌شود. این روش اصلاح‌شده روش بردا است با این تفاوت که در اولویت‌بندی علاوه بر تعداد مسلط شدن (مجموع عناصر هر سطر)، تعداد مغلوب شدن (مجموع عناصر هر ستون) نیز مورداستفاده قرار می‌گیرد. بدین منظور گزینه‌ها بر اساس تفاضل مقادیر تعداد مسلط شدن و تعداد مغلوب شدن اولویت‌بندی می‌شوند. در این پژوهش از روش میان رتبه و کپ لند استفاده‌شده است[۴۷].

۴- یافته‌های پژوهش

در این پژوهش، ابتدا موضوع و ابعاد آن تعریف‌شده است. هدف از اجرای پژوهش حاضر، انتخاب شاخص‌های مؤثر بر نگهداری و تعمیرات ساختمان‌های مسکونی و سپس تعیین مناسب‌ترین سیاست نت در این ساختمان‌ها با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است. برای دستیابی به این هدف، ابتدا سیاست‌های پرکاربرد نت در نظر گرفته‌شده است. این سیاست‌ها عبارت‌اند از: استراتژی ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست، استراتژی واکنشی/ اضطراری، استراتژی اصلاحی، استراتژی پیشگیرانه، استراتژی پیشگویانه/مبتنی بر وضعیت، استراتژی بهره‌ور فراگیر، استراتژی مؤثر یا پیش اقدامانه. 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 متمادی درزمینه‌ی ساختمان و نگهداری و تعمیرات ساختمان تخصص داشته‌اند، با استفاده از روش‌های نمونه‌گیری غیر احتمالی، شناسایی و انتخاب شدند. درروش دلفی معمولاً تعداد شرکت‌کنندگان کمتر از ۵۰ نفر و عموماً بین ۱۵ تا ۲۰ نفر می‌باشد. در برخی مقالات تعداد شرکت‌کنندگان ۱۰ تا بیشتر از ۲۰۰۰ نفر نیز گزارش‌شده‌اند[۴۸و۴۹و۵۰]. اما در گروه‌های هموژن معمولاً ۱۵ -۱۰ نفر کافی است[۵۱]. 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[۵۲]. برای دستیابی به این هدف، ۸ معیار مؤثر در سیستم نت ساختمان‌ها از میان ۱۳ معیار که در منابع معتبر علمی به‌دست‌آمده با نظر خبرگان و با استفاده از روش دلفی برای ارزیابی شاخص‌های مؤثر نت ساختمان تعیین شد. پس از تعیین اعضای پانل، سه دور روش دلفی انجام شد. پرسشنامه‌های هر دور به‌صورت الکترونیکی توزیع و گردآوری شدند در دور اول فهرستی از عوامل مؤثر بر نگهداری و تعمیر که از پژوهش‌های موفق استخراج‌شده بودند، در اختیار اعضاء قرار گرفت. علاوه براین، از آن‌ها خواسته شد که

ایده‌هـای خود را درباره عواملی ارائه کنند که در این فهرست نیستند. در دور دوم، مجموعه عـواملی کـه در دور اول پیشنهادشده بودند به همراه عوامل اولیه مستخرج از ادبیات موضوع، برای تعیین میـزان اهمیت در اختیار آنان قرار گرفت. در دور سوم، نظر اعضاء دربـاره عـواملی کـه اهمیـت آن‌ها در دورهای اول و دوم متوسط، زیاد و خیلی زیاد تشخیص داده‌شده بودند، مجدداً دریافت شـد. انجـام روش دلفی پس از انجام دور سوم و دستیابی به‌اتفاق نظر مطلـوب پایـان یافـت. در این پژوهش برای تعیین میزان اتفاق‌نظر میان اعضای پانل، از ضـریب همـاهنگی کنـدال استفاده‌شده است. اختلاف ضریب کندال در دو دور نهائی به مقدار ۰/۰۲۲ بود. ترکیب و ویژگی اعضاء پانل برای تعیین شاخص‌ها در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲: ترکیب و ویژگی اعضاء پانل برای تعیین شاخص‌ها

تخصص	برق	ماشین‌آلات	ترافیک	عمران	معماری	محیط‌زیست	نگهداری و تعمیر	مکانیک	شهرسازی	نقشه بردار
تعداد	۲	۱	۲	۱۰	۳	۱	۲	۱	۲	۱
کارشناس ارشد	۱	-	۱	۴	۱	-	۱	-	۱	۱
دکتری تخصصی	۱	۱	۱	۶	۲	۱	۱	۱	۱	-

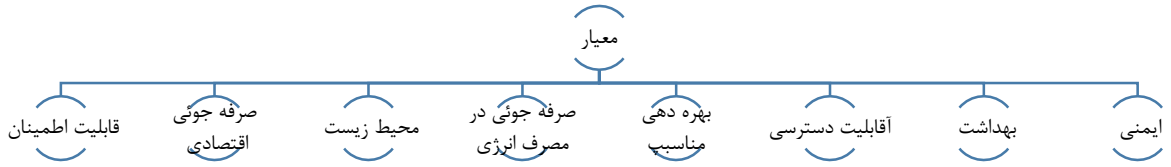
با توجه به موضوع، پرسشنامه‌ای بر اساس بخش‌های موردنظر برای خبرگان ارسال شد در این تحقیق، تعداد خبرگان ۲۵ نفر که عمدتاً عضو هیئت‌علمی دانشگاه و یا متخصص در رشته‌های مهندسی عمران، معماری، مکانیک، برق، ترافیک و شهرسازی و نگهداری و تعمیر می‌باشند در نظر گرفته شدند، با استفاده از روش دلفی، شاخص‌های کلیدی مؤثر در ارزیابی ساختمان مبتنی بر نگهداری و تعمیرات در نظر گرفته شد. در تمام مراحل، تعیین میزان اهمیت عوامل در قالب طیف لیکرت صورت گرفت. در هر دور نیز در مقابل هر عامل، میانگین پاسخ‌های اعضای پانل در دوره‌های پیش و پاسخ پیشین هر فرد نیز به‌صورت جداگانه به آگاهی پاسخگویان رسید. در این پژوهش برای تعیین میزان اتفاق‌نظر میان اعضای پانل، از ضریب هماهنگی کندال استفاده شد. براین اساس در دور دوم توزیع پرسشنامه‌ها میزان ضریب کندال ۰,۵۸۱ و ضریب آلفای کرونباخ ۰,۸۳۱ به دست آمد. در این مرحله بر اساس نظر میانگین صاحب‌نظران، شاخص‌هایی که در دور قبل دارای تاثیرکم و بسیارکم بودند حذف شد و مجدداً نظر ایشان در خصوص ترتیب اهمیت شاخص‌ها سؤال گردید که نتایج مبسوط آن در جدول شماره ۲ درج‌شده است. ضریب هماهنگی کندال برای پاسخ‌های اعضا درباره ترتیب عوامل هشت‌گانه ۰,۶۰۳ و ضریب آلفای کرونباخ ۰,۷۰۷ به دست آمد که در دو دور متوالی رشد قابل‌توجهی نداشته و نشان‌دهنده اتفاق‌نظر بین اعضا می‌باشد. همچنین روایی ظاهری یا صوری پرسشنامه‌های تنظیم‌شده، توسط اساتید و خبرگان تائید گردیده است سپس با محاسبه نسبت روایی محتوی[21]، شاخص روایی محتوایی[22] برابر ۰,۸۰ به‌دست‌آمده است، لذا اعتبار سؤالات مورد تائید می‌باشد[۵۳].

[21] Content Validity Ratio (CVR)
[22] Content Validity Index (CVI)

جدول ۳: توصیف تفصیلی نتایج دور سوم

عوامل	تعداد پاسخ‌ها	میانگین	انحراف معیار	کمینه	بیشینه	رتبه اهمیت بر اساس میانگین
ایمنی	۲۴	۴,۹۲	۰,۲۸۲	۴	۵	۱
بهداشت	۲۴	۴,۱۲	۰,۲۸۲	۴	۵	۲
قابلیت دسترسی	۲۴	۴	۰,۴۱۷	۳	۵	۵
بهره‌دهی مناسب	۲۴	۴,۰۴	۰,۳۵۹	۳	۵	۴
صرفه‌جوئی اقتصادی	۲۴	۳,۱۷	۰,۳۸۱	۳	۴	۸
محیط‌زیست	۲۴	۴,۰۸	۰,۴۰۸	۳	۵	۳
صرفه‌جوئی در مصرف انرژی	۲۴	۳,۷۵	۰,۶۰۸	۳	۵	۶
قابلیت اطمینان	۲۴	۳,۷۱	۰,۴۶۴	۳	۴	۷

با استفاده از روش دلفی درنهایت تعداد ۸ پارامتر به‌عنوان شاخص‌های ارزیابی در نظر گرفته شد که نتایج در شکل ۴ آمده است.



شکل ٤: شاخص‌های ارزیابی.

با توجه به کسب اجماع عمومی در مورد شاخص‌های مطرح‌شده در رابطه با عوامل تأثیرگذار در سیستم نت، در گام بعد اهمیت هریک از معیارها با نظر خبرگان تعیین و سپس با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی میزان وزن هریک از پارامترها مورد ارزیابی قرارگرفته و درنهایت رتبه هر شاخص تعیین گردید. براین اساس نرخ ناسازگاری ۰/۰۱۴۵ به‌دست‌آمده که چون این مقدار از ۰/۱ کمتر می‌باشد لذا مقایسه زوجی موردقبول بوده است. پس‌ازآن با توجه به نظر خبرگان رتبه‌بندی شاخص‌ها با سایر روش‌ها که در ذیل به آن اشاره‌شده است، انجام پذیرفت و نتایج حاصل با یکدیگر مقایسه گردید. همچنین با بررسی نتایج مربوط به روش‌های فازی و غیر فازی مشخص می‌گردد شاخص‌های ایمنی، بهداشت و قابلیت دسترسی دارای بالاترین اولویت می‌باشند. در جدول ۴ نتایج مربوط به رتبه‌بندی نشان داده‌شده است.

جدول٤: نتایج رتبه‌بندی نهائی با توجه به روش‌های تصمیم‌گیری

عوامل	F AHP	رتبه اهمیت	AHP	رتبه اهمیت	میانگین	رتبه نهائی
ایمنی	۰/۳۵۴۷	۱	۰/۲۶۳۶	۱	۰/۳۱۰۴	۱
بهداشت	۰/۱۶۸۹	۲	۰/۱۴۸۹	۲	۰/۱۵۷۸	۲
قابلیت دسترسی	۰/۱۲۲۳	۳	۰/۱۳۵۶	۳	۰/۱۲۸۶	۳
بهره‌دهی مناسب	۰/۱۰۲	۴	۰/۱۱۰۳	۴	۰/۱۰۷۴	۴
صرفه‌جوئی اقتصادی	۰/۰۷۶۷	۵	۰/۰۹۰۶	۶	۰/۰۸۴۷	۶
محیط‌زیست	۰/۰۷۱۸	۶	۰/۰۹۸۲	۵	۰/۰۸۴۳	۵
صرفه‌جوئی در مصرف انرژی	۰/۰۵۳۸	۷	۰/۰۷۸۳	۷	۰/۰۶۶۸	۷
قابلیت اطمینان	۰/۰۴۶۷	۸	۰/۰۷۴۴	۸	۰/۰۵۹۵	۸

با توجه به نظر خبرگان مشخص شد معیارهای مناسب سیستم نگهداری و تعمیرات (نت) در ساختمان با صنایع دیگر تفاوت‌هایی داشته که در حوزه صنعت ساختمان این موضوع مورد ارزیابی قرار نگرفته است. بنابراین بررسی معیارها، توسعه و کاربرد مدل‌ها همچنان در این حوزه احساس می‌شود. در این پژوهش با استفاده از روش دلفی معیارهای مؤثر در نگهداری و تعمیرات ساختمان شناسایی‌شده و با توجه به نظر خبرگان شاخص‌های مندرج در شکل ۴ به‌عنوان شاخص‌های ارزیابی ساختمان‌ها مبتنی بر نگهداری و تعمیر انتخاب شدند. با توجه به انتخاب معیارها و بررسی نتایج حاصل از روش‌های مختلف جهت جمع‌بندی نهائی از روش میانگین استفاده شد که نتایج در جدول شماره ۳ درج‌شده است، همچنین با استفاده از روش کپ لند رتبه‌ها ادغام گردید. با بررسی مقادیر جدول ۴ مشاهده می‌شود که نتایج حاصل از روش‌های سلسله مراتبی و سلسله مراتبی فازی یکسان می‌باشند و تنها رتبه معیار محیط‌زیست و صرفه‌جوئی اقتصادی جابه‌جاشده‌اند. همچنین رتبه معیارهای ایمنی، بهداشت، قابلیت دسترسی و بهره‌دهی مناسب در هر دو روش در اولویت شاخص‌های کلیدی مؤثر بر سیستم نت می‌باشند که این نشان‌دهنده اهمیت بالای این شاخص‌ها نسبت به سایر معیارها در تمامی روش‌ها می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه داده‌های واردشده به روش‌های استفاده‌شده، بر اساس نظرات تخصصی خبرگان بررسی‌شده است، لذا نتایج آن برای سیستم نگهداری و تعمیر ساختمان‌ها قابل‌استفاده است. درنهایت با استفاده از روش کپ لند می‌توان اولویت شاخص‌ها را به شرح جدول ۵ بیان نمود.

جدول ۵: اولویت شاخص‌ها بر اساس روش کپ لند

عوامل	ایمنی	بهداشت	قابلیت دسترسی	بهره‌دهی مناسب	صرفه‌جوئی اقتصادی	محیط‌زیست	صرفه‌جوئی در مصرف انرژی	قابلیت اطمینان	مسلط شدن	تفاضل ستون مسلط شدن به مغلوب شدن	رتبه
ایمنی	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۷	۷	۱
بهداشت	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۶	۵	۲
قابلیت دسترسی	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۵	۳	۳
بهره‌دهی مناسب	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۴	۱	۴
صرفه‌جوئی اقتصادی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۵	۷
محیط‌زیست	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۱	۳	-۱	۵
صرفه‌جوئی در مصرف انرژی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	-۴	۶
قابلیت اطمینان	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	-۶	۸
مغلوب شدن	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷			

با مقایسه نتایج روش میانگین رتبه‌ها با روش کپ لند مشاهده شد ۴ معیار ابتدائی کماکان در اولویت بالاتر و قابلیت اطمینان در پایین‌ترین رتبه قرار دارند. با توجه به مطالعات صورت گرفته در صنایع مختلف معیارهای متفاوتی برای نگهداری و تعمیرات شناسایی و رتبه‌بندی شده‌اند در تحقیق زعیم و همکاران (۲۰۱۲) چهار معیار ارزش‌افزوده، هزینه، ایمنی و قابلیت اجرا و در تحقیق فولاد گر و همکاران (۲۰۱۲) معیارهای هزینه، دسترسی، ریسک و ارزش‌افزوده و در تحقیق خدایاری و عبداله زاده (۲۰۱۸) معیارهای سود، بهره‌وری،قابلیت دسترسی، محیط‌زیست، ایمنی، قابلیت اطمینان به‌عنوان معیارهای نگهداری و تعمیرات در صنایع دیگر موردبررسی قرارگرفته‌اند. لیکن معیارهای نگهداری و تعمیرات در صنعت ساختمان موردمطالعه قرار نگرفته است. در این پژوهش علاوه بر معیار ایمنی، بهره‌دهی مناسب، محیط‌زیست، معیار صرفه‌جوئی اقتصادی ، قابلیت اطمینان و قابلیت دسترسی که در پژوهش‌های پیشین در نظر گرفته‌شده‌اند، معیارهای دیگری ازجمله بهداشت ، صرفه‌جوئی در مصرف انرژی نیز در فرآیند نگهداری و تعمیر ساختمان شناسایی‌شده‌اند. همچنین در این پژوهش از ترکیب روش‌های تصمیم‌گیری برای اولویت‌بندی شاخص‌های سیستم نت استفاده‌شده است لیکن در سایر مطالعات تنها از یک یا نهایتاً دو روش تصمیم‌گیری استفاده‌شده است. در گام بعد با استفاده از روش سورا استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات ساختمان با استفاده ازنظر خبرگان رتبه‌بندی شد تا استراتژی‌های مناسب نگهداری و تعمیرات ساختمان انتخاب گردند که نتایج در جدول ۶ نشان داده‌شده است.

جدول ٦: محاسبه وزن استراتژی‌ها بر اساس روش SWARA

استراتژی	رتبه	sj	kj=sj+1	wj=(xj-1)/kj	qi=wj/sum(wj)
واکنشی/ اضطراری	۱	۰	۱	۱	۰,۳۷۷
ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست	۲	۰,۶۷۳	۱,۶۷	۰,۵۹۸	۰,۲۲۵
اصلاحی	۳	۰,۷۴۳	۱,۷۴	۰,۳۴۳	۰,۱۲۹
پیشگیرانه	۴	۰,۴۴	۱,۴۴	۰,۲۳۸	۰,۰۹
پیشگویانه/ مبتنی بر وضعیت	۵	۰,۲۶	۱,۲۶	۰,۱۸۹	۰,۰۷۱
بهره‌ور فراگیر	۶	۰,۲۲۷	۱,۲۳	۰,۱۵۴	۰,۰۵۸
مؤثر یا پیش اقدامانه	۷	۰,۱۹	۱,۱۹	۰,۱۲۹	۰,۰۴۹

با توجه به نتایج حاصل از جدول ۶ مشخص گردید سه استراتژی واکنشی/ اضطراری، ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست، اصلاحی دارای بالاترین اولویت در سیستم نگهداری و تعمیرات ساختمان‌ها می‌باشند. لذا با توجه به نتایج، سه استراتژی با اولویت بالاتر به‌عنوان استراتژی‌های اصلی نگهداری و تعمیرات ساختمان در نظر گرفته می‌شوند. با محاسبه وزن مؤثر هریک از معیارها توسط روش سورا ، به‌منظور پیشگیری از وابستگی نتایج پژوهش به سلیقه‌ها و قضاوت‌های شخصی خبرگان در رویکرد پژوهش پیش رو، اولویت‌بندی و انتخاب استراتژی‌های مناسب نگهداری و تعمیرات ساختمان به کمک روش آراس تعیین‌شده است. برای این منظور، با توجه به وزن معیارهای به‌دست‌آمده از روش میانگین برای رتبه‌بندی و انتخاب استراتژی مناسب نگهداری و تعمیرات ساختمان از روش آراس استفاده گردید. ماتریس تصمیم و وزن معیارها که از روش میانگین به‌دست‌آمده در جدول ۷ نشان داده‌شده‌اند.

جدول ۷: ماتریس تصمیم و وزن معیارها

استراتژی/ شاخص	ایمنی	بهداشت	قابلیت دسترسی	بهره‌دهی مناسب	صرفه‌جوئی در مصرف انرژی	محیط‌زیست	صرفه‌جوئی اقتصادی	قابلیت اطمینان
وزن معیار	۰,۳۱۰۴	۰,۱۵۷۸	۰,۱۲۸۶	۰,۱۰۷۴	۰,۰۶۶۸	۰,۰۸۴۳	۰,۰۸۴۷	۰,۰۵۹۵
نوع معیار	+	+	+	+	-	+	-	+
واکنشی/ اضطراری	۲,۸	۲,۴۹۲	۲,۶۸۱	۲,۱۵۲	۰,۶۲۳	۱,۸۵۹	۰,۶۲۳	۲
ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست	۶,۳۵۶	۶,۲۵	۶,۰۸۱	۶,۷۲۵	۰,۱۶۶	۵,۸۰۶	۰,۱۷۳	۶,۳۹۲
اصلاحی	۵,۰۵	۵,۸۱۲	۵,۰۵۴	۵,۲۸۲	۰,۲۸۱	۴,۰۸۳	۰,۲۴۹	۴,۵۱۱

در گام بعد پس از تعیین مقدار ایده آل فرضی، معیارهای منفی را به مثبت تبدیل کرده و ماتریس نرمال را تشکیل می‌دهیم پس‌ازآن ماتریس نرمال را وزن‌دار می‌کنیم که نتایج در جدول ۸ نمایش داده‌شده است.

جدول ۸: ماتریس وزن‌دار

استراتژی/ شاخص	ایمنی	بهداشت	قابلیت دسترسی	بهره‌دهی مناسب	صرفه‌جوئی در مصرف انرژی	محیط‌زیست	صرفه‌جوئی اقتصادی	قابلیت اطمینان
A0	۰,۰۹۵۹	۰,۰۴۷۴	۰,۰۳۹۳	۰,۰۳۴۶	۰,۰۲۴۶	۰,۰۲۷۹	۰,۰۳۱۶	۰,۰۱۹۷
واکنشی/ اضطراری	۰,۰۴۲۳	۰,۰۱۸۹	۰,۰۱۷۳	۰,۰۱۱۱	۰,۰۲۴۶	۰,۰۰۸۹	۰,۰۳۱۶	۰,۰۰۶۲
ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست	۰,۰۹۵۹	۰,۰۴۷۴	۰,۰۳۹۳	۰,۰۳۴۶	۰,۰۰۶۶	۰,۰۲۷۹	۰,۰۰۸۸	۰,۰۱۹۷
اصلاحی	۰,۰۷۶۲	۰,۰۴۴۱	۰,۰۳۲۷	۰,۰۲۷۲	۰,۰۱۱۱	۰,۰۱۹۶	۰,۰۱۲۷	۰,۰۱۳۹

در گام بعد مطلوبیت کل هر گزینه S_i را محاسبه و پس‌ازآن مطلوبیت نسبی هر گزینه K_i را به دست آورده و رتبه‌بندی نهائی برحسب بیشترین مقدار K_i تعیین گردید. که نتایج در جدول ۹ نشان داده‌شده است.

جدول ۹: رتبه‌بندی نهائی سیاست‌های نگهداری و تعمیرات ساختمان‌ها

استراتژی		مطلوبیت کل هر گزینه		مطلوبیت نسبی هر گزینه	رتبه
A0	S0	۰,۳۲۱۰	-	-	-
واکنشی/ اضطراری	S1	۰,۱۶۰۹	K1	۰,۵۰۱۰	۳
ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست	S2	۰,۲۸۰۲	K2	۰,۸۷۲۸	۱
اصلاحی	S3	۰,۲۳۷۴	K3	۰,۷۳۹۵	۲

درنهایت نتایج حاصل از روش آراس نشان داد که سیاست ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست مناسب‌ترین گزینه می‌باشد. این استراتژی به‌صورت برنامه‌ریزی‌شده و به شکل مستند و با دقت بالا کنترل می‌شود. در صورت پیاده‌سازی صحیح و رفع مشکلات و موانع مبحث ۲۲ مقررات ملی ساختمان می‌توان گفت مسئول نگهداری ساختمان با شناسایی اجزا و قطعات محتمل تخریب در ساختمان‌ها، نگهداری‌های پیشگیرانه را برای برخی از قطعات تعیین می‌کند که باعث افزایش طول عمر تجهیزات و کاهش هزینه‌ها می‌گردد.

۴-۱ تحلیل حساسیت

نتایج به‌دست‌آمده در جدول شماره ۳ بر اساس فرض برای اثر هر یک از معیارها بوده است. وزن معیارهای دارای بیشترین اثر در رتبه‌بندی گزینه‌هاست. تصمیم‌گیرنده باید درجه قابلیت اعتماد نتایج را برای تصمیم‌گیری بداند. به دلیل وجود عدم قطعیت در مراحل مختلف تصمیم‌گیری چند شاخصه، لازم است که قبل از انتخاب گزینه نهایی، تحلیل حساسیت بر روی مسئله صورت گیرد. بنابراین انجام تحلیل حساسیت بعد از حصول رتبه‌بندی گزینه‌ها پیشنهاد می‌گردد. جهت تحلیل حساسیت می‌توان در هر حالت وزن دو معیار را جابجا کرد در این پژوهش در ۸ حالت وزن معیار اول با دیگر معیارها جابجا شده است این حالات در جدول ۱۰ آورده شده است. در جدول ۹ حالات در نظر گرفته‌شده با حروف A تا H و معیارها با حروف C۱ الی C۸ نمایش داده‌شده‌اند.

جدول ۱۰: حالات مختلف تحلیل حساسیت روش آراس

حالات مختلف تحلیل حساسیت	وزن معیارها							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
A	۰,۳۱۰۴	۰,۱۵۷۸	۰,۱۲۸۶	۰,۱۰۷۴	۰,۰۶۶۸	۰,۰۸۴۳	۰,۰۸۴۷	۰,۰۵۹۵
B	۰,۱۵۷۸	۰,۳۱۰۴	۰,۱۲۸۶	۰,۱۰۷۴	۰,۰۶۶۸	۰,۰۸۴۳	۰,۰۸۴۷	۰,۰۵۹۵
C	۰,۱۲۸۶	۰,۱۵۷۸	۰,۳۱۰۴	۰,۱۰۷۴	۰,۰۶۶۸	۰,۰۸۴۳	۰,۰۸۴۷	۰,۰۵۹۵
D	۰,۱۰۷۴	۰,۱۵۷۸	۰,۱۲۸۶	۰,۳۱۰۴	۰,۰۶۶۸	۰,۰۸۴۳	۰,۰۸۴۷	۰,۰۵۹۵
E	۰,۰۶۶۸	۰,۱۵۷۸	۰,۱۲۸۶	۰,۱۰۷۴	۰,۳۱۰۴	۰,۰۸۴۳	۰,۰۸۴۷	۰,۰۵۹۵
F	۰,۰۸۴۳	۰,۱۵۷۸	۰,۱۲۸۶	۰,۱۰۷۴	۰,۰۶۶۸	۰,۳۱۰۴	۰,۰۸۴۷	۰,۰۵۹۵
G	۰,۰۸۴۷	۰,۱۵۷۸	۰,۱۲۸۶	۰,۱۰۷۴	۰,۰۶۶۸	۰,۰۸۴۳	۰,۳۱۰۴	۰,۰۵۹۵
H	۰,۰۵۹۵	۰,۱۵۷۸	۰,۱۲۸۶	۰,۱۰۷۴	۰,۰۶۶۸	۰,۰۸۴۳	۰,۰۸۴۷	۰,۳۱۰۴

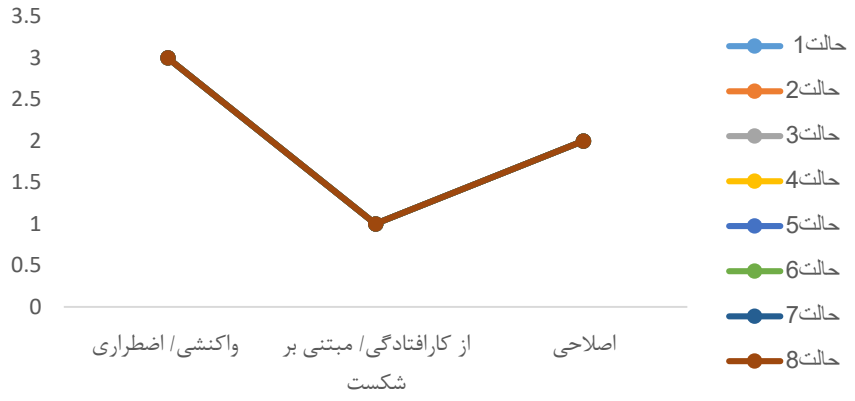
با قرار دادن هر دسته از حالات مختلف اوزان جدول ۱۰ درروش آراس رتبه‌بندی جدید حاصل می‌شود که نتایج در جدول ۱۱ آورده شده است.

جدول ۱۱: نتایج حالات مختلف تحلیل حساسیت

استراتژی‌های نگهداری و تعمیر ساختمان

			واکنشی/ اضطراری	ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست	اصلاحی
حالات مختلف تحلیل حساسیت	A	شاخص شباهت	۰,۵۰۱	۰,۸۷۲۸	۰,۷۳۹۵
		رتبه	۳	۱	۲
	B	شاخص شباهت	۰,۴۹۵۳	۰,۸۷۲۳	۰,۷۵۸۷
		رتبه	۳	۱	۲
	C	شاخص شباهت	۰,۵۰۱۲	۰,۸۷۲۵	۰,۷۴۵۸
		رتبه	۳	۱	۲
	D	شاخص شباهت	۰,۴۷۶۲	۰,۸۷۳۸	۰,۷۳۸۱
		رتبه	۳	۱	۲
	E	شاخص شباهت	۰,۶۴۸	۰,۶۸۲۴	۰,۶۵۰۱
		رتبه	۳	۱	۲
	F	شاخص شباهت	۰,۴۷۲۵	۰,۸۷۴۷	۰,۷۱۹۴
		رتبه	۳	۱	۲
	G	شاخص شباهت	۰,۶۳۸۹	۰,۶۹۷	۰,۶۴۳
		رتبه	۳	۱	۲
	H	شاخص شباهت	۰,۴۶۷۵	۰,۸۷۴۹	۰,۷۱۷۹
		رتبه	۳	۱	۲

همان‌طور که در جدول ۱۱ مشاهده می‌شود در تمامی حالات استراتژی ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست در رتبه اول قرار دارد و در هیچ‌یک از حالات نسبت به تغییر اوزان حساسیتی مشاهده نگردید. نتایج تحلیل حساسیت در شکل ۵ نمایش داده‌شده است.



شکل ۵: نتایج تحلیل حساسیت

۵- بحث و بررسی نتایج

انتخاب معیارهای مناسب نگهداری و تعمیرات برای ارزیابی ساختمان‌ها یک مسئله تصمیم‌گیری راهبردی می‌باشد. به کمک این تحقیق مدیران می‌توانند شاخص‌های سیستم نگهداری و تعمیرات را بر اساس روش‌های فازی و غیر فازی که بیان شد اولویت‌بندی و مناسب‌ترین سیاست نت را انتخاب کنند. مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره را می‌توان در چارچوب رویکرد تصمیم‌گیری (اصولی، تحلیلی، رفتاری و ارشادی) قرارداد. یعنی مدیرانی که از مدل‌های قطعی غیر فازی استفاده می‌نمایند از رویکرد ارشادی استفاده می‌کنند و زمانی که مدل‌های احتمالی و فازی به کار می‌برند، از رویکرد تحلیلی استفاده می‌کنند. با توجه به مطالعات انجام‌شده می‌توان نتیجه گرفت در

پژوهش‌های صورت گرفته از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در تعیین شاخص‌ها سیاست‌های نگهداری و تعمیر در صنایع مختلف صورت گرفته است. لیکن در حوزه صنعت ساختمان این موضوع به‌طور جداگانه، هم‌زمان و ترکیبی مورد ارزیابی قرار نگرفته است. بنابراین تعیین و بررسی معیارها، همچنین اولویت‌بندی آن‌ها در این حوزه احساس می‌شود. ازاین‌رو در این پژوهش با استفاده از روش دلفی معیارهای مؤثر در نگهداری و تعمیرات ساختمان شناسایی و با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی و غیر فازی، اولویت بین معیارهای سیستم نت در صنعت ساختمان تعیین و با استفاده از روش میانگین رتبه و کپ لند ادغام و رتبه‌بندی گردید. نتایج حاصل از ادغام روش‌ها نشانگر آن بود که، معیار ایمنی دارای بالاترین اولویت و معیارهای بهداشت، قابلیت دسترسی و بهره‌دهی مناسب در رتبه‌های دوم تا چهارم قرار دارند. همچنین معیار قابلیت اطمینان ازنظر خبرگان دارای کمترین اولویت می‌باشد. پس از تعیین شاخص‌ها سیاست ازکارافتادگی/مبتنی بر شکست به‌عنوان مناسب‌ترین سیاست نگهداری و تعمیرات ساختمان با استفاده از روش آراس تعیین گردید. همچنین در بررسی تحلیل حساسیت مشخص گردید نتایج به‌دست‌آمده نسبت به تغییرات اوزان حساس نمی‌باشند.

۶- نتیجه‌گیری

تعیین مناسب‌ترین سیاست نت در ساختمانها در زمان بهره برداری یک امر استراتژیک می باشد و باعث افزایش طول عمر ساختمان‌ها و کاهش هزینه ها می‌گردد. برای انتخاب سیاست مناسب نت ساختمان‌های مسکونی، معیارهایی وجود دارد که مقایسه و وزندهی به آنها توسط خبرگان انجام گردید. هدف از این پژوهش تعیین شاخص‌های مؤثر در ارزیابی سیستم نت ساختمان‌ها و انتخاب مناسب‌ترین راهبرد نت با استفاده از روش‌های ترکیبی تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. بررسی نتایج حاصل از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و ادغام آن‌ها با کمک روش میانگین رتبه و کپ لند نشان داد شاخص ایمنی در رتبه اول و شاخص‌های بهداشت، قابلیت دسترسی، و بهره‌دهی مناسب در رتبه‌های بعدی قرار دارند. درنهایت با آگاهی از نتایج اولویت‌بندی این شاخص‌ها و سیاست‌ها به مهندسان و متخصصان و برنامه‌ریزان امکان داده می‌شود که در طراحی و ارزیابی سیستم نت ساختمان‌ها زیر شاخص‌های خود را بر این اساس طراحی نمایند و با توجه به اتفاق‌نظر در تعیین اولویت شاخص ایمنی به‌عنوان بالاترین اولویت، بایستی در تعیین زیر شاخص‌های آن در سیستم نت دقت بیشتری را در نظر داشته باشند. مطالعات نشان داد که سه سیاست نت برای ساختمانهای مسکونی از میان سیاست های پرکاربرد نت انتخاب و معرفی گردیدند؛ در پژوهش جاری، به کمک ترکیبی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، بهترین سیاست برای نت ساختمان‌های مسکونی انتخاب شد.

پس از تعیین و اولویت‌بندی پارامترهای نگهداری و تعمیرات ساختمان مناسب‌ترین راهبرد سیستم نگهداری و تعمیرات سیاست ازکارافتادگی/مبتنی بر شکست معرفی گردید. پیشنهاد می‌گردد تا مدیران و متخصصان نگهداری و تعمیرات با تعیین زیر شاخص‌های مبتنی بر این شاخص‌ها نسبت به ارزیابی سیاست‌های نت ساختمان‌ها اقدام نمایند تا بتواند از حرکت فرآیند نگهداری و تعمیر ساختمان در راستای اهداف از پیش تعیین‌شده اطمینان حاصل نمایند. پیشنهاد می گردد تا متخصصین و بازرسان نگهداری و تعمیرات ساختمان در بازه های زمانی مختلف با طراحی سیستم ارزیابی رضایت مندی بهره برداران، اقدام به جمع آوری اطلاعات نیاز سنجی ایشان نموده و میزان تطابق فعالیتها را با قوانین و مقررات لازم بسنجند تا مسئولین امر بتوانند در بازبینی مقررات مربوط به نت ساختمانهای مسکونی اقدام نمایند. ضمنا استفاده از مدیریت دانش جهت بررسی استراتژی‌های مناسب می‌تواند کمک بسزائی در این زمینه داشته باشد و بوسیله آن سیاست‌های مناسب نت بررسی و جایگزین گردند. همچنین پیشنهاد می‌شود از روش دلفی فازی جهت ارزیابی، بهبود، توسعه و تکمیل شاخص‌ها استفاده شود و از سایر روشهای تصمیم گیری جهت رتبه بندی آنها استفاده گردد و با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، از انواع دیگر روش‌های تصمیم گیری مانند تاپسیس[۲۳] و یا ویکور[۲۴] نسبت به تعیین و رتبه‌بندی استراتژی‌های مناسب نگهداری تعمیرات ساختمان‌ها در تحقیقات آتی استفاده شود و نتایج به‌دست آمده با این تحقیق مقایسه گردد. انجام این تحقیق با محدودیت‌هایی نیز همراه بوده است که می‌توان به عدم آگاهی مناسب در بین متصدیان نگهداری و تعمیرات ساختمان‌ها، پیرامون موضوع تحقیق اشاره نمود که کار را برای همکاری سخت می‌کرد.

[23] Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
[24] Vlse Kriterijumsk Optimizacija Kompromisno Resenje (VIKOR)

مراجع

[1] Thoft-Christensen, P., & Sorensen, J. D. (1987). "Optimal strategy for inspection and repair of structural systems". Civil Engineering Systems, 4(2), 94-100. https://doi.org/10.1080/02630258708970464.

[2] Seyed Hosseini, M. (1390). "Systematic Maintenance Planning and Introduction to TPM". Tehran: Industrial Management Institute. (In Persian)

[3] Shi, H., & Zeng, J. (2016). "Real-time prediction of remaining useful life and preventive opportunistic maintenance strategy for multi-component systems considering stochastic dependence". Computers & Industrial Engineering, 93, 192-204. https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.12.016.

[4] Hosseini Firouz, M., & Ghadimi, N. (2016). "Optimal preventive maintenance policy for electric power distribution systems based on the fuzzy AHP methods", Complexity. 21(6), 70-88. https://doi.org/10.1002/cplx.21668.

[5] Das, K., Lashkari, R. S., & Sengupta, S. (2007). "Machine reliability and preventive maintenance planning for cellular manufacturing systems". European J. of Operational Research, 183(1), 162-180. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.09.079.

[6] Kelly, A., (2006). "Managing maintenance resources". Elsevier, 1st Edition, USA.

[7] Lucas, K. (2014). "Generic Facility Manager's Goals & Objectives". Retrieved from Houston Chronicle editorial: http://work.chron.com/generic-facility-managers-goals-objectives- 27785. html.

[8] Kim, S., Lee, S., & Han Ahn, Y. (2019). "Evaluating housing maintenance costs with loss-distribution approach in South Korean Apartment Housing". Journal of Management in Engineering, 35(2), 04018062, https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000672.

[9] Wang, L., Chu, J., & Wu, J. (2007). "Selection of optimum maintenance strategies based on a fuzzy analytic hierarchy process". International journal of production economics, 107(1), 151-163. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.08.005.

[10] Zaim, S., Turkyilmaz, A., Acar, M. F., Al-Turki, U., & Demirel, O. F. (2012). "Maintenance strategy selection using AHP and ANP algorithms: a case study". Journal of Quality in Maintenance Engineering, 18 (1), 16-29, https://doi.org/10.1108/13552511211226166.

[11] Shafiee, M. (2015). "Maintenance strategy selection problem: an MCDM overview". Journal of Quality in Maintenance Engineering. https://doi.org/10.1108/JQME-09-2013-0063.

[12] Moubray, J. (2001) "Reliability-centered maintenance". Industrial Press Inc.

[13] Shahanghi, K., Jafarian, M., Babaiee, H., Faegh, A.A., Samsami, M. (2007). "Ranking maintenance strategies and repairs using lean thinking: group decision making using Borda method". 4th International Conference on Maintenance and Repairs.(In Persian)

[14] Hemmati, N., Rahiminezhad Galankashi, M., Imani, D. M., & Farughi, H. (2018). "Maintenance policy selection: a fuzzy-ANP approach". Journal of Manufacturing Technology Management, 29(7), 1253-1268. https://doi.org/10.1108/JMTM-06-2017-0109.

[15] Do, P., Voisin, A., Levrat, E., & Iung, B. (2015). A proactive condition-based maintenance strategy with both perfect and imperfect maintenance actions. Reliability Engineering System Safety, 133, 22-32. https://doi.org/10.1016/j.ress.2014.08.011.

[16] Ilangkumaran, M., Kumanan, S. (2009). "Selection of maintenance policy for textile industry using hybrid Multiple criteria decision making approach". Journal of Manufacturing Technology Management, 20(7), 1009-1022. https://doi.org/10.1108/17410380910984258.

[17] Ge, Y., Xiao, M., Yang, Z., Zhang, L., Hu, Z., & Feng, D. (2017). "An integrated logarithmic fuzzy preference programming based methodology for optimum maintenance strategies selection". Applied Soft Computing, 60, 591-601. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2017.07.021.

[18] Fattahipour, F, 2010. Inspection Intervals Optimization in Condition-based Maintenance, Master Thesis, Tafresh University, Industrial Engineering Department. . (In Persian)

[19] Mirghfouri, S.H., Hemmati Dindarloo, V. 2015, 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, Rasht, Iran. . (In Persian)

[20] Khalili, S. (2021). "Unrelated parallel-machine scheduling with preventive and emergency maintenance". Journal of Decisions and Operations Research. 6(1), 25-40. (In Persian) DOI: 10.22105/DMOR.2021.235558.1156.

[21] kheradranjbar, M., Mohammadi, M.A., Rafiee, S. (2021). "Evaluating the Efficiency of Building Repair and Maintenance System Using Data Envelopment Analysis Method". JSCE, Articles in Press, 8(4). (In Persian). DOI: 10.22065/JSCE.2021.274367.2377. (In Persian)

[22] Sebti, S. S., Tirehkar, A. M., & Rajipour, Z. (2020). "Use Reliability Centered Maintenance on the Point Machine". Bi- Quarterly Scientific Journal Research in Defense Maintenance Engineering, 2(3), 8-20. (In Persian). DOI: DMEJ/DMEJ.2020.5.1001.
[23] Zohrehei, I., & Mohtashami, A. (2020). "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), 31-50. (In Persian).
[24] Moghadasi, M., Ahmadi, F., Moghadasi, M., & Ghasemi, M.R. (2020). "Identification and prioritization of performance evaluation criteria of maintenance management system with physical asset management approach in defense industry". Journal of Research in Defense Maintenance Engineering, 1(2),26-41. https://civilica.com/doc/997478 .(In Persian)
[25] Liu, J., Zhang, Y., & Song, B. (2019). "Reliability and maintenance modelling for competing failures with intermission considered". Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability, 233(5), 898-907. https://doi.org/10.1177/1748006X19850702.
[26] Mishra, S., Vanli, O.A., Kakareko, G., & Jung, S. (2019). "Preventive maintenance of wood-framed buildings for hurricane preparedness". Structural safety, 76, 28-39. org/10.1016/j.strusafe.2018.07.002.
[27] Khodayari, M., & Abdollahzadeh, S. (2018). "An approach to determine appropriate multi-product maintenance policies using multi-criteria simulation and decision making". Industrial Management, 10 (2), pp. 279-296. doi: 10.22059/imj.2018.248555.1007365. (In Persian)
[28] Yıldız, S., Kivrak, S., & Arslan, G. (2017). "Factors affecting environmental sustainability of urban renewal projects". Civil Engineering and Environmental Systems, 34, no. 3-4 (2017): 264-277. https://doi.org/10.1080/10286608.2018.1447567.
[29] Mohtashami, A., & Miri Asl, M. (2017). "Proposing a Hybrid Model of Fuzzy Multi Attribute Decision Making for Prioritizing and Selecting Maintenance Strategies". Journal of Development & Evolution Mnagement, (28), 63-70. (In Persian)
[30] koleini, M.R., berjis, N,. nematolahi, A.R. (2016). "Identification and prioritizing important factors in determination of construction project by multi-criteria decision making-with a case study". Journal of Decisions and Operations Research. 1(1), 1-14. DOI: 10.22105/DMOR.2016.40311. (In Persian)
[31] Kutut, V., Zavadskas, E. K., & Lazauskas, M. (2013). "Assessment of priority options for preservation of historic city centre buildings using MCDM (ARAS)". Procedia Engineering, 57, 657-661. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.04.083.
[32] Fouladgar, M. M., Yazdani-Chamzini, A., Lashgari, A., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2012). "Maintenance strategy selection using AHP and COPRAS under fuzzy environment". International journal of strategic property management, 16(1), 85-104. https://doi.org/10.3846/1648715X.2012.666657.
[33] Mashayekhi, Alinaghi., Farhangi, Ali Akbar., Mo'meni, Mansour., & Ali Doosti, Sirus., (2005), "Inevestigating The Critical Factors Affecting It Application In Governmental Organizations Of Iran: A Delphi Survey". Modarres Human Sciences, No. (Tome 42) Management. 191-231. (In Persian)
[34] Diakoulaki, D., & Karangelis, F. (2007). "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), 716-727. https://doi.org/10.1016/j.rser.2005.06.007.
[35] Santoyo-Castelazo, E., & Azapagic, A. (2014). "Sustainability assessment of energy systems: integrating environmental, economic and social aspects". Journal of Cleaner Production, 80, 119-138. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.061.
[36] Saaty, T. L. (1980). "The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation". McGraw-Hill. Inc. New York, NY.
[37] Chang, D. Y. (1996). "Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP". European journal of operational research, 95(3), 649-655.
[38] Lee, A. H., Chen, W. C., & Chang, C. J. (2008). "A fuzzy AHP and BSC approach for evaluating performance of IT department in the manufacturing industry in Taiwan". Expert systems with applications, 34(1), 96-107. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.08.022.
[39] Wang, L. X. (1996), "A Course in Fuzzy Systems and Control," Prentice–Hall International Inc, New Jersy, USA.
[40] Gumus, A. T. (2009). "Evaluation of hazardous waste transportation firms by using a two steps fuzzy-AHP and TOPSIS methodology". Expert systems with applications, 36(2), 4067-4074. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.03.013.
[41] Keršuliene, V., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2010). "Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA)". Journal of business economics and management, 11(2), 243-258. https://doi.org/10.3846/jbem.2010.12.

[42] Ejadi Maghsoudi, A., Saghaei, A., & Hafez al-Kutb, A., (2018), "evaluation and ranking of contractors in massive construction projects using Savara-Multi Mora integrated decision-making method". 11th International Conference on Accounting and Management and 8th International Conference on Entrepreneurship and Open Innovation, Tehran. https://civilica.com/doc/777773. (In Persian)
[43] Zarbakhshnia, N., Soleimani, H., & Ghaderi, H. (2018). "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, 307-319. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2018.01.023.
[44] Dehnavi, A., Aghdam, I. N., Pradhan, B., & Varzandeh, M. H. M. (2015). "A new hybrid model using step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA) technique and adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) for regional landslide hazard assessment in Iran". Catena, 135, 122-148. https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.07.020.
[45] Keršulienė, V., & Turskis, Z. (2011). "Integrated fuzzy multiple criteria decision making model for architect selection". Technological and economic development of economy, 17(4), 645-666. http://dx.doi.org/10.3846/20294913.2011.635718. https://doi.org/10.3846/20294913.2011.635718.
[46] Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2010). "A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making". Technological and economic development of economy, 16(2), 159-172.
[47] Momeni M. 2006. New Topics in Operation Research.The, Iran: Publications university of Tehran.(In persian)
[48] Powell, C. (2003). "Myths and realities of the Delphi technique". Journal of Advanced Nursing, 41(4), 376-382. https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.2003.02537.x.
[49] Landeta, J. (2006). "Current validity of the Delphi method in social sciences". Technological forecasting and social change, 73(5), 467-482. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2005.09.002.
[50] Windle, P. E. (2004). "Delphi technique: assessing component needs". Journal of PeriAnesthesia Nursing, 1(19), 46-47. DOI10.1016/j.jopan.2003.11.005.
[51] Oranga, H. M., & Nordberg, E. (1993). "The Delphi panel method for generating health information". Health policy and planning, 8(4), 405-412. https://doi.org/10.1093/heapol/8.4.405.
[52] Ahmadi, F., Nasiriani, K., & Abazari, P. (2008). "Delphi Technique: Research tools". Iranian Journal of Medical Education, 2008, 8(1), 175-186. (In Persian)
[53] Lawshe, C. H. (1975). "A quantitative approach to content validity". Personnel psychology, 28(4), 563-575.