



ارائه مدلی به منظور انتخاب برترین سیستم مکانیزه مدیریت نگهداری و تعمیرات ناب با رویکرد AHP فازی

مطالعه موردی: گروه صنعتی انتخاب

رامین اسحاقیان¹، مسعود براتی^{2*}

1- گروه مدیریت صنعتی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

2- گروه مدیریت صنعتی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

چکیده

افزایش رقابت بین سازمان‌ها دلیلی بر بکارگیری روش‌های پیشرفته مدیریت عملیات می‌باشد. یکی از واحدهایی که در این زمینه رشد فراوانی داشته و اهمیت آن روز به روز بیشتر می‌گردد واحد نگهداری و تعمیرات است. یکی از راه‌های افزایش کارایی مدیریت نگهداری و تعمیرات استفاده از رویکرد ناب است که لازمه آن ایجاد سیستم مکانیزه نگهداری و تعمیرات (CMMS) است که توسط آن اطلاعات فنی و اقتصادی فعالیتهای نگهداری و تعمیرات، ذخیره، تجزیه و تحلیل می‌گردد. با وجود تعدد نرم افزارهای نگهداری و تعمیرات، انتخاب سیستم مناسب یکی از دغدغه‌های کنونی سازمانهای پیشرفته می‌باشد. در این مقاله چارچوبی به منظور انتخاب برترین نرم افزار نگهداری و تعمیرات با بکارگیری از روش تصمیم‌گیری فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی معرفی شده است. با توجه به پیشینه تحقیق معیارهای انتخاب نرم افزار نت مشخص و سپس توسط خبرگان حوزه نگهداری و تعمیرات ماتریس مقایسات زوجی بین معیارها تعیین گردید. در نهایت با بکارگیری روش تحلیل توسعه‌ای، برترین گزینه که عبارت است از نرم افزار مناسب گروه صنعتی انتخاب مشخص گردید.

واژگان کلیدی

مدیریت نگهداری و تعمیرات ناب، سیستم مکانیزه مدیریت نگهداری و تعمیرات، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی

* Corresponding author: Masoud barati

Email: barati@phu.iaun.ac.ir

مقدمه

امروزه بدلیل محیط رقابتی موجود در صنایع، مدیران ارشد سازمانها به دنبال کاهش قیمت تمام شده محصولات می باشند. یکی از راهکارهای کاهش قیمت تمام شده، خودکار نمودن سیستم های عملیاتی و کاهش موجودی های در گردش سازمان می باشد. جهت تحقق این اهداف استفاده از سیستم نگهداری و تعمیرات کارا و اثر بخش امر بدیهی می باشد. لذا سازمانهای در حال توسعه همواره در تلاش هستند که یک سیستم خودکار نگهداری و تعمیراتی پیاده سازی نمایند که پاسخگوی نیازهای کنونی سازمان باشد.

هدف از استقرار واحد نگهداری و تعمیرات در سازمان عبارت است از به حداقل رساندن هزینه های نیروی انسانی، مواد و کاهش توقفات تولید. مدیریت نگهداری و تعمیرات یک وظیفه پیچیده و چند جنبه ای می باشد که به موازات عملیات تولید اجرا می گردد. جهت نظارت و کنترل این وظایف معمولاً از سیستم های خودکار نگهداری و تعمیرات استفاده می گردد. با توجه به تعداد بسیار زیاد نرم افزارهای CMMS¹ در صنایع، انتخاب نرم افزار مناسب بسیار دشوار می باشد. شواهد نشان می دهد که اغلب این سیستم ها پس از پیاده سازی راضی کننده نیستند و علت مهم آن عدم تجربه طراحان نرم افزار از موضوع نگهداری و تعمیرات است (هرباتی، 1990).

اصطلاح نگهداری و تعمیرات ناب در دهه های آخر قرن بیستم رواج پیدا کرد. اسمیت² (2004) نت ناب را یک عمل کنش گرایانه تعریف کرد که فعالیتهای نگهداری و تعمیرات را برنامه ریزی و زمانبندی می نماید. رویکرد ناب باعث کاهش توقفات برنامه ریزی نشده از طریق بهینه کردن فعالیتهای پشتیبان نگهداری و تعمیرات و در نتیجه کاهش هزینه های سازمان می گردد. بلوچ³ و دیگران (2012) CMMS را یکی از ابزارهای نگهداری و تعمیرات ناب معرفی کرده است و تاکید کرده که عملکرد کارکنان نگهداری و تعمیرات از طریق بکارگیری سیستم مدیریت نگهداری و تعمیرات مکانیزه قابل ارزیابی می باشد.

در این پژوهش تلاش خواهد شد تا با توجه به اهداف سازمان و نیز محدودیت ها و معیارهایی که تصمیم گیرندگان سازمان در فرآیند انتخاب باید در نظر بگیرند به این مسئله اساسی تحقیق که نرم افزار مناسب نگهداری و تعمیرات ناب در صنعت مورد مطالعه کدام است و چگونه انتخاب و رتبه بندی می شود پاسخ داده شود.

این مدل یک ساختار سلسله مراتبی مشخص با در نظر گرفتن شش معیار اصلی و هشت زیر معیار موثر در انتخاب یک CMM را ارائه می دهد که با استفاده از مصاحبه با مدیران نگهداری و تعمیرات صنایع قابل امتیازدهی و ارزیابی خواهد بود. هدف این ساختار سلسله مراتبی، انتخاب یک گزینه از بین سه شرکت مختلف از CMMS ها در شرکتهای تولیدی گروه صنعتی انتخاب می باشد.

¹ Computerized Maintenance Management System

² Smith

³ Baluch

مبانی نظری

سیستم مدیریت نگهداری و تعمیرات مکانیزه

سیستم مدیریت نگهداری و تعمیرات مکانیزه یک نرم افزار مدیریتی است که جهت پشتیبانی از وظایف مدیریت و پیگیری فعالیتهای نگهداری و تعمیرات بکار می رود (و اندام¹، 2010). اولین نرم افزار CMMS در سال 1976 بکار گرفته شده است (چپمن²، 1993).

علی الرغم اینکه پیاده سازی CMMS در سازمان ها فواید زیادی دارد و باعث افزایش بهره وری برنامه های نگهداری و تعمیرات می گردد نباید از مضرات آن غافل شد. مهمترین گام در پیاده سازی این سیستم، انتخاب درست شرکت سازنده CMMS است. پژوهش های زیادی در زمینه انتخاب نرم افزارهای پشتیبان تصمیم گیری در فرآیندهای زنجیره تامین، حمل و نقل، ERP³ و..... انجام شده است ولی در مورد انتخاب نرم افزار نگهداری و تعمیرات تحقیقات اندکی صورت گرفته است.

انتخاب و ارزیابی یک نرم افزار CMMS خیلی دشوار است و کار پیچیده ای می باشد. چهار عاملی که باعث این پیچیدگی می شود عبارت است از (راو و راجش، 2009):

- 1- تعداد زیاد نرم افزارهای موجود در بازار
- 2- پیشرفت و توسعه مستمر فن آوری اطلاعات (IT⁴)
- 3- ناسازگاری بین سیستم های سخت افزار و نرم افزارهای مختلف
- 4- عدم وجود دانش و تجربه کافی افرادی که در تصمیم گیری انتخاب نرم افزار نقش دارند.

پیشینه تحقیق

کریم زادگان مقدم، داود (1384) مدلی را ارائه نمود که توسط آن سازمانها قادر هستند بهترین نرم افزار نت را با استفاده از روش AHP⁵ انتخاب کنند. راو و راجش⁶ (2009) چارچوبی را با استفاده از روش پرامتی⁷ فازی جهت رتبه بندی نرم افزارهای سازمان های صنعتی معرفی نمود. کارنرو و ناوس⁸ (2016) یک سیستم ارزیابی برای انتخاب نرم افزار CMMS در صنایع با استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره ارائه کرد. رئوف و زالفیگر⁹ (1992) بر اساس فعالیت های

¹ O&M

² Chapman

³ Enterprise resource planning

⁴ Information technology

⁵ Analytic hierarchy process

⁶ R.V.Rao, T.S.Rajesh

⁷ Promethee

⁸ Carnero MC, Novés JL.

⁹ Raouf, A., Zulficar

مهم یک نرم افزار نت ، هفت شاخص مهم این سیستم را تعریف نمود و به روش دلفی (دالکی و هلمرت ، 1963) مدلی را برای ارزیابی و در نهایت انتخاب نرم افزار برتر ارائه نمود.

اکثریت پژوهش های قبلی جهت انتخاب نرم افزار CMMS برتر با استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره عادی و با استفاده از اعداد قطعی صورت گرفته است. یکی از این تکنیک ها AHP است. یکی از اهداف روش AHP این است که دانش خبرگان بر انتخاب گزینه برتر تاثیر داشته باشد ولی AHP ساده نمی تواند این تاثیر را بطور صحیح ایجاد نماید. علی الرغم محبوبیت روش AHP ، این روش غالباً مورد انتقاد قرار می گیرد. یکی از انتقاداتی که به این روش می شود این است که در واقعیت مدل ترجیحات افراد قطعی نیست و تصمیم گیران ممکن است قادر به تعیین مقادیر عددی قطعی برای قضاوت نباشد لذا در این مقاله جهت انتخاب برترین نرم افزار CMMS از روش AHP فازی استفاده شده است.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی

ساعتی¹ بیان می کند که هر چند روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی، روشی بر اساس تحلیل مغز انسان برای مسائل پیچیده و فازی می باشد، اما در این روش مستقیماً از اعداد فازی استفاده نمی شود، بلکه فازی بودن بطور غیر مستقیم از ترجیحات گزینه ها نسبت به هم، با یک ساختار رده ای استفاده می شود (اصغرپور، 1377). بنابراین جهت بکارگیری فرایند تحلیل سلسله مراتبی به صورت فازی، روش هایی پیشنهاد شده است. این روش ها، رویکردهای سیستماتیکی برای مسأله ترجیح و انتخاب گزینه های مختلف با استفاده از مفاهیم تئوری مجموعه های فازی و تحلیل ساختار سلسله مراتبی هستند. البته تصمیم گیرندگان، معمولاً اطمینان بیشتری حاصل می کنند که قضاوت های بازه ای بدهند تا اینکه قضاوت هایی با ارزش ثابت بدهند. این بدان علت است که تصمیم گیرندگان معمولاً قادر نیستند ترجیحاتشان را از طریق طبیعت فازی فرایند مقایسه، بیان و شفاف سازی کنند (کارامان² و دیگران، 2003).

از اولین تلاشها برای فازی کردن AHP می توان به روش ارائه شده توسط دو محقق هلندی به نامهای لارهوون و پدریک³ (1983) اشاره کرد که بر اساس روش حداقل مجذورات لگاریتمی⁴ بنا شده بود. اما تعداد محاسبات و پیچیدگی مراحل این روش باعث شده است که چندان مورد استفاده قرار نگیرد. بنابراین روش های ساده تری جهت بکار بردن AHP به صورت فازی توسعه یافت که از آن جمله می توان به روش باکلی⁵ (1985) اشاره کرد. در این روش از اعداد فازی دوزنقه ای⁶ استفاده می گردد و جهت محاسبه اوزان نیز از میانگین هندسی استفاده می شود. استم⁷ و دیگران (1996) چگونگی توسعه تکنیک هوش مصنوعی را جهت تعیین یا تقریب رتبه بندی ترجیحات در AHP بررسی کردند. آنها نتیجه گرفتند که فرموله بندی شبکه های عصبی پیش رو، ابزار قدرتمندی جهت تحلیل مسائل تصمیم گیری چند معیاره با گزینه های گسسته و قضاوت های ترجیحی مبهم یا نامعین هستند. چانگ⁸ (1996) روش جدیدی را جهت بکارگیری AHP به صورت فازی تحت عنوان روش تحلیل توسعه ای (EA)⁹ ارائه کرد که اعداد مورد استفاده در این روش، اعداد فازی مثلثی¹⁰ بودند.

¹ Saaty

² Kahraman

³ Laarhoven & Pedrycz

⁴ Logarithmic Least Square

⁵ Buckley method

⁶ Trapezoidal Fuzzy Numbers

⁷ Stam

⁸ Chang

⁹ Extent Analysis Method

¹⁰ Triangular Fuzzy Numbers

مروری بر روش تحلیل توسعه‌ای

در روش تحلیل توسعه‌ای که توسط چانگ^۱ (1996) ارائه گردید، ابتدا جداول مقایسات زوجی فازی \tilde{A} با اعداد مثلثی به صورت زیر تشکیل می‌شوند:

$$\tilde{A} = (\tilde{a}_{ij}) = \begin{bmatrix} (1, 1, 1) & (l_{12}, m_{12}, u_{12}) & \dots & (l_{1n}, m_{1n}, u_{1n}) \\ (l_{21}, m_{21}, u_{21}) & (1, 1, 1) & \dots & (l_{2n}, m_{2n}, u_{2n}) \\ \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{M} \\ (l_{n1}, m_{n1}, u_{n1}) & (l_{n2}, m_{n2}, u_{n2}) & \dots & (1, 1, 1) \end{bmatrix} \quad (1-2)$$

که در آن:

$$\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) = \tilde{a}_{ji}^{-1} = \left(\frac{1}{u_{ij}}, \frac{1}{m_{ij}}, \frac{1}{l_{ij}} \right) \quad \text{for } i, j = 1, 2, \dots, n \text{ and } i \neq j.$$

سپس مراحل زیر بازم هر یک از جداول مقایسات زوجی انجام می‌شود تا وزن عناصر آن جدول بدست آید:

مرحله 1: ابتدا جمع عناصر سطری ماتریس محاسبه شده و با علامت M_{gi}^j ($j=1, 2, \dots, m$) نشان داده می‌شود:

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (2-2)$$

M_{gi}^j نشان دهنده جمع اعداد فازی مثلثی سطر i ام است. جمع چند عدد فازی مثلثی، خود عددی مثلثی است، بنابراین M_{gi}^j خود نیز یک عدد فازی مثلثی می‌باشد.

مرحله 2: از نرمالیزه کردن M_{gi}^j ها، مقدار S_i بازم هر یک از سطرها بدست آورده می‌شود:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (3-2)$$

که در آن:

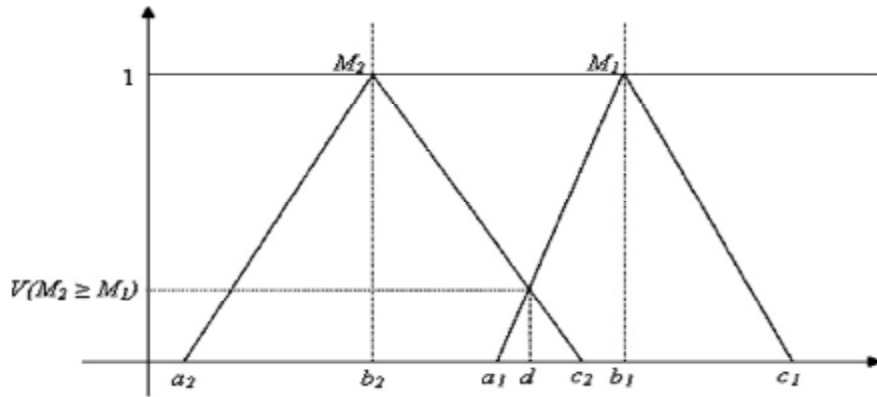
$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right)$$

مرحله 3: درجه بزرگی $S_i = (l_i, m_i, u_i)$ نسبت به $S_j = (l_j, m_j, u_j)$ را از رابطه زیر بدست آورید:

$$V(S_i \geq S_j) = hgt(S_i \cap S_j) = m_{S_j}(d) = \begin{cases} 1, & \text{if } m_i \geq m_j \\ 0, & \text{if } u_i \leq l_j \\ \frac{u_i - l_j}{(u_i - m_i) + (m_j - l_j)}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4-2)$$

در شکل 1 مقدار d نشان‌دهنده درجه بزرگی عدد مثلثی M_2 نسبت به عدد مثلثی M_1 است. البته با توجه به رابطه (2-2) درجه بزرگی M_1 نسبت به M_2 برابر است با 1.

¹Chang



شکل 1-درجه بزرگی عدد مثلثی M_2 نسبت به عدد مثلثی M_1

مرحله 4: درجه بزرگی \tilde{S}_i بر اعداد فازی دیگر را از رابطه زیر بدست آورید:

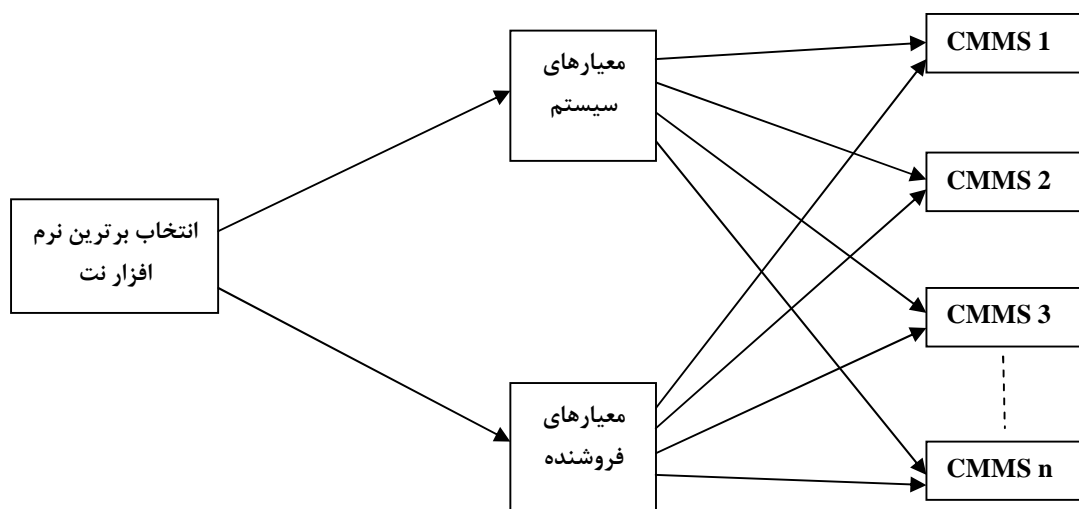
$$V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j | j=1, \dots, n; j \neq i) = \min_{j \in \{1, \dots, n\}, j \neq i} V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j), \quad i=1, \dots, n. \quad (5-2)$$

مرحله 5: بردار وزن ارجحیت $W = (w_1, \dots, w_n)^T$ از ماتریس مقایسه زوجی \tilde{A} را به صورت زیر محاسبه کنید:

$$w_i = \frac{V(\tilde{S}_i \geq \tilde{S}_j | j=1, \dots, n; j \neq i)}{\sum_{k=1}^n V(\tilde{S}_k \geq \tilde{S}_j | j=1, \dots, n; j \neq k)}, \quad i=1, \dots, n. \quad (6-2)$$

مدل مفهومی پژوهش

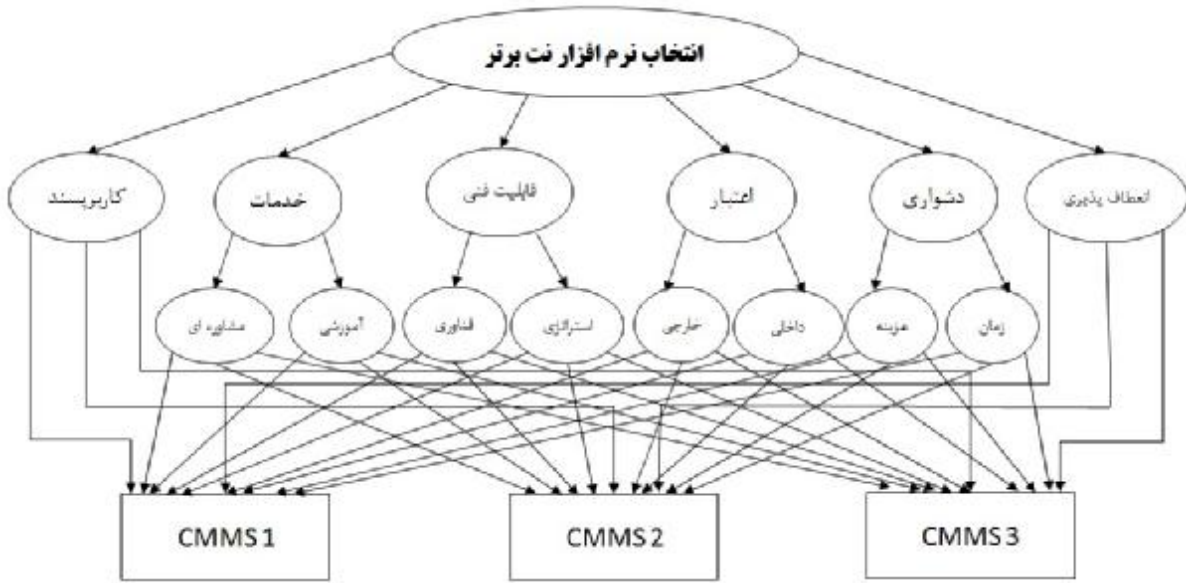
یکی از جدیدترین مدل‌هایی که جهت شناسایی برترین نرم افزار نت ارائه شده است مدل اورلاندو دوران¹ (2001) است که در شکل 2 نشان داده شده است. ایشان طی تحقیقات خود دو عامل اصلی سیستم و فروشنده را به عنوان مولفه‌های اصلی در نظر گرفته و برای هر کدام از عوامل، معیارها و زیر معیارهای مرتبط را معرفی نموده است.



شکل 2: مدل دوران (2011)

در زمینه انتخاب نرم افزار برتر پس از مطالعه و انتخاب مدل اولیه تحقیق و نیز استفاده از معیارهای تعیین شده در پژوهش اسحاقیان، رامین (1395) و همچنین با استفاده از نظرات کارشناسان و مدیران حوزه نگهداری و تعمیرات صنایع مختلف مانند نفت و گاز، خودرو، پتروشیمی و..... تعدیلات و تغییراتی در مدل اولیه صورت پذیرفت و مدل نهایی بر اساس ساختار سلسله مراتبی سه سطحی مطابق با شکل 3 ارائه گردید. در سطح اول هدف مسئله که عبارت است از انتخاب مناسب ترین نرم افزار برتر نت قرار گرفته است. در سطح دوم و سوم معیارهای اصلی و زیر معیارها بشرح زیر تعیین شده اند.

¹ Durán



شکل 3- مدل مفهومی انتخاب شرکت برتر

1- کاربر پسند:

توضیح شفاف و دقیق مفهوم کاربر پسند بسیار مشکل است. در حقیقت، این معیار با توجه به دیدگاههای مختلف ممکن است متفاوت باشد ولی بطور کلی عبارت است از سهولت استفاده از نرم افزار برای کلیه رده های سازمان اعم از پرسنل تولید و تعمیرات.

2- خدمات:

در صورت پیاده سازی نرم افزار نگهداری و تعمیرات در سازمان کلیه فعالیتهای واحد نت تحت کنترل این سیستم قرار می گیرد و در صورت بروز نقص در نرم افزار فرآیندهای سازمان مختل می گردد. لذا خدمات رسانی توسط فروشنده نرم افزار از اهمیت ویژه ای برخوردار است. به جهت اهمیت این موضوع دو زیر معیار خدمات مشاوره ای و خدمات آموزشی در نظر گرفته شده است.

3- قابلیت های فنی:

امروز سازمانها جهت افزایش بهره وری ناگزیر به استفاده از تکنولوژی های جدید هستند. بدین جهت نرم افزارهای نت باید بتوانند نیاز سازمان را به روش های جدید نگهداری و تعمیرات برآورده کنند. بدین منظور دو زیر معیار فناوریهای جدید (بکارگیری موبایل، تبلت، تجهیزات بی سیم و...) و استراتژیهای جدید (پیاده سازی CBM, RCM و...) در مدل پیش بینی شده است.

4- اعتبار :

شهرت و سابقه کاری تولید کنندگان نرم افزار می تواند تاثیر مستقیمی بر تصمیم گیری مدیران ارشد سازمان داشته باشد. از آنجایی که هم شهرت داخل کشور و هم اعتبار خارج کشور شرکت تولید کننده نرم افزار می تواند معیاری برای سنجش میزان اعتبار شرکتها باشد ، این دو معیار نیز در زیر مجموعه عامل اعتبار قرار داده شده است.

5- دشواری پیاده سازی :

سازمان ها همواره در پی پیاده سازی سیستم هایی هستند که با کمترین سرمایه گذاری و کوتاه ترین زمان قادر باشند به نتایج مطلوب برسند. لذا بدین منظور دو زیر معیار مدت زمان پیاده سازی و هزینه پیاده سازی در مدل این پژوهش در نظر گرفته شده است.

6- انعطاف پذیری :

مدیران ارشد سازمانهای امروزی به جهت تغییرات سریع محیط خارجی به ابزارهایی احتیاج دارند که بتوانند خود را با نیازهای متغیر محیط هماهنگ نمایند بدین منظور معیار انعطاف پذیری به مدل این پژوهش اضافه شده است که نشان دهنده میزان هماهنگی نرم افزار با تغییرات استراتژی سازمان می باشد.

روش شناسی

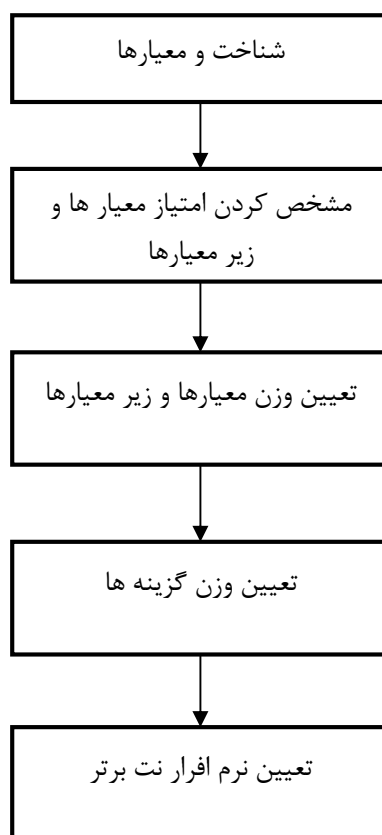
این تحقیق از آنجا که به دنبال طراحی مدلی جهت انتخاب برترین نرم افزار نت در یک سازمان است از نظر هدف ، کاربردی و از نظر ماهیت و روش ، توصیفی موردی است. برای گرد آوری داده ها از تلفیق مطالعه اسنادی و میدانی استفاده شد. مطالعه اسنادی با بهره گیری از داده های موجود و مرتبط با پژوهش و مطالعه میدانی با نظر سنجی از خبرگان حوزه مربوطه به انجام رسید.

جامعه آماری پژوهش چهار نفر از خبرگان حوزه نگهداری و تعمیرات گروه صنعتی انتخاب می باشد. قلمرو زمانی این پژوهش سال 1395 و 1396 در زمان انجام پژوهش می باشد.

در این پژوهش برای شناسایی عوامل موثر بر انتخاب نرم افزار نت از روش کتابخانه ای استفاده شد. در روش کتابخانه ای با مراجعه به کتب و مطالعه مقالات مختلف و مرتبط با موضوع پژوهش کلیه عوامل استخراج شد. در سطح دوم معیارهای اصلی کاربر پسند ، خدمات ، قابلیت های فنی ، اعتبار ، دشواری پیاده سازی ، انعطاف پذیری و در سطح سوم زیر معیارهای مشاوره ای ، آموزشی ، فناوری ، استراتژی ، خارجی ، داخلی ، هزینه و زمان مورد بررسی قرار گرفتند.

با توجه به موضوع و هدفی که این پژوهش دنبال می کند، روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی مناسب ترین روش تجزیه و تحلیل داده ها شناخته شد. با توجه به اینکه روش تحلیل داده ها بر اساس AHP بود ، در ابتدا نرخ ناسازگاری

مقایسات زوجی هر پاسخگو مورد کنترل قرار گرفت و پس از اطمینان از وجود نرخ ناسازگاری قابل قبول (کمتر از 0.1)، نظرات پاسخ دهندگان ترکیب گردید و ماتریس های زوجی استخراج شد. و در نهایت با بکار گیری روش تحلیل توسعه ای وزن گزینه ها مشخص گردد. خلاصه فرآیند پژوهش مطابق شکل 4 می باشد:



شکل 4- فرآیند روش تحقیق

یافته ها

از مدل مفهومی ارائه شده به منظور انتخاب برترین نرم افزار CMMS در شرکتهای گروه صنعتی انتخاب استفاده شد. این سازمان به منظور افزایش بهره وری واحد نگهداری و تعمیرات قصد تعیین برترین نرم افزار نت را داشت.

متغیرهای کلامی

متغیر کلامی متغیری است که بصورت چند لغت یا جمله بیان می شود. زاده (1975) به عنوان مثال کلمات راضی ، نسبتاً خوب ، ناراضی متغیرهای کلامی نامیده می شود. به هر متغیر کلامی می توان یک یا چند مقدار کلامی اختصاص داد که بر گرفته از عددی است که از طریق ساز و کار عضویت بدست می آید. در تحقیق میلر (1956) پنج متغیر کلامی فازی بوسیله اعداد فازی بیان شده است. جدول 1 اعداد فازی متناظر این پنج متغیر کلامی را مشخص کرده است.

جدول 1- عبارتهای کلامی مرتبط با تاثیر گذاری معیارها

(1 و 1 و 1)	خیلی بد
(1 و 3 و 5)	بد
(3 و 5 و 7)	متوسط
(5 و 7 و 9)	خوب
(7 و 9 و 9)	خیلی خوب

در این روش، ابتدا با جمع آوری نظرهای گروه تصمیم گیرنده و تخصیص عدد فازی مثلثی به نظر خبره، با توجه به واژه زبانی انتخاب شده توسط خبره ، معیار مورد نظر را ایجاد می نماییم. داده های اولیه هر معیار در جدول 2 الی 11 به شرح زیر مشخص شده اند:

جدول 2- کاربرپسند

	1	2	3
کاربرپسند	خیلی خوب	متوسط	خیلی بد

جدول 3- خدمات مشاوره ای

	1	2	3
مشاوره ای	خوب	خوب	متوسط

جدول 4- خدمات آموزشی

	1	2	3
آموزشی	متوسط	خیلی خوب	خوب

جدول 5- فناوری جدید

	1	2	3
فناوری جدید	خیلی خوب	خوب	بد

جدول 6- استراتژی جدید

	1	2	3
استراتژی جدید	خوب	متوسط	بد

جدول 7- حضور بین المللی

	1	2	3
بین المللی	3	1	2

جدول 8- سابقه در صنعت

	1	2	3
سابقه در صنعت	10	23	11

جدول 9- هزینه پیاده سازی

	1	2	3
هزینه پیاده ساز (میلیون ریال)	400	700	900

جدول 10- مدت زمان پیاده سازی

	1	2	3
زمان (ماه)	12	6	3

جدول 11- انعطاف پذیری

	1	2	3
انعطاف پذیری	خیلی خوب	متوسط	خیلی بد

با استفاده از داده های جداول فوق ماتریس مقایسات زوجی بین معیارها در جدول شماره 12 و ماتریس های مقایسات زوجی بین گزینه ها در جداول 13 الی 22 مشخص شده اند:

جدول 12- ماتریس مقایسات زوجی معیارهای اصلی

	UF	SE	TE	RE	IM	FL
UF	(1,1,1)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(2,3,4)	(4,5,6)	(4,5,6)
SE	(2,3,4)	(1,1,1)	(1/3,1/2,1)	(1/4,1/3,1/2)	(6,7,8)	(1/5,1/4,1/3)
TE	(2,3,4)	(1,2,3)	(1,1,1)	(1/5,1/4,1/3)	(8,9,9)	(1/4,1/3,1/2)
RE	(1/4,1/3,1/2)	(2,3,4)	(3,4,5)	(1,1,1)	(4,5,6)	(4,5,6)
IM	(1/6,1/5,1/4)	(1/8,1/7,1/6)	(1/9,1/9,1/8)	(1/6,1/5,1/4)	(1,1,1)	(1/4,1/3,1/2)
FL	(1/6,1/5,1/4)	(3,4,5)	(2,3,4)	(1/6,1/5,1/4)	(2,3,4)	(1,1,1)

جدول 13- ماتریس مقایسات گزینه ها نسبت به کاربریسند

کاربریسند	1	2	3
1	(1,1,1)	(7/7,9/5,9/3)	(7/3,9/1,9/1)
2	(3/9,5/9,7/7)	(1,1,1)	(3/3,5/1,7/1)
3	(1/9,1/9,3/7)	(1/7,1/5,3/3)	(1,1,1)

جدول 14- ماتریس مقایسات زوجی گزینه ها نسبت به خدمات مشاوره ای

خدمات مشاوره ای	1	2	3
1	(1,1,1)	(5/9,1,9/5)	(5/7,7/5,9/3)
2	(5/9,1,9/5)	(1,1,1)	(5/7,7/5,9/3)
3	(3/9,5/7,7/5)	(3/9,5/7,7/5)	(1,1,1)

جدول 15- ماتریس مقایسات زوجی گزینه ها نسبت به خدمات آموزشی

خدمات آموزشی	1	2	3
1	(1,1,1)	(3/7,5/9,7/9)	(3/9,5/7,7/5)
2	(1,9/5,9/3)	(1,1,1)	(7/9,9/7,9/5)
3	(5/7,7/5,9/3)	(5/9,7/9,9/7)	(1,1,1)

جدول 16- ماتریس مقایسات زوجی گزینه ها نسبت به فناوری جدید

فناوری جدید	1	2	3
1	(1,1,1)	(7/9,9/7,9/5)	(7/5,9/3,9/1)
2	(5/9,7/9,9/7)	(1,1,1)	(5/5,7/3,9/1)
3	(1/9,3/9,5/9)	(1/9,3/7,5/5)	(1,1,1)

جدول 17- ماتریس مقایسات زوجی گزینه ها نسبت به استراتژیهای جدید

استراتژی جدید	1	2	3
1	(1,1,1)	(5/7,7/5,9/3)	(5/5,7/3,9/1)
2	(3/9,5/7,7/5)	(1,1,1)	(3/5,5/3,7/1)
3	(1/9,3/7,5/5)	(1/7,3/5,5/3)	(1,1,1)

جدول 18- ماتریس مقایسات زوجی گزینه ها نسبت به حضور بین المللی

حضور بین المللی	1	2	3
1	1	3	3/2
2	1/3	1	1/2
3	2/3	2	1

جدول 19- ماتریس مقایسات زوجی گزینه ها نسبت به سابقه در صنعت

سابقه داخلی (سال)	1	2	3
1	1	10/23	10/11
2	23/10	1	23/11
3	11/10	11/23	1

جدول 20- ماتریس مقایسات زوجی گزینه ها نسبت به هزینه پیاده سازی

هزینه پیاده سازی (میلیون تومان)	1	2	3
1	1	7/4	9/4
2	4/7	1	9/7
3	4/9	7/9	1

جدول 21- ماتریس مقایسات زوجی گزینه ها نسبت به مدت زمان پیاده سازی

مدت زمان پیاده سازی (ماه)	1	2	3
1	1	1/2	1/4
2	2	1	1/2
3	4	2	1

جدول 22- ماتریس مقایسات زوجی گزینه ها نسبت به انعطاف پذیری

انعطاف پذیری	1	2	3
1	(1,1,1)	(7/7,9/5,9/3)	(7/3,9/1,9/1)
2	(3/9,5/9,7/7)	(1,1,1)	(3/3,5/1,7/1)
3	(1/9,1/9,3/7)	(1/7,1/5,3/3)	(1,1,1)

نتایج روش تحلیل توسعه ای

مطابق با توضیحات بالا و انجام مراحل پنج گانه روش تحلیل توسعه ای ، درجه بزرگی اعداد فازی از فرمول 2-5 استخراج شده است و بردار وزن ارجحیت توسط فرمول 2-6 محاسبه و خلاصه نتایج در جدول 23 قرار گرفت.

جدول 23- محاسبه وزن نسبی و نهایی گزینه ها

معیارها و وزن آنها		زیر معیارها و وزن آنها		گزینه ها		
معیار	وزن	زیر معیارها	وزن	1	2	3
UF	0.2202	-----	-----	0.505051	0.393939	0.10101
SE	0.1071	خدمات مشاوره ای	0.3068	0.403226	0.403226	0.193548
		خدمات آموزشی	0.6932	0.226891	0.420168	0.352941
TE	0.2351	فناوری جدید	0.0000	0.41841	0.393305	0.188285
		استراتژی جدید	1.0000	0.393701	0.358268	0.248031
RE	0.2976	حضور بین المللی	0.0000	0.5	0.166364	0.333636
		سابقه داخلی	1.0000	0.226964	0.522793	0.250242
IM	0.0000	هزینه پیاده سازی	0.0000	0.496032	0.28373	0.220238
		مدت زمان پیاده سازی	1.0000	0.142857	0.285714	0.571429
FL	0.1399	انعطاف پذیری	-----	0.505051	0.393939	0.10101
وزن نهایی گزینه ها				0.3721	0.4262	0.2017

با توجه به نتیجه بدست آمده از جدول 23، شرکت 2 به عنوان برترین شرکت سازنده نرم افزار CMMS در گروه صنعتی انتخاب در الویت می باشد. رتبه بندی نهایی در جدول 24 خلاصه شده است.

جدول 24- رتبه بندی گزینه ها

گزینه ها	وزن نهایی
2	.4262
1	.3721
3	.2017

نتیجه گیری

در این مقاله چارچوبی مبتنی بر AHP فازی برای انتخاب سیستم مکانیزه نگهداری و تعمیرات ارائه شده است. به منظور رتبه بندی معیارهای نرم افزار در شرایط عدم قطعیت، از اعداد مثلثی فازی در این مدل استفاده شده است. در این مقاله با استفاده از روش تحلیل توسعه ای (EA) وزن گزینه ها مشخص شد. بر اساس مدل ارائه شده از بین سه شرکت تولید کننده نرم افزار نت شرکت شماره دوم انتخاب گردید. این انتخاب از آن جهت قابل استناد است که شرکت شماره دو در زمره سابقه دار ترین شرکتهای متخصص در این حوزه می باشد. شرکت شماره یک که با اختلاف اندکی رتبه دو را به خود اختصاص داده است در زمینه نوآوری و قیمت مناسب امتیاز قابل قبولی کسب کرده است و برای سازمانهایی که بدنبال یک سیستم بروز و مقرون به صرفه ای هستند، پیشنهاد می گردد. شرکت سوم که با اختلاف زیادی در رتبه سوم قرار گرفته است نمی تواند گزینه مناسبی باشد چرا که هزینه زیاد آن به همراه عدم انعطاف پذیری دلایل منطقی برای رد این گزینه می باشد. لذا با توجه به نتایج این مطالعه موردی میتوان از مدل ارائه شده جهت دیگر صنایع استفاده نمود.

در تحقیقات آینده می توان از روشهای دیگر تصمیم گیری فازی مانند حداقل مجذورات لگاریتمی و میخایلوپ برای رتبه بندی سیستم مکانیزه نگهداری و تعمیرات استفاده نمود و یک متدولوژی جدیدی جهت وزن دهی به گزینه ها ایجاد نمود. همچنین می توان به منظور مشخص شدن میزان کارایی و اثر بخشی این روش، مدل ارائه شده را در سازمان های دیگر نیز اجرا نمود.

منابع و مراجع:

- اسحاقیان، رامین، "ارائه الگوی مناسب جهت انتخاب برترین شرکت سازنده CMMS با رویکرد AHP"، اولین کنفرانس مدیریت صنعتی، اردیبهشت 1395
- کریم زادگان، مقدم داوود، "مدل انتخاب سیستم کامپیوتری مدیریت نگهداری و تعمیرات CMMS با رویکرد فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی AHP"، همایش مدیریت تکنولوژی و نوآوری، آذر 1388
- Baluch, N., Abdullah, C. S., & Mohtar, S. (2012). TPM and lean maintenance – A critical review. *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business*, 4, 850–857
- Carnero MC, Novés JL. (2006) 'Selection of computerized maintenance management system by means of multi criteria methods', *Production Planning & Control*, Vol. 17, No.4, pp.335–54.
- Dalkey, N., Helmers, A. (1963) 'Experimental Application of the Delphi Method to the Use of the Experts', *Management Science*, Vol. 9 No. 3, pp. 458-67.
- Durán, O. (2011) 'Computer-aided maintenance management systems selection based on a fuzzy AHP approach', *Advances in Engineering Software*, Vol. 42, No. 10, pp.821–829.
- G.A. Miller, The magical number seven or minus two: some limits on our capacity of processing information, *Psychology* 63 (1956) 81–97.
- Herbaty, F., *Handbook of Maintenance Management*, Noyes Publications, NJ, 1990, p. 306.
- L.A. Zadeh, The concepts of a linguistic variable and its applications to approximate reasoning (I), *Inf. Sci.* 8 (1975) 199–249.
- L.A. Zadeh, The concepts of a linguistic variable and its applications to approximate reasoning (II), *Inf. Sci.* 8 (1975) 301–357.
- O&M Best Practices Guide, Release 3.0, U.S.Department of energy (2010), 4.1, pp.45-47
- R.V.Rao, T.S.Rajesh (2009) 'Software selection in manufacturing industries using a fuzzy multiple criteria Decision making method, promethee', *Intelligent Information Management*, 1, 159-165
- Raouf, A., Zulfigar, A. and Duffuaa, S.O. (1993) 'Evaluating a computerized maintenance management system' *International Journal of Operations & Production Management* Vol. 13, No. 3, pp.38–48.
- S. Chapman, Proceedings of the 55th Annual Meeting of the American Power Conference on Computerization of Maintenance Management Systems, April 1993.

Smith, R. (2004). What is lean maintenance? Elements that need to be in place for success. *Maintenance Technology*, 17, 15–21.

Ying-Ming Wang, Ying Luo, ZhongshengHua (2007) 'On the extent analysis method for fuzzy AHP and its applications', *European Journal of Operational Research*, doi:10.1016/j.ejor.2007.01.050