نشریه مهندسی عمران امیرکبیر

نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، دوره ۵۵، شماره ۹، سال ۱۴۰۲، صفحات ۱۸۰۱ تا ۱۸۲۴
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.

**خلاصه:** یکی از مشکلات عمده در فعالیتهای نگهداری و تعمیرات (نت) در ساختمانها عدم توانایی در تعریف صحیح شاخصها و زیر شاخص‌های اندازه‌گیری عملکرد فعالیت‌های نت می‌باشد. ارزیابی سیستم نت در ساختمان یکی از فاکتورهای کلیدی در بهبود کیفیت انجام فرآیندهای نت است. ازاین‌رو جهت پیادهسازی استراتژی‌های مناسب باید معیارهای تأثیرگذار بر سیستم نت را شناسایی نمود. انتخاب سیاست‌های مناسب نت، یک مسئله مهم تصمیمگیری راهبردی است که در کاهش هزینه و طول عمر ساختمانها تأثیرگذار است. در این تحقیق، با استفاده ازنظر خبرگان و با بهره‌گیری روش دلفی شاخص‌ها و زیر شاخص‌های مؤثر بر سیستم نت شناسایی و با استفاده از ابزار تصمیمیار رتبه‌بندی شدند. همچنین به‌منظور ارزیابی سیستم نت، مطالعه موردی بر روی ساختمان‌های موجود در شهر کرج انجام پذیرفت. تحلیل نتایج حاصل نشان داد شاخص ایمنی ازنظر خبرگان، دارای بالاترین رتبه بوده ولیکن با بررسی نتایج مطالعه موردی این رتبه به معیار بهداشت اختصاص داده شد، سپس با استفاده از روش تجزیه‌وتحلیل ارزیابی گام‌به‌گام اوزان مهم‌ترین سیاست‌های مؤثر بر نت ساختمان از میان هفت 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، شناسایی‌شده و با بکار گیری نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات و استفاده از روش راه‌حل توافقی و بهینه‌سازی چندمعیاره نشان داده شد که سیاست‌های اصلاحی و ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست بهترین سیاست‌های نگهداری و تعمیرات ساختمان می‌باشند.

**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

## ۱- مقدمه

در سال‌های اخیر نگهداری و تعمیرات (نت) ساختمان عاملی تأثیرگذار در بهبود کارکرد تجهیزات، تأسیسات و عناصر تشکیل‌دهنده ساختمان‌ها بوده است. اجرای صحیح سیستم نت باعث افزایش طول عمر ساختمان‌ها و کاهش هزینه می‌گردد. همچنین فرآیند شناسایی و انتخاب بهینه شاخص‌های سیستم نت و بتبع انتخاب راهبرد مناسب به دلیل درگیر بودن شاخص‌های متعدد، یک تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد. عموماً به‌کارگیری فرآیندهای نامناسب نت و عدم شناخت معیارهای مؤثر بر سیستم نت ساختمان‌ها باعث بروز اثرات نامطلوب بروی تأسیسات و تجهیزات ساختمان‌ها می‌شود. موضوع نت در مقابل سایر بخش‌های مؤثر در صنعت ساختمان ازجمله طراحی، نظارت و اجرا علی‌الخصوص در کشور ایران کم‌اهمیت‌تر در نظر گرفته‌شده است، این در حالی است که شناخت عوامل تأثیرگذار بر سیستم نت و شناخت استراتژی‌های آن در ساختمان، نه‌تنها باعث کاهش قابل‌توجه مشکلات ساختمان در زمان بهره‌برداری می‌شود که این خود اثرات قابل‌توجه مالی نیز به همراه دارد[۱].. عملکرد سیستم نت بایستی به‌صورت دقیق و پیوسته موردبررسی قرار گیرد تا تأسیسات و تجهیزات ساختمان از کارآئی مناسب برخوردار باشد. عدم توجه به این موارد باعث افزایش هزینه‌های نت می‌گردد[۲]. انتخاب استراتژی مناسب نت با مجموعه‌ای از تصمیم‌گیری‌های ترکیبی، جهت دستیابی به عملکرد بهینه و افزایش بهره‌وری و حداقل کردن هزینه‌ها و فراهم کردن تجهیزات قابل‌اطمینان و چابکی سیستم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است[۳]. لذا اثربخشی نت زمانی قابل‌بررسی است که یک استراتژی مناسب نت معین شناخته‌شده و بررسی شود. امروزه چالش‌های اساسی در پیش روی متخصصان نت می‌باشد و تصمیم‌گیری در رابطه با انتخاب بهترین گزینه و مؤثرترین استراتژی دارای اهمیت می‌باشد. در صورت انتخاب گزینه مناسب، امکان بهبود و ارتقای کیفی عملکرد تجهیزات ایجاد می‌شود و هزینه‌های نت کاهش خواهد یافت و درصورتی‌که استراتژی‌های نامناسب انتخاب شود، مشکلات

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: m.mohammadi@urmia.ac.ir

حقوق مؤلفین به نویسندگان و حقوق ناشر به انتشارات دانشگاه امیرکبیر داده شده است. این مقاله تحت لیسانس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License) در دسترس شما قرار گرفته است. برای جزئیات این لیسانس، از آدرس https://www.creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode دیدن فرمائید.

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 روش‌تصمیم‌گیری 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 و 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 ازنظر خبرگان و مطالعه موردی می‌باشد و جهت انتخاب مناسب‌ترین استراتژی نت از شاخص‌ها و رویکردهایی متفاوتی استفاده‌شده 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 بدین‌صورت 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. این تحقیق ازلحاظ هدف جزء اهداف کاربردی و ازنظر 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 موردتوجه قرارگرفته 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 تعریف‌نشده‌اند لذا در زمان بهره‌برداری و انجام فرآیند نت عموماً مشکلات عدیده‌ای وجود دارد. نگهداری و تعمیرات از مجموعه فعالیت‌هایی تشکیل‌شده تا بتواند از خرابی ناگهانی تجهیزات و تأسیسات جلوگیری کند[۵]. هدف اصلی نت افزایش عمر تجهیزات و کاهش هزینه با بیشترین کارآئی 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 درزمینه‌ی کیفیت، هزینه، زمان، نیروی انسانی، مدیریت، محیط‌زیست و ایمنی باشند. درواقع شناسایی شاخص‌ها و به‌کارگیری آن‌ها در ساختمان‌ها از گام‌ها اساسی استقرار سیستم نت می‌باشد[۷]. جهت بهبود کیفیت ساختمان درزمینه‌ی طراحی، ساخت، نت مقررات بسیاری وضع‌شده است. معیارهای متفاوتی جهت ارزیابی کیفیت ساختمان‌ها، در این آئین‌نامه‌ها در نظر گرفته‌شده 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. به‌طورکلی این معیارها در چهار طبقه اصلی اقتصادی، فنی، اجتماعی و محیطی طبقه‌بندی می‌شوند[۹]. برخی از متخصصان معیارهای نت را درچهارگروه عمده هزینه، ارزش‌افزوده، 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 گرفته‌شده است. استراتژی‌های مختلفی برای نت در صنایع گوناگون مورداستفاده قرارگرفته 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 ازکارافتادگی/ 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].

شرح مختصر سیاست‌هایی که در پژوهش پیش رو استفاده شده‌اند، عبارت‌انداز:

- ✓ تعمیر واکنشی/ اضطراری EM[1]: 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[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[۱۳].
- ✓ نت پیشگیرانه PM[4]: 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[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[۱۵].
- ✓ سیستم نت بهره‌ور فراگیر TPM[6]: نت صرفاً به عهده تعمیرکار نبوده و بخشی از فرآیند نگهداری روزانه به متصدیان واگذار می‌شود[۱۶].
- ✓ نت مؤثر یا پیش اقدامانه PRM[7]: 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 پیش اقدام 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 استفاده‌شده 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 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 درزمینه‌ی برنامه‌ریزی و زمان‌بندی هم‌زمان تولید و سیستم نت در ماشین‌های موازی نامرتبط 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]. خردرنجبر 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 کارآئی 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]. گلرو 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 معرفی‌شده 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 به‌طوری‌که از ۳۶/۶۷٪ از کل عملیات انتخابی در مدل قطعی به ۴۰/۹۱ ٪ در مدل تصادفی می‌رسد. درنهایت 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]. مقدسی و همکاران در پژوهشی معیارهای ارزیابی عملکرد سیستم مدیریت نت با رویکرد مدیریت دارایی فیزیکی را تعیین و بومی‌سازی نمودند. نتایج

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

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[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 به‌دست‌آمده و با استفاده از روش برنامه‌ریزی آرمانی چند انتخابی فازی و تعیین تابع هدف، استراتژی‌های نت را اولویت‌بندی کردند[۲۴]. میشرا و همکاران 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[۲۵]. خدایاری و عبداله زاده با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر نتایج شبیه‌سازی کامپیوتری اقدام به انتخاب بهترین سیاست نت خطوط تولید یک کارخانه صنایع غذائی 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 فرایند تحلیل شبکه[1] و راه‌حل توافقی و بهینه‌سازی چندمعیاره[2] 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 ارزش‌افزوده، هزینه، ایمنی و امکان‌پذیر 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 و تکنیک COPRAS [3] استراتژی‌های نت را بر اساس معیارهای هزینه، دسترسی، ریسک و ارزش‌افزوده، بررسی نمودند. نتایج نشان داد با توجه به معیارها، استراتژی نت برنامه‌ای به‌عنوان بهترین استراتژی می‌باشد[۲۷].

1 Analytical Hierarchy Process (AHP)

2 Vlse Kriterijumsk Optimizacija Kompromisno Resenje (VIKOR)

3 Complex Proportional Assessment of Alternatives (CPAA)

### ۲- ۲- معیارهای اصلی و زیرمعیارهای نت

معیارهای اصلی و زیر معیارهای 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 گرفته‌شده 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 صرفه‌جوئی اقتصادی و بهره‌دهی مناسب جایگزین گردیدند. لذا با توجه به معیارهای تعیین‌شده، زیر معیارهای مرتبط با نظر خبرگان معرفی شدند که در ادامه به آن‌ها اشاره می‌گردد.

### ۲- ۳- خلاء تحقیقاتی

نتیجه بررسی مطالعات انجام‌شده نشانگر آن است که تحقیقاتی بسیاری به‌صورت جداگانه و یا هم‌زمان با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری 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 نت 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 نت ساختمان و عموماً بررسی شاخص‌ها به‌صورت کمی بوده تا کیفی. ازاین‌رو 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

**جدول ۱. معیارها منتخب پژوهش**

**Table 1. Selected research criteria**

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

در صنایع مختلف معیارهای متفاوتی برای نت 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 نت در صنایع دیگر موردبررسی قرارگرفته‌اند. لیکن معیارهای نت 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 نت 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، همچنین علاوه بر آن نتایج با یک مطالعه موردی در واقعیت مقایسه شده است. ازاین‌رو 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 انجام‌شده و بر اساس آن مناسب‌ترین سیاست نت ساختمان‌ها تعیین می‌گردد.

## 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 انتخاب‌شده‌اند[۲۸]. برای دستیابی به این هدف، هفت سیاست پرکاربرد نت در نظر گرفته‌شده 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 به‌دست‌آمده 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 درزمینه‌ی نگهداری و تعمیرات ساختمان و عضو سازمان نظام‌مهندسی ساختمان باسابقه بیش از ۱۵ سال با تخصص و فعالیت درزمینه‌ی نت بودند، انتخاب شدند. ترکیب اعضای پانل در جدول ۲ بیان‌شده است.

پس از انتخاب اعضای پانل، با استفاده از روش دلفی اتفاق‌نظر بین خبرگان در خصوص شاخص‌ها و زیر شاخص‌های سیستم نت به‌دست‌آمده آمد. روایی پرسشنامه‌ها با استفاده از روش لاوشی و پایائی آن با استفاده از آلفای کرونباخ محاسبه گردید. جهت کمی سازی آراء اعضای گروه پانل از نرخ روایی محتوا

**جدول ۲. ترکیب و ویژگی اعضاء پانل**

**Table 2. composition and characteristics of panel members**

| تخصص | کارشناسی ارشد | دکتری | تعداد | % | زمینه فعالیت اعضای پانل |
|---|---|---|---|---|---|
| برق | ۱ | ۱ | ۲ | ۹۰۵ | عضو هیئت‌علمی دانشگاه آزاد اسلامی کرج |
| | | | | | عضو سازمان نظام‌مهندسی ساختمان استان البرز |
| ماشین‌آلات | - | ۱ | ۱ | ۴۰۸ | عضو هیئت‌علمی دانشگاه تهران |
| ترافیک | ۱ | ۲ | ۳ | ۱۴۰۳ | عضو هیئت‌مدیره سازمان نظام‌مهندسی ساختمان کردستان |
| | | | | | عضو هیئت‌مدیره سازمان نظام‌مهندسی ساختمان گیلان |
| | | | | | عضو هیئت‌علمی دانشگاه آزاد اسلامی هشتگرد |
| عمران | ۲ | ۴ | ۶ | ۲۸۰۵ | عضو هیئت‌مدیره سازمان نظام‌مهندسی ساختمان خراسان |
| | | | | | عضو هیئت‌مدیره سازمان نظام‌مهندسی ساختمان گلستان |
| | | | | | عضو هیئت‌علمی دانشگاه آزاد اسلامی کرج |
| | | | | | عضو هیئت‌علمی دانشگاه آزاد اسلامی ارومیه |
| | | | | | عضو هیئت‌علمی دانشگاه آزاد اسلامی رباط‌کریم |
| | | | | | عضو هیئت‌مدیره سازمان نظام‌مهندسی ساختمان زنجان |
| معماری | - | ۱ | ۱ | ۴۰۸ | عضو هیئت‌مدیره سازمان نظام‌مهندسی ساختمان ایلام |
| محیط‌زیست | - | ۱ | ۱ | ۴۰۸ | عضو هیئت‌مدیره سازمان نظام‌مهندسی ساختمان البرز |
| نگهداری و تعمیر | ۱ | ۱ | ۲ | ۹۰۵ | عضو هیئت‌علمی دانشگاه آزاد اسلامی تهران مرکز |
| | | | | | عضو هیئت‌مدیره سازمان نظام‌مهندسی ساختمان آذربایجان غربی |
| مکانیک | - | ۱ | ۱ | ۴۰۸ | عضو هیئت‌علمی دانشگاه آزاد اسلامی کرج |
| شهرسازی | ۱ | ۱ | ۲ | ۹۰۵ | عضو هیئت‌علمی دانشگاه آزاد اسلامی کرج |
| | | | | | عضو سازمان نظام‌مهندسی ساختمان استان البرز |
| استراتژیک | ۱ | - | ۱ | ۴۰۸ | عضو سازمان نظام‌مهندسی ساختمان استان البرز |
| اقتصاد | - | ۱ | ۱ | ۴۰۸ | عضو هیئت‌علمی دانشگاه صنعتی ارومیه |
| مجموع | ۷ | ۱۴ | ۲۱ | ۶۶۰۷ | دکتری |
| | | | | ۳۳۰۳ | کارشناسی ارشد |

$CVR$[1] استفاده گردید. آرای اعضای گروه پانل که به گزینه ضروری تعلق‌گرفته است از طریق نسبت روایی محتوایی $CVR$ کمی سازی می‌شود.

$$CVR = \frac{n_E - \frac{N}{2}}{\frac{N}{2}} \qquad (۱)$$

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

اگر مقدار محاسبه‌شده از مقدار جدول ۳ بزرگ‌تر باشد اعتبار محتوای آن آیتم پذیرفته می‌شود. در جدول ۳ تفسیر مقدار $CVR$ موردپذیرش متناظر با اجزای تشکیل‌دهنده پانل آمده است. به‌این‌ترتیب که با توجه به تعداد نفراتی که در مرحله روایی سنجی شرکت می‌کنند یک $CVR$ خاص وجود دارد و هرچقدر تعداد نفرات بیشتر باشد، $CVR$ و ردپذیرش مقدار کمتری خواهد شد. در هنگام تفسیر $CVR$ فرضیات زیر قابل‌استفاده است. اگر تمامی اعضای پانل با ضرورت یک آیتم موافق نباشند، به این معناست که آیتم کاملاً غیرضروری است. اگر همه اعضای پانل کاملاً با ضروری بودن یک آیتم موافق باشند، دو حالت وجود دارد یا همه آن‌ها اشتباه می‌کنند یا قضاوت همگی درست می‌باشد لیکن چون همگی آن‌ها به‌عنوان متخصص اظهارنظر نموده‌اند، لذا می‌توان گفت که همه آن‌ها اشتباه نکرده‌اند و این پارامتر می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی ضروری در نظر گرفته شود.

1 Content Validity Rate (CVR)

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

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

| تعداد اعضای پانل | ۵ | ۶ | ۷ | ۸ | ۹ | ۱۰ | ۱۱ | ۱۲ | ۱۳ | ۱۴ | ۱۵ | ۲۰ | ۲۵ | ۳۰ | ۳۵ | ۴۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| حداقل مقادیر $CVR$ قابل‌قبول | ۰/۹۹ | ۰/۹۹ | ۰/۹۹ | ۰/۷۵ | ۰/۷۸ | ۰/۶۲ | ۰/۵۹ | ۰/۵۶ | ۰/۵۴ | ۰/۵۱ | ۰/۴۹ | ۰/۴۲ | ۰/۳۷ | ۰/۳۳ | ۰/۳۱ | ۰/۲۹ |

جهت تعیین روایی پرسشنامه‌ها از شاخص محتوایی[1] $CVI$ استفاده گردید، $CVI$ نشان‌دهنده جامعیت قضاوت‌های مربوط به روایی یا قابلیت اجرای مدل، آزمون یا ابزار نهایی است. هرچقدر روایی محتوایی نهایی بالاتر باشد، مقدار $CVI$ به سمت ۰/۹۹ میل می‌کند. برعکس این قضیه نیز صادق است.

$$CVI = \frac{\sum_n^1 CVR}{\text{Re}tained\ numbers} \qquad (۲)$$

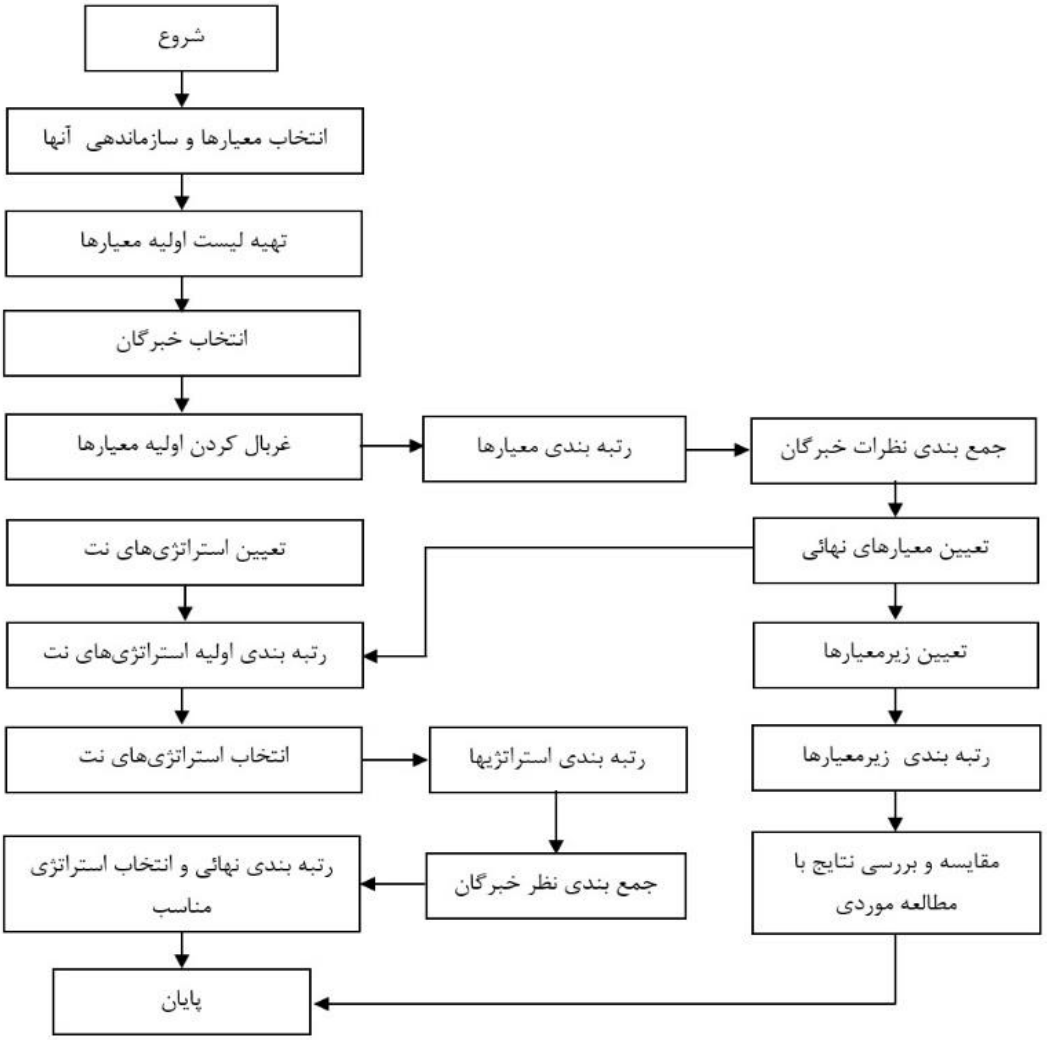
$CVR$ تبدیل صورت خطی و مستقیم اعضای گروه پانل است که عبارت «ضروری» را انتخاب کرده‌اند، $Retained\ numbers$، تعداد آیتم‌های باقیمانده می‌باشد[۲۹]. پس از تعیین پارامترها و زیر پارامترها و تنظیم پرسشنامه‌ها و توزیع آن در میان نمونه‌ها وضعیت پارامترهای نت ساختمان بر اساس طیف لیکرت بر اساس وضعیت موجود ساختمان‌ها 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) موردبررسی قرار گرفت. جهت تعیین تعداد نمونه با استفاده از روش کوکران، ابتدا تعداد ساختمان‌های ساخته‌شده با تعداد طبقات بیشتر از ۳ که از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۸ در شهرستان کرج ساخته‌شده بودند از طریق سامانه آمار ایران جمع‌آوری شد که جامعه آماری 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 بیان‌شده 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].

$$n = \frac{Nz^2P(1-P)}{d^2(N-1)+z^2P(1-P)} \qquad (۳)$$

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 قابل‌قبول 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 مطرح‌شده با توجه به اطلاعات جمع‌آوری‌شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS[2] 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 گرفته‌شده، مشخص گردید. برای تبدیل پاسخ‌های کیفی به کمی از روش وزن دهی به شاخص‌ها

1 Content Validity Index (CVI)

2 Statistical package for social science




**شکل ۱.مدل فرآیند تحقیق**

**Fig. 1. Research process model**

استفاده شد. ابتدا فراوانی پاسخ به هرگزینه در هر شاخص مشخص شد سپس مجموع فراوانی هر گزینه در وزن آن ضرب گردید و مجموع حاصل‌ضرب‌ها باهم جمع شد، عدد به‌دست‌آمده بر تعداد افراد پاسخ‌دهنده تقسیم و میانگین وزنی حاصل‌شده امتیاز آن شاخص محسوب گردید. الگوریتم روش تجزیه‌وتحلیل ارزیابی گام‌به‌گام اوزان مطابق شکل ۱ می‌باشد.

### 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[۳۲, ۳۳]. این مدل‌های تصمیم‌گیری به دو گروه عمده دسته‌بندی می‌شوند: مدل‌های چندهدفه و مدل‌های چند شاخصه. مدل‌های چندهدفه به‌منظور 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. ازآنجاکه روش سلسله مراتبی به فرآیند تفکر تحلیلی انسان شباهت بسیار زیادی دارد، ازاین‌رو این روش،

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 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[۳۵]. از دیگر روش‌های تصمیم‌گیری که در این پژوهش مورداستفاده قرارگرفته است، روش سوارا می‌باشد. در این روش معیارها بر اساس ارزش رتبه‌بندی می‌شوند. ازاین‌رو 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 به‌منظور ارائه یک روش وزن دهی به معیارها در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره معرفی‌شده 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 استفاده‌شده است[۳۸]. ویکور یک عبارت صربستانی 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 تجزیه‌وتحلیل ارزیابی گام‌به‌گام اوزان، ورودی روش راه‌حل توافقی و بهینه‌سازی چندمعیاره برای رتبه‌بندی و انتخاب سیاست مناسب نت ساختمان‌ها خواهد بود.

## 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 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 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 به‌دست‌آمده 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 استخراج‌شده بودند، در اختیار اعضاء قرار گرفت. علاوه براین، 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 پیشنهادشده بودند به همراه عوامل اولیه مستخرج از ادبیات موضوع، برای تعیین میزان اهمیت در اختیار آنان قرار گرفت. در دور سوم، نظر اعضاء درباره عواملی که اهمیت آن‌ها در دورهای اول و دوم متوسط، زیاد و خیلی زیاد تشخیص داده‌شده بودند، مجدداً دریافت شد. انجام روش دلفی پس از انجام دور سوم و دستیابی به‌اتفاق نظر مطلوب پایان یافت. در این پژوهش برای تعیین میزان اتفاق‌نظر میان اعضای پانل، از ضریب هماهنگی کندال استفاده‌شده است. اختلاف ضریب کندال در دو دور نهائی به مقدار ۰/۰۲۲ بود. در تمام مراحل ارزیابی شاخص ها، تعیین میزان اهمیت عوامل از طیف لیکرت ۵ تائی استفاده شده است. در خصوص تعیین زیر شاخص‌ها نیز با توجه به شاخص های تعیین

**جدول ۴. ترکیب و ویژگی اعضاء 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 قضاوت ها و نتایج پذیرش یا رد شاخص های سیستم نت**

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

| شاخص | CVR | میانگین عددی قضاوت‌ها | پذیرش یا رد |
|---|---|---|---|
| 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 مقادیرCVR، 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)**

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

**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.**

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

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 جدول۶ نشان داده شده است. پس از انجام سه دور روش دلفی انحراف معیار پاسخ‌های اعضاء درباره میزان اهمیت شاخص در دور سوم نسبت به دورهای 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 اتفاق‌نظر 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 درزمینه‌ی 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 تعلق‌گرفته است از طریق نسبت روایی محتوایی $CVR$ کمی سازی گردید. نتایج $CVR$ مربوط به میانگین عددی قضاوت ها و نتایج پذیرش یا رد شاخص های سیستم نت ساختمان در جدول ۵ نشان داده شد.

پس از تعیین مقادیر $CVR$ مقادیر روایی محتوای شاخص‌ها عبارت است از:

$$CVI = \frac{۶/۴}{۸} = ۰/۸۰$$

درصورتی‌که شاخص روایی بالاتر از ۷۰ درصد باشد اعتبار سؤالات مورد تائید است. با توجه به اینکه شاخص روایی برای پرسشنامه شاخص‌های ارزیابی ۰/۸ تعیین گردید، لذا شاخص روایی مورد تائید است. نتایج $CVR$ مربوط به میانگین عددی قضاوت‌ها و نتایج پذیرش یا رد زیر معیارهای منتخب پژوهش می‌باشد که نتایج در جدول ۶ نشان داده‌شده است. بر اساس قضاوت‌ها تعداد ۱۱ شاخص موردپذیرش قرار نگرفت.

درنهایت نتایج شاخص روایی برای پرسشنامه زیر معیارها عبارت بود از:

$$CVI = \frac{۴۳/۸۸}{۵۴} = ۰/۸۱۲$$

با توجه به اینکه شاخص روایی ۰/۸۱۲ تعیین شد، لذا شاخص روایی در خصوص این پرسشنامه نیز مورد تائید می‌باشد. آلفای کرونباخ بر اساس پاسخ‌های به‌دست‌آمده برای پرسشنامه شاخص‌ها ۰/۸۸۶ و برای پرسشنامه زیر شاخص‌ها ۰/۹۷۰ به دست آمد. پس از انتخاب ۸ پارامتر به‌عنوان شاخص‌های ارزیابی، با توجه به کسب اجماع عمومی در مورد شاخص‌های مطرح‌شده 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 درنهایت رتبه هر شاخص تعیین گردید. درروش AHP نرخ ناسازگاری ۰/۰۱۴۵ به‌دست‌آمده که چون این مقدار از ۰/۱ کمتر می‌باشد لذا مقایسه زوجی موردقبول بوده است. نتایج روش AHP در جدول ۷ نشان آورده شده است.

در این آزمون ایمنی بااهمیت‌ترین معیار و قابلیت اطمینان کم‌اهمیت‌ترین معیار معرفی شد که این نشان‌دهنده اهمیت بالای این شاخص نسبت به

**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 | صرفه‌جوئی اقتصادی | محیط‌زیست | صرفه‌جوئی 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 |

سایر معیارها ازنظر خبرگان می‌باشد. همچنین با توجه به اینکه داده‌های واردشده به روش‌های استفاده‌شده، بر اساس نظرات تخصصی خبرگان بررسی‌شده است، لذا نتایج آن برای سیستم نت ساختمان قابل‌استفاده است. با این‌رویش، گزینه‌های به‌دست‌آمده از روش AHP اولویت‌بندی گردید. با بررسی مقادیر مشاهده می‌شود که میانگین رتبه نتایج حاصل از این روش تصمیم‌گیری به ترتیب: ایمنی، بهداشت، قابلیت دسترسی، بهره‌دهی مناسب، صرفه‌جوئی اقتصادی، محیط‌زیست، صرفه‌جوئی 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 وزیرمعیارهای مؤثر در سیستم نت ساختمان شناسایی‌شده و نتایج مقایسه زوجی بین شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها با روش AHP در جدول ۸ نشان داده‌شده است با توجه به نظر خبرگان شاخص‌ها و زیر شاخص‌های مندرج در جدول ۸ به‌عنوان 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 تنظیم‌شده در میان ۳۸۰ نمونه (ساختمان) در شهر کرج که به‌صورت تصادفی انتخاب‌شده‌اند توزیع گردید. جهت تکمیل این پرسشنامه از مدیران ساختمان‌ها کمک گرفته شد

**جدول ۸. تعیین اهمیت زیر شاخص‌ها(ادامه دارد)**

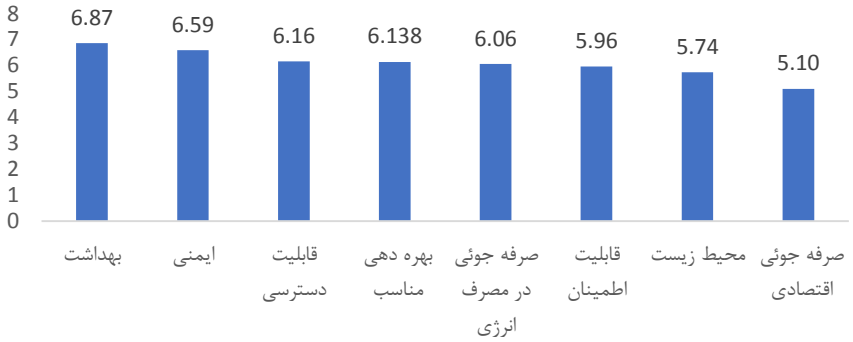
**Table 8. Determining the importance of sub-criteria(Continude)**

| معیار | ردیف | زیرمعیارها | با استفاده از روش AHP | | | | مطالعه موردی با استفاده از نرم‌افزار SPSS | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | وزن زیر شاخص‌ها | رتبه زیرشاخصها | وزن در کل سیستم | رتبه در کل سیستم | وزن زیر شاخص‌ها | وزن شاخص‌ها |
| بهداشت | ۱ | کیفیت سیستم‌های تهویه هوا در ساختمان | ۰/۲۱۵ | ۱ | ۰/۲۱۵ | ۱ | ۶/۶۵ | ۶/۸۷ |
| | ۲ | کیفیت نظافت و نگهداری مشاعات | ۰/۱۱۱ | ۶ | ۰/۱۰۷ | ۶ | ۷/۲۳ | |
| | ۳ | کیفیت تجهیزات بهداشتی | ۰/۱۲۸ | ۵ | ۰/۱۲۸ | ۵ | ۶/۸۸ | |
| | ۴ | کیفیت بهداشت ساختمان و محیط اطراف ساختمان | ۰/۱۵۴ | ۴ | ۰/۱۵۴ | ۴ | ۷/۰۱ | |
| | ۵ | کیفیت دودکش‌های ساختمان | ۰/۱۸۵ | ۳ | ۰/۱۸۸ | ۳ | ۶/۷۸ | |
| | ۶ | کیفیت عایق‌های رطوبتی | ۰/۲۰۷ | ۲ | ۰/۲۰۸ | ۲ | ۶/۶۸ | |
| ایمنی | ۷ | کیفیت ایمنی پایداری و استحکام ساختمان | ۰/۱۲۵ | ۳ | ۰/۱۲۵ | ۳ | ۷/۰۴ | ۶/۵۹ |
| | ۸ | کیفیت ایمنی در دسترسی به قسمت‌های مختلف ساختمان، بام، راه‌پله، آسانسور، بالکن و غیره | ۰/۰۷۸ | ۸ | ۰/۰۷۶ | ۸ | ۷/۲۹ | |
| | ۹ | کیفیت ایمنی آسانسور و پله‌برقی | ۰/۰۶۵ | ۱۰ | ۰/۰۶۴ | ۱۰ | ۶/۷۰ | |
| | ۱۰ | کیفیت ایمنی سیستم گازرسانی و تجهیزات گازسوز در ساختمان | ۰/۱۵۵ | ۱ | ۰/۱۵۵ | ۱ | ۶/۸۶ | |
| | ۱۱ | کیفیت ایمنی دودکش‌ها ساختمان | ۰/۱ | ۵ | ۰/۰۹۸ | ۵ | ۶/۷۰ | |
| | ۱۲ | کیفیت ایمنی تأسیسات ساختمان | ۰/۱۰۹ | ۴ | ۰/۱۱۰ | ۴ | ۶/۷۴ | |
| | ۱۳ | کیفیت ایمنی در برابر سرقت و وجود تجهیزات امنیتی | ۰/۰۶۷ | ۹ | ۰/۰۶۸ | ۹ | ۶/۵۲ | |
| | ۱۴ | کیفیت ایمنی در مواجه با حوادث ناگهانی | ۰/۰۸۱ | ۷ | ۰/۰۸۰ | ۷ | ۶/۲۱ | |
| | ۱۵ | کیفیت سیستم اتصال زمین | ۰/۰۹۴ | ۶ | ۰/۰۹۵ | ۶ | ۵/۸۰ | |
| | ۱۶ | کیفیت ایمن بودن قسمت‌های مختلف (برق‌گرفتگی، آتش‌سوزی، مسمومیت، سقوط از بام) | ۰/۱۲۹ | ۲ | ۰/۱۲۹ | ۲ | ۶/۱۱ | |
| قابلیت دسترسی | ۱۷ | کیفیت کارکرد تجهیزات | ۰/۲۵۸ | ۳ | ۰/۲۵۹ | ۳ | ۶/۶۸ | ۶/۱۵ |
| | ۱۸ | کیفیت سرویس تعمیر و تعویض تجهیزات (بازدیدهای دوره‌ای) | ۰/۲۹۳ | ۱ | ۰/۲۹۶ | ۱ | ۵/۸۰ | |
| | ۱۹ | کیفیت عمر مفید تجهیزات | ۰/۲۹۱ | ۲ | ۰/۲۸۹ | ۲ | ۶/۵۹ | |
| | ۲۰ | کیفیت زمان خرابی تجهیزات | ۰/۱۵۸ | ۴ | ۰/۱۵۶ | ۴ | ۵/۵۷ | |

## جدول ۸. تعیین اهمیت زیر شاخص‌ها

## Table 8. Determining the importance of sub-criteria

| معیار | ردیف | زیرمعیارها | با استفاده از روش AHP | | | | مطالعه موردی با استفاده از نرم‌افزار SPSS | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | وزن زیر شاخص‌ها | رتبه زیرشاخص‌ها | وزن در کل سیستم | رتبه در کل سیستم | وزن زیر شاخص‌ها | وزن شاخص‌ها |
| بهره‌دهی مناسب | ۲۱ | کیفیت تأسیسات بکار رفته در ساختمان (موتورخانه، تأسیسات برقی، ...) | ۰/۰۸۶ | ۵ | ۰/۰۸۶ | ۵ | ۶/۴۲ | ۶/۱۳ |
| | ۲۲ | کیفیت مصالح بکار رفته درساختمان(مصالح بنائی، تجهیزات، منصوبات ...) | ۰/۰۹ | ۲ | ۰/۰۹۰ | ۲ | ۶/۴۹ | |
| | ۲۳ | کیفیت سیستم شبکه هوشمند ساختمان | ۰/۰۴۹ | ۱۰ | ۰/۰۵۰ | ۱۰ | ۵/۱۴ | |
| | ۲۴ | کیفیت سیستم روشنایی اضطراری (برق اضطراری) | ۰/۰۴۴ | ۱۱ | ۰/۰۴۴ | ۱۱ | ۴/۸۷ | |
| | ۲۵ | کیفیت سیستم آیفون (معمولی، تصویری، رمزدار،...) | ۰/۰۳۱ | ۱۴ | ۰/۰۳۱ | ۱۴ | ۶/۴۵ | |
| | ۲۶ | کیفیت سیستم آنتن تلویزیون و ماهواره (معمولی، مرکزی، سویچ دار،...) | ۰/۰۳۵ | ۱۳ | ۰/۰۳۵ | ۱۳ | ۶/۵۱ | |
| | ۲۷ | کیفیت سیستم انتقال گرما و سرما (رادیاتور،هواساز،...) | ۰/۰۷۹ | ۸ | ۰/۰۸۰ | ۸ | ۶/۶۵ | |
| | ۲۸ | کیفیت لوله‌های مصرفی گرمایش و سرمایش (فولادی سیاه، گالوانیزه، مسی،...) | ۰/۰۸۴ | ۶ | ۰/۰۸۵ | ۶ | ۶/۲۶ | |
| | ۲۹ | کیفیت سیستم لوله‌گذاری (پی‌وی‌سی، گالوانیزه،...) | ۰/۰۸۷ | ۴ | ۰/۰۸۷ | ۴ | ۶/۳۴ | |
| | ۳۰ | کیفیت لوله‌های مصرفی آب سرد و گرم (گالوانیزه، ۵ لایه،...) | ۰/۰۸۷ | ۳ | ۰/۰۸۷ | ۳ | ۶/۲۸ | |
| | ۳۱ | کیفیت لوله‌های مصرفی فاضلاب (چدنی، پلیمری،...) | ۰/۰۸۴ | ۷ | ۰/۰۸۴ | ۷ | ۶/۲۸ | |
| | ۳۲ | کیفیت سیستم دربازکن و درب ماشین‌رو | ۰/۰۳۸ | ۱۲ | ۰/۰۳۸ | ۱۲ | ۶/۶۱ | |
| | ۳۳ | کیفیت آسانسور و تجهیزات آن (هیدرولیکی، کابلی،... و اتاقک) | ۰/۰۹۸ | ۱ | ۰/۰۹۸ | ۱ | ۶/۱۵ | |
| | ۳۴ | کیفیت سیستم آتش‌نشانی (قرقره و شیلنگ، کپسول،...) | ۰/۰۷۶ | ۹ | ۰/۰۷۶ | ۹ | ۵/۲۹ | |
| | ۳۵ | کیفیت یراق‌آلات ساختمان | ۰/۰۳ | ۱۵ | ۰/۰۲۷ | ۱۵ | ۶/۳۳ | |
| صرفه‌جوئی در مصرف انرژی | ۳۶ | کیفیت عایق‌های حرارتی | ۰/۱۵۵ | ۴ | ۰/۱۵۶ | ۴ | ۵/۷۲ | ۶/۰۶ |
| | ۳۷ | کیفیت سیستم‌های سرمایشی | ۰/۱۹۲ | ۱ | ۰/۱۹۳ | ۱ | ۶/۳۴ | |
| | ۳۸ | کیفیت سیستم‌های گرمایشی | ۰/۱۶۸ | ۲ | ۰/۱۶۸ | ۲ | ۶/۷۱ | |
| | ۳۹ | کیفیت روشنایی و وسایل روشن‌کننده محیط ساختمان | ۰/۱۰۶ | ۶ | ۰/۱۰۶ | ۶ | ۶/۷۰ | |
| | ۴۰ | کیفیت بازشوها در ساختمان | ۰/۰۹۳ | ۷ | ۰/۰۹۳ | ۷ | ۶/۵۴ | |
| | ۴۱ | کیفیت بهینه‌سازی مصرف آب (استفاده از شیرهای الکتریکی، منبع ذخیره آب باران و ...) | ۰/۱۲۸ | ۵ | ۰/۱۲۸ | ۵ | ۵/۰۳ | |
| | ۴۲ | کیفیت بهینه‌سازی مصرف انرژی (نوع سوخت مصرفی، گاز شهری، گاز مایع، نفت، برق، خورشید) | ۰/۱۵۷ | ۳ | ۰/۱۵۷ | ۳ | ۵/۴۱ | |
| محیط‌زیست | ۴۳ | کیفیت دفع مناسب و تصفیه بهداشتی فاضلاب‌ها | ۰/۳۴۶ | ۱ | ۰/۳۴۶ | ۱ | ۶/۲۸ | ۵/۷۴ |
| | ۴۴ | کیفیت نحوه جمع‌آوری زباله در ساختمان (به‌جز زائدات ناشی از غذا) | ۰/۲۳۴ | ۲ | ۰/۲۳۴ | ۲ | ۶/۰۳ | |
| | ۴۵ | کیفیت فضای سبز در ساختمان (حیاط، بام،تراس) | ۰/۱۸۸ | ۴ | ۰/۱۸۷ | ۴ | ۶/۱۴ | |
| | ۴۶ | کیفیت استفاده از انرژی خورشیدی | ۰/۲۳۲ | ۳ | ۰/۲۳۲ | ۳ | ۴/۵۲ | |
| قابلیت اطمینان | ۴۷ | کیفیت مدیریت تجهیزات | ۰/۱۸۳ | ۴ | ۰/۱۸۷ | ۴ | ۵/۷۱ | ۵/۹۶ |
| | ۴۸ | کیفیت استانداردهای تجهیزات | ۰/۳۱۹ | ۱ | ۰/۳۲۰ | ۱ | ۶/۰۶ | |
| | ۴۹ | کیفیت نگهداری و تعمیرات تجهیزات وسایل | ۰/۲۸ | ۲ | ۰/۲۸۰ | ۲ | ۶/۲۹ | |
| | ۵۰ | کیفیت تعمیر پذیری تجهیزات (تعمیر بجای تعویض) | ۰/۲۱۸ | ۳ | ۰/۲۱۳ | ۳ | ۵/۷۹ | |
| صرفه‌جوئی اقتصادی | ۵۱ | کیفیت سیستم هوشمند ساختمان در کاهش هزینه‌ها | ۰/۲۱ | ۳ | ۰/۲۱۰ | ۳ | ۴/۹۱ | ۵/۱۰ |
| | ۵۲ | کیفیت آسیب‌های ناشی از جنس و سیستم سازه با توجه به طول عمر ساختمان | ۰/۳۲۲ | ۱ | ۰/۳۲۲ | ۱ | ۵/۸۱ | |
| | ۵۳ | کیفیت استفاده از نرم‌افزارهای مدیریت تعمیر و نگهداری | ۰/۲۰۶ | ۴ | ۰/۲۰۶ | ۴ | ۴/۳۴ | |
| | ۵۴ | کیفیت بهره‌وری تجهیزات و دستگاه‌ها | ۰/۲۶۲ | ۲ | ۰/۲۶۲ | ۲ | ۵/۳۶ | |




**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 روشAHP 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 |
| صرفه‌جوئی اقتصادی | ۵ | ۰/۰۷۶۹۸ | ۸ | ۵/۱۰ |
| محیط‌زیست | ۶ | ۰/۰۷۱۷۱ | ۷ | ۵/۷۴ |
| صرفه‌جوئی در مصرف انرژی | ۷ | ۰/۰۵۴۰۱ | ۵ | ۶/۰۶ |
| قابلیت اطمینان | ۸ | ۰/۰۴۶۶۴ | ۶ | ۵/۹۶ |

زیرا علی‌رغم اینکه برابر مبحث ۲۲ مقررات ملی ساختمان جایگاه مدیر نگهداری و تعمیر بیان‌شده لیکن متأسفانه به دلیل عدم اجرای این مبحث در کشور مدیر نگهداری و تعمیر که در این مبحث به آن اشاره‌شده 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 جمع‌آوری‌شده، با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه‌وتحلیل 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 حاصل از توزیع پرسشنامه‌ها در میان نمونه‌ها و نظرات مدیران ساختمان ها مشخص گردید، معیار بهداشت در وضعیت مناسب‌تری قرار دارد و ایمنی در رتبه دوم و صرفه‌جوئی در مصرف انرژی در رتبه آخر قراردادند که این بیانگر انست که در واقعیت شاخص بهداشت از ایمنی در ساختمان ها با اهمیت‌تر می باشد. 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 داده‌شده است. بررسی نتایج حاکی از اختلاف نظر موجود بین خبرگان و مدیران ساختمان‌ها در اولویت بندی پارامترها می باشد.

**جدول ۱۰. محاسبه وزن استراتژیها بر اساس روش SWARA**

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

| استراتژی | رتبه | $s_j$ | $k_j = s_j + 1$ | $w_j = (x_j - 1)/k_j$ | $q_i = w_j/\mathrm{sum}(w_j)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 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 پیش اقدامانه | ۷ | ۰/۱۹ | ۱/۱۹ | ۰/۱۲۹ | ۰/۰۴۸ |

در گام بعد با استفاده از روش SWARA استراتژی‌های نت ساختمان با استفاده ازنظر خبرگان رتبه‌بندی شد تا استراتژی‌های مناسب نت ساختمان انتخاب گردند که نتایج در جدول ۱۰ نشان داده‌شده 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 متاسفانه بیانگر آنست که در صنعت ساختمان در کشور با سیاست‌های بدون برنامه ریزی و یا با زمان بندی حداقلی در صنعت ساختمان روبرو می باشیم. با محاسبه وزن مؤثر هریک از معیارها به روش مقایسه زوجی، همچنین نتایج حاصل از توزیع پرسشنامه‌ها میان نمونه‌های انتخابی در مطالعه موردی شهرکرج 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 هردو روش با یکدیگر مقایسه می‌گردد[۴۲]. برای این منظور و با توجه به میانگین حسابی وزن نهائی معیارهای به‌دست‌آمده 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 روش راه‌حل توافقی و بهینه‌سازی چندمعیاره در جدول ۱۱ نشان داده‌شده‌اند.

در جدول ۱۲ نتایج وزن معیارها و فاصله‌ی سطح ایده آل از گزینه‌ها حاصل از توزیع پرسشنامه میان نمونه‌ها نشان داده‌شده‌اند.

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 به‌دست‌آمده از هردو روش مرتب‌شده‌اند. نتایج محاسبات در جدول ۱۳ و ۱۴ نشان داده‌شده 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.

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq \frac{1}{1-m} \qquad (۴)$$

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

$$best\ \text{alternative} = A_1, A_2, \ldots, A_m \qquad (۵)$$

**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 | ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست | اصلاحی |
| ایمنی | ۰/۰۲۶۴ | ۰/۰۲۶۴ | ۰ | ۰/۰۰۸۵ |
| بهداشت | ۰/۰۱۹۵ | ۰/۰۱۹۵ | ۰ | ۰/۰۰۲۳ |
| قابلیت دسترسی | ۰/۰۳۳۷ | ۰/۰۳۳۷ | ۰ | ۰/۰۱۰۲ |
| بهره‌دهی مناسب | ۰/۰۰۷۴ | ۰/۰۰۷۴ | ۰ | ۰/۰۰۲۳ |
| صرفه‌جوئی در مصرف انرژی | ۰/۰۱۱۲ | ۰ | ۰/۰۱۱۲ | ۰/۰۰۵ |
| محیط‌زیست | ۰/۰۲۴۵ | ۰/۰۲۴۵ | ۰ | ۰/۰۱۰۷ |
| صرفه‌جوئی اقتصادی | ۰/۰۲۲۶ | ۰ | ۰/۰۲۲۶ | ۰/۰۱۳ |
| قابلیت اطمینان | ۰/۰۱۸۷ | ۰/۰۱۸۷ | ۰ | ۰/۰۰۸ |
| $S_i$ | - | ۰/۱۳۰۴ | ۰/۰۳۳۹ | ۰/۰۶۰۱ |
| $R_i$ | - | ۰/۰۳۳۸ | ۰/۰۲۲۷ | ۰/۰۱۳ |

**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 | ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست | اصلاحی |
| ایمنی | ۰/۰۶۵۹ | ۰/۰۶۵۹ | ۰ | ۰/۰۲۱۲۸۹ |
| بهداشت | ۰/۰۶۸۷ | ۰/۰۶۸۷ | ۰ | ۰/۰۰۸۰۱ |
| قابلیت دسترسی | ۰/۰۶۱۵ | ۰/۰۶۱۵ | ۰ | ۰/۰۱۸۵۶۵ |
| بهره‌دهی مناسب | ۰/۰۶۱۳ | ۰/۰۶۱۳ | ۰ | ۰/۰۱۹۳۴۹ |
| صرفه‌جوئی در مصرف انرژی | ۰/۰۶۰۶ | ۰ | ۰/۰۶۰۶ | ۰/۰۲۶۸۷۳ |
| محیط‌زیست | ۰/۰۵۷۴ | ۰/۰۵۷۴ | ۰ | ۰/۰۲۵۰۶۲ |
| صرفه‌جوئی اقتصادی | ۰/۰۵۱ | ۰ | ۰/۰۵۱ | ۰/۰۲۹۳۸۱ |
| قابلیت اطمینان | ۰/۰۵۹۶ | ۰/۰۵۹۶ | ۰ | ۰/۰۲۵۵۳۲ |
| $S_i$ | - | ۰/۳۷۴۴ | ۰/۱۱۱۶ | ۰/۱۷۴ |
| $R_i$ | - | ۰/۰۶۸۷ | ۰/۰۶۰۶ | ۰/۰۲۹۳ |

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

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

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

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

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

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

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

$$Q(A_m)-Q(A_1)<1/(n-1) \rightarrow Q(A_m)<(1/n-1)+Q(A_1) \quad (۶)$$

لذا استراتژی اصلاحی و ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست به‌عنوان گزینه برتر سیستم نت در ساختمان‌ها برای هر دو روش در نظر گرفته شد. عدم اولویت سایر استرتژی‌های 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.

## ۵- نتایج و بحث

با توجه به بررسی مطالعات انجام‌شده می‌توان نتیجه گرفت، پژوهش‌هایی به‌صورت 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. ازاین‌رو 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

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 صرفه‌جوئی در مصرف انرژی و قابلیت اطمینان ازنظر خبرگان به ترتیب دارای کمترین اولویت می‌باشند لیکن در بررسی نمونه‌ها مشخص گردید محیط‌زیست و صرفه‌جوئی 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 تاثیر 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. ازاین‌رو می‌توان به نقش مهم و تأثیرگذار راهبردهای مختلف نت ساختمان‌ها پی برد. درصورتی‌که 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 ۰/۱۳۶ و رتبه دوم متعلق به استراتژی ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست به میزان ۰/۲۳۱۹ می‌باشد. با توجه به عدم برقراری رابطه ۴، (۰/۵ ≤ ۰/۰۹۵۹۲۸) باید مجموعه‌ای از گزینه‌ها به‌عنوان گزینه برتر انتخاب گردد، با توجه به رابطه ۶، (۰/۶۳۶=۰/۱۳۶+۰/۵) مقادیر $Q$ برابر (۰/۶۳۶ ≤ ۰/۲۳۱۹ و ۰/۱۳۶) 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 ۰/۱۱۸۸ و رتبه دوم متعلق به استراتژی ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست به میزان ۰/۳۹۶۹ می‌باشد. با توجه به عدم برقراری رابطه ۴، (۰/۵ ≤ ۰/۲۷۸۱۶) در این روش نیز مجموعه‌ای از گزینه‌ها به‌عنوان گزینه برتر انتخاب گردید (۰/۶۱۸۸=۰/۱۱۸۸+۰/۵)

با توجه به نتایج حاصل از رابطه ۶، (۰/۶۱۸۸=۰/۱۱۸۸+۰/۵) مقادیر (۰/۶۱۸۸ ≤ ۰/۳۹۶۹ و ۰/۱۱۸۸) بوده و لذا استراتژی اصلاحی و ازکارافتادگی/ مبتنی بر شکست بر اساس روش مطالعه موردی به‌عنوان گزینه برتر انتخاب گردیدند. بررسی روش‌های مورداستفاده 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

خبرگان همچنین با بررسی نتایج واقعی حاصل از توزیع پرسشنامه و بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری و آماری بیان‌شده است. برای انتخاب سیاست مناسب نت، 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 ازنظر خبرگان دارای بالاترین رتبه بوده ولیکن در بررسی نمونه‌های واقعی مشخص گردید معیار بهداشت دارای بالاترین اولویت می‌باشد. همچنین معیار قابلیت اطمینان ازنظر خبرگان و معیار صرفه‌جوئی 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، ازکارافتادگی/ 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 ان 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 VIKORمشخص شد با توجه به مقادیر گروه شاخص‌های سودمند ($S$)، تأسف ($R$) و ویکور ($Q$)، در هر دو روش مورداستفاده در این پژوهش نتایج یکسان بوده و سیاست‌های اصلاحی و ازکارافتادگی/ 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 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 ازآنجاکه در برخی اجزاء نت صرفاً بایستی بر اساس نظر متخصص صورت پذیرد (بخش‌های مرتبط با ایمنی) و در برخی اجزا نظر بهره‌برداران (موارد مرتبط باکیفیت) دارای اهمیت می‌باشد و در برخی اجزاء نیز مجموع دو نظر دارای اهمیت می‌باشد. لذا پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آتی این تفاوت اجزاء موردبررسی 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

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. Turkyılmaz, 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. Mirghfouri, 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 ulti-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

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, Inevestigating 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, ntroduction to research sampling, samt Tehran, Iran, 2014. ([in Persian])

[32] D. Diakoulaki, F. Karangelis, Multi-criteria decision analysis and costâ€"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 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. Keršuliene, 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.

**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