مجله دانشکده علوم اداری و اقتصاد دانشگاه اصفهان
سال هجدهم، شماره ۳ (پاییز ۱۳۸۵)

ارایه یک متدولوژی با استفاده از QFD و MCDM برای مهندسی ارزش در شرایط عدم اطمینان

محمد رضا گلی* سید رضا حجازی**

تاریخ دریافت مقاله : ۸۵/۸/۸
تاریخ پذیرش مقاله : ۸۵/۱۰/۲۷

چکیده

در مهندسی ارزش با محاسبه شاخص ارزش عملکردهای یک محصول و رتبه‌بندی عملکردها براساس شاخص ارزش آنها، عملکردهای بحرانی شناسایی شده و سپس تصمیمات لازم در مورد افزایش ارزش عملکردهای دارای شاخص ارزش پایین، اتخاذ می‌شود. شاخص ارزش عملکرد از نسبت بهای عملکرد به هزینه عملکرد به دست می‌آید. بها و هزینه عملکردها معمولا به صورت مقادیر دقیق در دسترس نبوده و در برآورد آنها از نظرات ذهنی افراد گروه مهندسی ارزش استفاده می‌شود، در حالی که نظرات ذهنی همواره شامل عدم اطمینان می‌باشد. عدم اطمینان در بهای عملکردها و هزینه عملکردها، باعث عدم اطمینان در شاخص ارزش عملکردها شده که به نوبه خود موجب ایجاد عدم اطمینان در رتبه‌بندی ارزشی عملکردها و تصمیمات و اقدامات اصلاحی می‌شود. گسترش عملکرد کیفیت (QFD) یکی از فنون مدیریت کیفیت است که برای به کارگیری مرحله به مرحله نداهای مشتری به صورت عملیاتی به کار گرفته

---

* دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی اصفهان
** استادیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی اصفهان

می‌شود. خروجی حاصل از فرآیند طراحی به کمک QFD، بسیار نزدیک به نیازها و خواسته‌های مشتریان است و این خود موجب کاهش تغییرات مهندسی می‌شود. در این مقاله متدولوژی استفاده همزمان از دو تکنیک QFD و مهندسی ارزش در حالت عدم قطعیت بررسی می‌گردد. با استفاده از تئوری مجموعه‌های فازی یک روش تصمیم‌گیری گروهی فازی برای بیان عدم اطمینان موجود در مهندسی ارزش، ارایه شده است. شاخص ارزش عملکردها به صورت مجموعه‌های فازی به دست آمده و عملکردها با مقایسه اعداد فازی حاصل، رتبه‌بندی ارزشی می‌شوند. در روشهای متداول مهندسی ارزش، رتبه‌بندی عملکردها فقط بر اساس شاخص ارزش عملکرد، صورت می‌گیرد، حال آنکه معیارهای دیگری از جمله پیچیدگی ساخت، زمان‌بر بودن، هزینه‌بر بودن و ... نیز در رتبه‌بندی عملکردها در حالت عملی، باید در نظر گرفته شوند. در این مقاله از تصمیم‌گیری چند معیاره برای رتبه‌بندی نهایی عملکردها استفاده شده است. در این تحقیق پس از بررسی هشت نیاز مطرح شده از طرف مشتری عملکرد "استحکام بالا" مناسبترین عملکرد برای افزایش ارزش و بهبود تشخیص داده شده است. بمنظور رسیدن به این بهبود جایگزینی نوعی پلاستیک فشرده بجای آلمینیوم در فرآیند ریخته گری قطعات مطرح و مورد پذیرش قرار گرفت و درصد قابل توجهی بهبود بدست آمد.

واژه های کلیدی : مهندسی ارزش، عدم اطمینان، تصمیم گیری گروهی فازی، گسترش عملکرد کیفیت، تصمیم‌گیری چند معیاره.

Faculty of Admin. Sciences & Econ. Journal,
University of Isfahan.
Vol.18, No.3 , 2006

A Methodology Based on QFD and MCDM for Value Engineering Under Uncertainty

M. R. Goli, *
A. Hejazi, **

* M. S C. Student in Industrial Engineering at Isfahan University of Technology
** Assistant Professor of Industrial Engineering at Industrial University of Isfahan

Abstract

Value engineering methodology is based on defining the function of the system and evaluation of the function with the aim of improving the value index of the system. By measuring the value index for the system function, the functions with the low value and the functions with higher potential for improvement can be recognized. Measuring the value index is determined by rate of value of function to cost of function. Value and cost functions are not certain and are estimated by human judgments. The human judgments lack definitiveness. Therefore value engineering lacks definitiveness. Uncertainty in value and cost functions leaks to uncertainty in ranking of value functions and decisions. Quality Function Deployment (QFD) is a comprehensive quality tool specifically aimed at translating customers' voice into operations requirement. The outcome resulting from the QFD design process is much more closely aligned to the needs and desires of the customers, so there are substantially fewer changes needed. In this research, a methodology for using QFD and value engineering under uncertainty condition is proposed. Value functions indexes are obtained by fuzzy sets and value functions ranked by comparing fuzzy number. In additional methods of value engineering, ranking of functions is only mode by value function indexes but many other criteria are important for this ranking, for example complexity of production, cost, time etc. In this paper a method based on multiple criteria decision making is presented for ranking functions.

Keywords: value engineering, uncertainty, group decision making, quality function deployment, multiple criteria decision making.

۱- مقدمه

هر تجهیز دارای اجزایی است که برای هدف یا اهداف خاصی در محصول در نظر گرفته شده‌اند. در مهندسی ارزش[1]، که یک تکنیک مدیریتی قدرتمند برای اصلاح و بهبود سیستمها می‌باشد، به این اهداف در اصطلاح عملکرد[2] می‌گویند. هدف از انجام مهندسی ارزش آن است که علل اصلی فروش محصول یعنی عملکردها، با

1. Value Engineering
2. Function

کمترین هزینه ممکن انجام شوند. کمترین هزینه مورد نیاز جهت انجام شدن عملکرد را "بهای عملکرد" گویند. میزان هزینه صرف شده جهت به وجود آمدن عملکرد در محصول را "هزینه عملکرد" گویند که بخشی از هزینه کل محصول است. در واقع هر عملکرد سهمی در هزینه محصول دارد که به آن هزینه عملکرد گویند. هزینه محصول نیز کل هزینه‌هایی است که در رابطه با مواد، طراحی، فرآیند، بالاسری و هزینه‌های دیگر برای محصول صرف می‌شود. نسبت بهای عملکرد به هزینه عملکرد را شاخص ارزش عملکرد[1] می‌نامند. در مهندسی ارزش با استفاده از یک تصمیم‌گیری گروهی، بهای عملکردها و هزینه عملکردها برآورد شده و با محاسبه شاخص ارزش، عملکردها رتبه‌بندی ارزشی شده و عملکردهایی که شاخص ارزش کوچکی دارند، شناسایی می‌شود و در نهایت تصمیمات لازم جهت انجام اقدامات اصلاحی برای کاهش هزینه این عملکردها اتخاذ می‌شود تا شاخص ارزش آنها افزایش یابد (آیر، ۱۳۸۱).

دو روش متداول برای محاسبه هزینه و بهای عملکرد وجود دارد(آیر، ۱۳۸۱):

۱- ارایه نظرات شخصی اعضای گروه مهندسی ارزش در مورد هزینه و بهای عملکردها به صورت مبالغ پولی.

۲- ارایه نظرات شخصی اعضای گروه مهندسی ارزش در مورد درجه اهمیت نسبی عملکردها و سپس سر شکن کردن هزینه کل محصول بین عملکردها بر اساس درجه اهمیت آنها.

ملاحظه می‌شود که در هر حالت در محاسبه بها و هزینه عملکردها از نظرات ذهنی افراد گروه مهندسی ارزش استفاده می‌شود که مشمول عدم اطمینان می‌باشد. از آنجا که شاخص ارزش عملکرد از بهای عملکرد و هزینه عملکرد محاسبه می‌شود در شاخص ارزش عملکردها، رتبه‌بندی عملکردها، تصمیمات و اقدامات اصلاحی لازم

1. Function Value Index

نیز عدم اطمینان خواهیم داشت. در واقع در آنالیز بها- هزینه- عملکرد که یکی از گامهای اساسی مهندسی ارزش می‌باشد، عدم اطمینان وجود دارد.

QFD یک روش سیستماتیک جهت ترجمه صدای مشتری[1] به الزامات فنی و اصطلاحات کاربردی و نمایش و مستندسازی اطلاعات ترجمه شده و در نهایت به طراحی و تولید محصول مطابق با خواسته‌های مشتری می‌انجامد. فرآیند QFD ابزاری برای استخراج خواسته‌ها و الزامات مشتری و طبقه‌بندی این الزامات است. این طبقه‌بندی به سازمان کمک می‌نماید تا به واسطه یک فرآیند تصمیم‌گیری به الزامات مشتری اولویت توسعه بدهد. این متد، مسیر رشد محصول را به میزان زیادی کوتاه وگام‌های توسعه را تا حد زیادی بهینه می‌سازد. برای سازمان‌ها بسیار مهم است که سرمایه خود را برای کدام جنبه محصول صرف نمایند تا بیشترین بهره‌برداری را از بازار فروش ببرند (رضایی، ۱۳۸۰) و (Lai-Kow, Ming- Lu, 2005).

کنی و ریفا (Keeney & Raiffa, 1976) ، برتری دهی الزامات طراحی را به صورت یک مساله تصمیم گیری چند معیاره مطرح نمودند. در هر مرحله طراحی به دلیل عدم وجود اطلاعات جامع طراحی و یا به خاطر وجود اطلاعات زیاد که عموماً ذهنی می‌باشند، اعضای تیم طراحی برای مقایسه نمودن الزامات طراحی دچار مشکل می گردند، زیرا مقایسه الزامات طراحی با توجه به دانسته های مبهم و نادقیق بسیار مشکل است. روی (Roy, 1977) در طی مقاله‌ای استفاده از خصوصیات فازی را در تفسیر و توضیح این گونه دانسته‌ها پیشنهاد نمود و توانست تا حدودی الزامات طراحی را رتبه بندی کند.

آکائو (Ako & Mizuno, 1994) در طی مقاله خود چنین بیان نمود که صدای مشتری در واقع زبانی و غیرفنی است و می‌بایستی به صورت کمی بسط داده شود یعنی مشخصه های مهندسی[2] معمولاً توسط اعضای تیم طراحی به صورت ذهنی

1. Voice of Customer
2. Engineering Characteristics

یا تجربی تعریف می‌شوند. برآورد اهداف مشخصه های مهندسی بایستی روی قیودی چون رضایت مشتری، هزینه‌های بهبود یافته (محدودیت بودجه)، موقعیت بازار و مشکلات فنی و ... تعیین گردند که رهیافت مرسوم فقط روی رضایتمندی مشتری تمرکز کرده است.

کلوزینگ (Clausing, 1994) بر این نکته اذعان داشت که غالب اطلاعات ورودی به QFD مبهم و نادقیق‌اند واعضای تیم در تفسیر آنها دچار مشکل هستند زیرا افراد تفسیرهای مختلفی را از عبارات و جملات برای خود دارند و اتفاق نظر در این موارد گاهی بسیار مشکل است.

خو و هو (Khoo & Ho, 1996)، برای بررسی روابط بین نیازمندی های مشتریان[1] که به صورت کلامی یا به عبارتی کیفی مطرح است از رهیافت فازی استفاده نمودند. تراپی و همکاران(۱۹۹۸)، از یک الگوریتم طبقه‌بندی شده خصوصیت کیفی، برای نسبت‌های نیازمندی های مشتریان استفاده کردند. ساعتی(Saaty, 1994) استفاده از AHP[2] را برای تعریف اهمیت نسبی نیازمندی های مشتریان پیشنهاد نمود. شیرلند و جس[۱۷] با استفاده از آنالیز خصوصیت تطبیقی، نیازمندی های مشتریان را اولویت‌بندی نمودند و با استفاده از این روش یک مدل برنامه‌ریزی با هدف غیرخطی بدست آمد که اولویت‌دهی را بهتر از AHP گسترش داد و با بیان اهمیت نسبی، لیستی از خصوصیات را برای کاربردهای QFD بیان نمود. در کل نتایج با آنچه که از AHP انتظار می رفت مطابقت داشت. با وجود این به علت محدودیت برنامه‌ریزی با هدف غیرخطی، این روش از سوی غالب محققین روشی مناسب معرفی نشد. زو (Zhou, 1998) ، رهیافتی را پیشنهاد کرد که تئوری مجموعه فازی را با برنامه‌ریزی ریاضی ترکیب می‌نمود. وی تأثیری که مشخصه های مهندسی روی CAها دارند (بسیار منفی و ... و بسیار مثبت) را توسط اعداد فازی مثلثی نشان داد و اهمیت هر

1. Customer Attribute
2. Analytical Hierarchical Process

یک از CAها را بوسیلهٔ یک مقدار حقیقی(کمی) به دست آورد که می توان برای این منظور از روشAHP هم کمک گرفت در ضمن برای اولویت‌بندی مشخصه های مهندسی روشFWA را پیشنهاد نمود. زو روش اولویت‌بندی مشابهی را بر اساس رهیافت منطق فازی ارایه نمود، روش پیشنهادی او به صورت اگر – آنگاه بود. داوسون و آسکین (Dawson & Askin, 1999)، استفاده ازمدل برنامه‌ریزی ریاضی غیرخطی برای تعیین مشخصه های مهندسی بهینه را پیشنهاد کردند.

لبیب و ونگاوس (Labib & Vanegas, 2004) در مقاله خود توجه به اهمیت خواسته های مشتری از نظر شرکت و مشتری را مطرح کرده و با رویکرد فازی یک ضریب اهمیت وزنی فازی را در محاسبات QFD اعمال نمودند. سای و همکارانش (Tsai & Chang, 2003) در مقاله خود یک روش رتبه بندی ترجیحی با QFD فازی را ارایه کرده و تحلیل حساسیت QFD فازی را در یک مطالعه موردی با موضوع برنامه ریزی تولید مطرح نمودند. شیپلی و همکارانش (Shipley et.al, 2004) مدل QFD فازی را بر اساس فرآیند تصمیم گیری با معیارهای چند گانه توسعه داده و خواسته های مشتری را بصورت مقادبر بیانی و در نهایت بصورت مجموعه های فازی بکار گرفته اند. سو و لین (Hsu & Lin, 2006) تکنیک QFD فازی را بصورت دو مرحله ای مطرح نمودند که در مرحله اول با توجه به داده های پرسشنامه ای جمع آوری شده و معیارهای مورد نظر دسته بندی می شوند و در مرحله دوم قضاوت فازی برای وزن دهی به مقادیر جمع آوری شده از طرف مشتری ها مورد استفاده قرار می گیرد.

در این مقاله متدولوژی استفاده همزمان از دو تکنیک QFD و مهندسی ارزش در حالت عدم اطمینان ارایه می‌شود. با تعریف پارامترها و کمیت‌های نادقیق به صورت مجموعه‌های فازی سعی می‌شود عدم اطمینان موجود در مساله به صورت مجموعه های فازی بیان شود. ناگاساوا (Nagasava, 1997) شاخص ارزش

عملکردها را به صورت اعداد فازی به دست آورده و با مقایسه اعداد فازی حاصل اقدام به رتبه‌بندی عملکردها نمود. تاکنون روشی عملی برای به دست آوردن اعداد فازی مثلثی بهای عملکردها، هزینه عملکردها و شاخص ارزش عملکردها ارایه نشده است. در این مقاله با ارایه یک روش تصمیم گیری گروهی فازی[1]، هزینه عملکردها و شاخص ارزش عملکردها به صورت اعداد فازی محاسبه شده وبا مقایسه شاخص ارزش فازی عملکردها، عملکردها رتبه‌بندی می‌شوند.

در روشهای متداول مهندسی ارزش، رتبه‌بندی عملکردها فقط بر اساس شاخص ارزش عملکرد صورت می‌گیرد، حال آنکه معیارهای دیگری از جمله دشواری تکنیکی، زمان‌بر بودن، هزینه‌بر بودن و ... نیز در رتبه‌بندی عملکردها در حالت عملی، باید در نظر گرفته شوند. در این مقاله از تصمیم‌گیری چند معیاره[2] برای رتبه‌بندی نهایی عملکردها استفاده می‌شود.

۲- تعاریف و مفاهیم

۲- ۱- تئوری مجموعه‌های فازی

تئوری مجموعه‌های فازی که برای نخستین بار توسط پرفسور لطفی‌زاده ارایه شده در حل مسایلی که نمی‌توان پارامترها و کمیت‌ها را به طور دقیق تعریف نمود، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مواردی که می‌توان چندین مقدار برای هر پارامتر در نظر گرفت، به طوری که هر مقدار دارای یک میزان لیاقت برای آنکه پارامتر مقدار مربوطه را اخذ کند، می‌توان یک مجموعه زوج‌های مرتب تعریف کرد که عناصر اول زوج‌های مرتب بیانگر مقادیر ممکن برای کمیت مربوطه بوده و عناصر دوم زوج‌های مرتب نشانگر میزان لیاقت مقادیر مربوطه می‌باشند که اعددی بین صفر و یک هستند. به عبارت دیگر می‌توان گفت مجموعه فازی $\tilde{A}$ از تعدادی زوج مرتب تشکیل شده

1. Fuzzy Group Decision Making
2. Multiple Criteria Decision Making (MCDM)

است که جزو اول "عضو" را نشان می‌دهد و جزو دوم "میزان عضویت" آن عضو به مجموعه مورد نظر را می‌رساند. به این نوع مجموعه‌ها، مجموعه‌های فازی گویند.

تعریف۱- فرض کنید X یک مجموعه مرجع دلخواه باشد. مجموعه $\tilde{A}$ که به صورت (۱) تعریف می‌شود را یک مجموعه فازی می‌نامند.

(۱)

$$\tilde{A} = \{(x, \mu(x)) / x \in X , \mu(x) \in [0,1]\}$$

μ را تابع عضویت[1] گویند که هر $x \in X$ را به یک مقدار در بازه $[0,1]$ تصویر می‌کند. $\mu(x)$ را درجه عضویت[2] x در مجموعه $\tilde{A}$ نامند. بسته به اینکه X پیوسته یاگسسته باشد، $\tilde{A}$ نیز پیوسته یا گسسته خواهد بود.

تعریف۲- عدد فازی مثلثی[3] یک مجموعه فازی پیوسته است که تابع عضویت آن به صورت زیر می‌باشد:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & x \le a_1 \\ -((a_2 - x)/(a_2 - a_1)) + 1 & a_1 \le x \le a_2 \\ -((x - a_2)/(a_3 - a_2)) + 1 & a_2 \le x \le a_3 \\ 0 & x \ge a_3 \end{cases}$$

معمولا عدد فازی مثلثی را به صورت سه تایی (a_1و a_2 و a_3) نشان می دهند. هر عدد قطعی مانند m را نیز می‌توان به صورت عدد فازی مثلثی (m,m,m) نشان داد.

تعریف۳- برای دو عدد فازی مثلثی $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ و $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3)$ که دارای مجموعه‌های مرجع مثبت یکسان هستند، چهار عمل اصلی جمع، تفریق، ضرب و تقسیم به ترتیب به صورت (۳)، (۴)، (۵) و(۶) می‌باشد.

1. Membership Function
2. Membership Grade
3. Triangular Fuzzy Number

$$\tilde{A} + \tilde{B} = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3) \quad (۳)$$

$$\tilde{A} - \tilde{B} = (a_1 - b_1, a_2 - b_2, a_3 - b_3) \quad (۴)$$

$$\tilde{A}.\tilde{B} = (a_1 b_1, a_2 b_2, a_3 b_3) \quad (۵)$$

$$\tilde{A} / \tilde{B} = (a_1 / b_3, a_2 / b_2, a_3 / b_1) \quad (۶)$$

برای آشنایی بیشتر با تئوری مجموعه های فازی می توان به [۸،۶،۵] رجوع نمود.

۲- ۲- تصمیم‌گیری گروهی فازی

در تصمیم‌گیری گروهی از میانگین نظرات اعضای گروه استفاده می‌شود. در تصمیم‌گیری گروهی فازی، نظرات اعضای گروه به صورت متغیرهای زبانی یا اعداد فازی می‌باشند. تصمیم‌گیری گروهی فازی در مهندسی ارزش به این صورت بیان می‌شود که برای تعیین هزینه عملکردها ابتدا درجه اهمیت هر عملکرد در ایجاد هزینه کل تولید تجهیز به صورت متغیرهای زبانی[1] از اعضای گروه مهندسی ارزش اخذ شده و با استفاده از یک مقیاس تبدیل، متغیرهای زبانی به اعداد فازی مثلثی تبدیل می‌شود و درجه اهمیت هر عملکرد از نظر هر یک از افراد گروه، به صورت یک عدد فازی مثلثی به دست می‌آید. میانگین درجه‌های اهمیت هر عملکرد به عنوان درجه اهمیت عملکرد مربوطه خواهد بود. بهای هر عملکرد نیز به صورت یک مجموعه فازی مثلثی توسط هر یک از اعضای گروه تعیین شده و میانگین این اعداد فازی مثلثی ارایه شده به عنوان بهای عملکرد خواهد بود. با تقسیم عدد فازی مثلثی بهای عملکرد بر عدد فازی مثلثی هزینه عملکرد؛ عدد فازی مثلثی شاخص ارزش عملکرد به دست می‌آید. با استفاده از روشهای مقایسه اعداد فازی مثلثی می‌توان عملکردها را بر اساس شاخص ارزش فازی آنها رتبه‌بندی کرد.

1. Linguistic Variable

۲- ۳- تصمیم‌گیری چند معیاره

در این نوع تصمیم‌گیری، تصمیم‌گیرنده به جای استفاده از یک معیار سنجش بهینگی، با چند معیار مواجه می‌باشد. این مسایل به طور کلی به دو دسته کلی مدلهای چند هدفه[1] و مدلهای چند شاخصه[2] تقسیم می‌شوند. به طور کلی مدلهای چند هدفه به منظور طراحی به کار گرفته می‌شوند و مدلهای چند شاخصه به منظور انتخاب گزینه برتر استفاده می‌شوند (اصغرپور، ۱۳۸۳) و (Keeney & Raffa, 1974).

۳- مدل پیشنهادی

به کارگیری همزمان فرآیندها و روشهای بهبود در مباحث مدیریت کیفیت و متدولوژی‌های ارزش، تاثیرات بسیار مثبتی در جهت تسهیل، تسریع و کاراتر شدن فرآیند بهبود در سطح سیستم و ارتقا سیستم می‌گذارد.

روش بهینه‌سازی مهندسی ارزش توسط تکنیک QFD، استفاده از روش خانه کیفیت و ترجمه نیازهای واقعی مشتری به مفاهیم مهندسی می‌باشد. از این طریق اعضای گروه مهندسی ارزش قادر خواهند بود در ارزیابی و انتخاب ایده‌ها، دقیقا بر مبنای رضایتمندی مشتری عمل نمایند.

در محاسبه شاخص ارزش، گروه مهندسی ارزش، با استفاده از تصمیم‌گیری گروهی در داخل سازمان، به محاسبه شاخص ارزش می‌پردازند. اما در مدل تلفیقی شاخص ارزش عملا بر اساس نیازها و خواسته‌های اولویت بندی شده مصرف‌کنندگان محاسبه می‌شود. شاخص ارزش در مدل ترکیبی مهندسی ارزش و QFD با استفاده از رابطه نسبت اهمیت عملکرد بر هزینه عملکرد به صورت (۷) محاسبه می‌شود :

$$\text{شاخص ارزش مشتری مدار} = \frac{\text{اهمیت عملکرد}}{\text{هزینه عملکرد}} = \frac{F}{C} \qquad (۷)$$

1. Multiple Objective Decision Making (MODM)
2. Multiple Attribute Decision Making (MADM)

۳- ۱- محاسبه اهمیت عملکردها

برای محاسبه صورت کسر شاخص ارزش مشتری مدار یا همان درجه اهمیت عملکرد، از روش QFD استفاده می‌شود. اولین قدم در به کارگیری روش QFD، شناسایی مشتری و درک خواسته‌ها و نیازمندی‌های اوست. پس از جمع‌آوری خواسته‌های مشتریان، به بررسی و تحلیل خواسته‌های مشتریان پرداخته می‌شود. مرحله بعدی تکمیل خانه کیفیت می‌باشد. هدف از تکمیل خانه کیفیت ترجمه صدای مشتری به مشخصه‌های فنی یا الزامات طراحی می‌باشد.

زمانی که خانه کیفیت تکمیل می‌شود، اطلاعات با ارزش زیر در بدست می آید:

۱- نیازمندیهای مشتریان و اولویت آنها

۲- تجزیه و تحلیل موقعیت سازمان و رقبا

۳- ارتباط بین نیازمندیهای مشتری و مشخصه‌های فنی

تکمیل فاز اول و اطلاعات حاصل از خانه کیفیت برای به دست آوردن درجه اهمیت هر عملکرد کافی می‌باشد. در این مرحله صورت فرمول شماره (۷) محاسبه می‌شود.

۳- ۲- محاسبه هزینه عملکردها

اعضای گروه مهندسی ارزش نظرات خود در مورد درجه اهمیت هر یک از عملکردها را با متغیرهای زبانی؛ کم ، متوسط، زیاد، و غیره بیان می کنند.یک مقیاس هفت سطحی متغیر زبانی برای بیان درجه اهمیت عملکردها و اعداد فازی مثلثی متناظر آنها در جدول ۱ آمده است (Nagasava, 1997)یر زبانی با توجه به نوع مساله قابل افزایش یا کاهش است.

پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۱- متغیرهای زبانی و اعداد فازی متناظر

متغیر های زبانی	اعداد فازی متناظر
Very Low (VL)	(0 , 0 , 0.1)
Low (L)	(0 , 0.1, 0.3)
Medium Low (ML)	(0.1 , 0.3 , 0.5)
Medium (M)	(0.3 , 0.5 , 0.7)
Medium High (MH)	(0.5 , 0.7 , 0.9)
High (H)	(0.7 , 0.9 , 1)
Very High (VH)	(0.9 , 1 , 1)

اگر گروه مهندسی ارزش شامل k نفر بوده و n عملکرد وجود داشته باشد و هزینه تولید محصول به صورت عدد C باشد، می‌توان درجه اهمیت فازی عملکردها را به صورت (۸) محاسبه کرد :

$$\tilde{W}_i = (\sum_{j=1}^{k} \tilde{W}_{ij}) / k \qquad i = 1,2,...,n \qquad (۸)$$

که $\tilde{W}_i$ درجه اهمیت فازی عملکرد i – ام بوده و $\tilde{W}_{ij}$ عدد فازی مثلثی متناظر با نظر فرد j – ام گروه در مورد درجه اهمیت عملکرد i – ام می باشد.

با ضرب اعداد فازی مثلثی $\tilde{W}_i$ و $\tilde{C}$ می توان هزینه فازی هر عملکرد را به صورت (۹) دست آورد.

$$\tilde{C}_i = \tilde{W}_i . \tilde{C} \qquad i = 1,2,...,n \qquad (۹)$$

که $\tilde{C}_i$ هزینه فازی عملکرد i – ام و $\tilde{C}$ هزینه فازی تولید تجهیز می باشد.

پس از تعیین درجه اهمیت هر عملکرد (F) با استفاده از روش QFD و هزینه فازی عملکردها ($\tilde{C}_i$) با استفاده از روش تصمیم‌گیری گروهی فازی، می‌توان شاخص ارزش فازی عملکردها را به صورت (۱۰) محاسبه کرد.

$$\tilde{V}_i = F / \tilde{C}_i \qquad i = 1,2,...,n \qquad (۱۰)$$

که $\tilde{V}_i$ شاخص ارزش فازی عملکرد i – ام می‌باشد.

با مقایسه شاخص ارزش فازی عملکردها می‌توان عملکردها را رتبه‌بندی کرد. به این صورت که هر چه شاخص ارزش فازی عملکردها عدد فازی بزرگتری باشد، رضایت از عملکرد بیشتر می‌باشد. بنابراین باید اعداد فازی $\tilde{V}_i$ با هم مقایسه شوند. برای مقایسه اعداد فازی مثلثی روش‌های مختلفی وجود دارد که یکی از آنها استفاده از ضریب مینکوسکی[1] می‌باشدکه برای عدد فازی مثلثی (a,b,c) به صورت (۱۱) محاسبه می‌شود.

$$MC=(a+4b+c)/6 \qquad (۱۱)$$

هر چه عدد قطعی MC بزرگتر باشد ، عدد فازی مثلثی مربوط به آن بزرگتر خواهد بود.پس از رتبه‌بندی عملکردها، عملکردهای دارای ارزش پایین شناسایی می‌شود. در روشهای متداول مهندسی ارزش پس از رتبه‌بندی عملکردها، عملکردی که دارای پایین‌ترین ارزش می‌باشد، به عنوان نقطه تمرکز در جهت کاهش هزینه مورد بررسی قرار می‌گیرد. حال آنکه برای اجرای این تکنیک، باید معیارهای دیگری از جمله پیچیدگی ساخت، زمان‌بر بودن، هزینه‌بر بودن و ... نیز در رتبه‌بندی عملکردها در نظر گرفته شود. برای در نظر گرفتن تمامی پارامترها و انتخاب مناسبترین گزینه به منظور بهبود، از تکنیک تصمیم‌گیری چند شاخصه استفاده می‌شود.

به طور کلی برای پیاده سازی این مدل باید گام های زیر را اجرای نمود :گام

۱- محاسبه درجه اهمیت عملکرد با استفاده از روش QFDگام

۲- محاسبه هزینه عملکرد با استفاده از روش تصمیم گیری گروهی فازیگام

۳- محاسبه شاخص ارزش مشتری مدارگام

۴- رتبه بندی عملکردها با استفاده از روش مینکوسکیگام

۵- استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره برای رتبه بندی نهایی عملکردها

1. Minkovski Coefficient

٤- مطالعه موردی

سیستم اینترلاکینگ علمیات ورود و خروج، جا به جایی و مانور قطارها را به طور الکترونیکی انجام می‌دهد و قادر است فرمانهای اپراتور، تعویض اتوماتیک خطوط سوزنها، شناسایی مسیرهای انشعابی و اجازه تردد در مسیر تعیین شده را صادر نماید. فرمانهای اینترلاکینگ به وسیله چراغ سیگنال به لکوموتیوران منتقل می‌شود. در سیستمهای حمل و نقل راه آهن و حمل و نقل راه آهن درون شهری (مترو) چراغهای سیگنال مختلف با نماهای گوناگون به کار گرفته شده‌اند که هر کدام به منظور خاصی تعیین گردیده و دارای نماهای متفاوت با مفاهیم مختلفی هستند. چراغهای سیگنال دارای انواع زیر می‌باشد :

- دو نما و سه نما پایه کوتاه – دو نما پایه بلند با نمای اضطراری و بدون نمای اضطراری
- سه نمای پایه بلند با نمای اضطراری و بدون نمای اضطراری
- یک نما، دو نما و سه نمای دیواری – یک نمای D-WELL
- محصولی که جهت مطالعه انتخاب شد، چراغ سیگنال سه نمای پایه کوتاه می‌باشد. دلایل این انتخاب به قرار زیر می‌باشند :

۱- حجم کاری و هزینه زیاد محصول
۲- اجرای ضعیف و ارزش پایین محصول در مقایسه با رقیب
۳- پیچیدگی بالای تولید
۴- عدم رضایت مشتریان و شکایات آنها
۵- رقابت شدید بین تولید کنندگان
۶- استفاده از نظر خبرگان و تایید مدیریت شرکت

اعضای گروه مهندسی ارزش از پنج نفر تشکیل گردید :

– مدیر تولید کارخانه با توجه به توانمندیهای علمی و سوابق کاری به عنوان راهبر پروژه.

– مدیر واحد طراحی مهندسی. – مدیر واحد کنترل کیفیت.
– مدیر واحد تعمیرات و نگهداری. – نگارنده به عنوان مدیر برنامه‌ریزی.

با استفاده از روش QFD به محاسبه صورت نسبت شاخص ارزش مشتری مدار پرداخته شد.

برای تعیین خواسته‌های مشتری از منابع زیر استفاده شد :

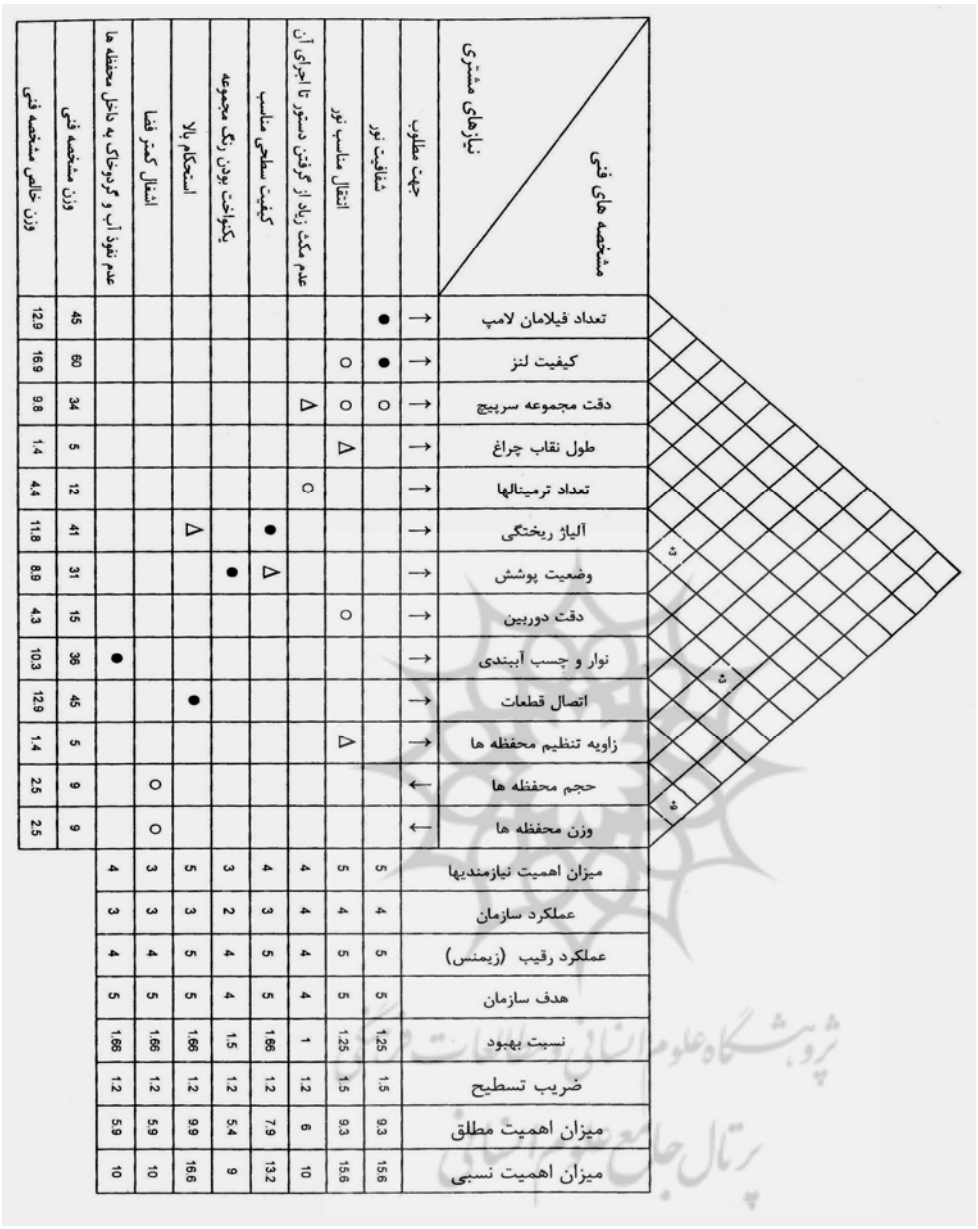
– شکایات ثبت شده از طرف مشتری – نظرسنجی‌های انجام شده
– انجام مصاحبه با کارشناسان مربوطه

پس از تجزیه و تحلیل جوابها توسط گروه، به رسم نمودار ارتباط[1] پرداخته و نیازها طبقه‌بندی شدند. الزامات کیفی مشتریان در سه دسته عمده به شرح خواسته‌های عملکردی، خواسته‌های ظاهری و خواسته‌های تسهیلات جانبی تقسیم‌بندی شدند.

در مرحله بعد معیارهای مشتری به معیارهای تولید کننده ترجمه شدند. در ردیف‌های خانه کیفیت مشخصات فنی محصول که به نحوی با خواسته‌های کیفی مصرف کنندگان مرتبط می‌باشند، درج شد. یکی از سخت‌ترین مراحل تکمیل خانه کیفیت، تعیین ویژگی‌های فنی محصول در ارتباط با مشخصه‌های کیفی مورد نظر می‌باشد. در این مرحله اطلاعات جمع بندی شده به مشخصه‌های فنی مهندسی قابل اندازه گیری تبدیل شدند. شکل ۱ خانه کیفیت محصول چراغ سیگنال سه نما پایه کوتاه را نشان می دهد. پس از تکمیل خانه کیفیت اهمیت هر عملکرد مشخص می‌باشد. در واقع در پایان این مرحله صورت فرمول (۷) به دست می‌آید.

در ادامه به چگونگی محاسبه هزینه هر یک از عملکردهای محصول می‌پردازیم. در این مرحله به منظور تعیین درجه اهمیت هر عملکرد در ایجاد هزینه کل تولید محصول، نظرات ۵ عضو گروه برای ۸ عملکرد مورد نظر در جدول ۲ آمده است.

1. Affinity Diagram



شکل ۱- خانه کیفیت محصول چراغ سیگنال سه نما پایه کوتاه

جدول ۲- درجه اهمیت عملکردبه صورت متغیرهای کیفی

درجه اهمیت عملکردها	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
$\tilde{W}_1$	M	ML	ML	MH	M
$\tilde{W}_2$	L	ML	M	L	ML
$\tilde{W}_3$	L	L	ML	M	M
$\tilde{W}_4$	MH	M	MH	ML	H
$\tilde{W}_5$	L	L	M	VL	VL
$\tilde{W}_6$	MH	H	H	VH	H
$\tilde{W}_7$	H	M	MH	L	ML
$\tilde{W}_8$	H	ML	ML	VL	VL

با رجوع به جدول ۱ می‌توان اعداد فازی متناظر با متغیرهای کیفی درجه اهمیت عملکردها در جدول ۲ را به صورت جدول ۳ نشان داد.

جدول ۳- درجه اهمیت عملکردها به صورت اعداد فازی مثلثی

درجه اهمیت عملکردها	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5
$\tilde{W}_1$	(0.3 , 0.5 , 0.7)	(0.1 , 0.3 , 0.5)	(0.1 , 0.3 , 0.5)	(0.5 , 0.7 , 0.9)	(0.3 , 0.5 , 0.7)
$\tilde{W}_2$	(0 , 0.1 , 0.3)	(0.1 , 0.3 , 0.5)	(0.3 , 0.5 , 0.7)	(0 , 0.1 , 0.3)	(0.1 , 0.3 , 0.5)
$\tilde{W}_3$	(0 , 0.1 , 0.3)	(0 , 0.1 , 0.3)	(0.1 , 0.3 , 0.5)	(0.3 , 0.5 , 0.7)	(0.3 , 0.5 , 0.7)
$\tilde{W}_4$	(0.5 , 0.7 , 0.9)	(0.3 , 0.5 , 0.7)	(0.5 , 0.7 , 0.9)	(0.1 , 0.3 , 0.5)	(0.7 , 0.9 , 1)
$\tilde{W}_5$	(0 , 0.1 , 0.3)	(0 , 0.1 , 0.3)	(0.3 , 0.5 , 0.7)	(0 , 0 , 0.1)	(0 , 0 , 0.1)
$\tilde{W}_6$	(0.5 , 0.7 , 0.9)	(0.7 , 0.9 , 1)	(0.7 , 0.9 , 1)	(0.9 ,1 , 1)	(0.7 , 0.9 , 1)
$\tilde{W}_7$	(0.7 , 0.9 , 1)	(0.3 , 0.5 , 0.7)	(0.5 , 0.7 , 0.9)	(0 , 0.1 , 0.3)	(0.1 , 0.3 , 0.5)
$\tilde{W}_8$	(0.7 , 0.9 , 1)	(0.1 , 0.3 , 0.5)	(0.1 , 0.3 , 0.5)	(0 , 0 , 0.1)	(0 , 0 , 0.1)

با استفاده از فرمول (۸) درجه اهمیت فازی عملکردها محاسبه می‌شود (عدد k برابر تعداد ۵ نفر تصمیم‌گیرنده می‌باشد) :

$\tilde{W}_2 = (0.1,0.26,0.46)$ $\tilde{W}_3 = (0.14,0.30,0.58)$ $\tilde{W}_4 = (0.42,0.62,0.84)$

$\tilde{W}_1 = (0.26,0.46,0.66)$

$\tilde{W}_6 = (0.70,0.88,0.98)$ $\tilde{W}_7 = (0.32,0.50,0.68)$ $\tilde{W}_8 = (0.18,0.30,0.44)$
$\tilde{W}_5 = (0.06,0.14,0.30)$

با استفاده از فرمول (۹) هزینه فازی عملکردها محاسبه می‌شود (مقدار هزینه کل محصول C، برابر ۳۰۰۰ واحد پولی تخمین زده شده است) :

$$\tilde{C}_1 = (0.26 \times 3000, 0.46 \times 3000, 0.66 \times 3000) = (780,1380,1980)$$

$\tilde{C}_3 = (420,900,1740)$ $\tilde{C}_4 = (1260,1860,2520)$ $\tilde{C}_5 = (180,420,900)$
$\tilde{C}_2 = (300,780,1380)$

$\tilde{C}_6 = (2100,2640,2940)$ $\tilde{C}_7 = (960,1500,2040)$ $\tilde{C}_8 = (540,900,1320)$

پس از تعیین درجه اهمیت هر عملکرد (F) با استفاده از روش QFD و هزینه فازی عملکردها ($\tilde{C}_i$) با استفاده از روش تصمیم‌گیری گروهی فازی، می‌توان شاخص ارزش فازی عملکردها ($\tilde{V}_i$) را با استفاده از فرمول (۱۰) محاسبه کرد. لازم به ذکر است که هر عدد قطعی m را می‌توان به صورت عدد فازی مثلثی (m,m,m) نوشت.

$$\tilde{V}_1 = \frac{15.6}{(780,1380,1980)} = \frac{(15.6,15.6,15.6)}{(780,1380,1980)} = (0.0079,0.0113,0.0200)$$

$$\tilde{V}_2 = \frac{15.6}{(300,780,1380)} = \frac{(15.6,15.6,15.6)}{(300,780,1380)} = (0.0113,0.0200,0.0520)$$

$$\tilde{V}_3 = \frac{10}{(420,900,1740)} = \frac{(10,10,10)}{(420,900,1740)} = (0.0057,0.0111,0.0238)$$

$$\tilde{V}_4 = \frac{13.2}{(1260,1860,2520)} = \frac{(13.2,13.2,13.2)}{(1260,1860,2520)} = (0.0052,0.0071,0.0105)$$

$$\tilde{V}_5 = \frac{9}{(180,420,900)} = \frac{(9,9,9)}{(180,420,900)} = (0.0100,0.0214,0.0500)$$

$$\tilde{V}_6 = \frac{16.6}{(2100,2640,2940)} = \frac{(16.6,16.6,16.6)}{(2100,2640,2940)} = (0.0056,0.0063,0.0079)$$

$$\tilde{V}_7 = \frac{10}{(960,1500,2040)} = \frac{(10,10,10)}{(960,1500,2040)} = (0.0049,0.0067,0.0104)$$

$$\tilde{V}_8 = \frac{10}{(540,900,1320)} = \frac{(10,10,10)}{(540,900,1320)} = (0.0076,0.0111,0.0185)$$

در ادامه با استفاده از روش ضریب مینکوسکی به رتبه‌بندی اعداد فازی به دست آمده می‌پردازیم. با استفاده از فرمول (۱۱) داریم :

$$MC_2 = \frac{(0.0113 + 4\times 0.0200 + 0.0520}{6} = 0.0238$$

$$MC_1 = \frac{(0.0079 + 4\times 0.0113 + 0.0200}{6} = 0.0121$$

$$MC_4 = \frac{(0.0052 + 4\times 0.0071 + 0.0105)}{6} = .0074$$

$$MC_3 = \frac{(0.0057 + 4\times 0.0111 + 0.0238)}{6} = 0.0123$$

$$MC_6 = \frac{(0.0056 + 4\times 0.0063 + 0.0079)}{6} = 0.0065$$

$$MC_5 = \frac{(0.0100 + 4\times 0.0214 + 0.0500)}{6} = 0.0243$$

$$MC_8 = \frac{(0.0076 + 4\times 0.0111 + 0.0185)}{6} = 0.0116$$

$$MC_7 = \frac{(0.0049 + 4\times 0.0067 + 0.0104)}{6} = 0.0070$$

که $\tilde{V}_i$ شاخص ارزش فازی عملکرد i - ام می‌باشد. در جدول ۴ خلاصه محاسبات آمده است :

جدول ٤-درجه اهمیت عملکردها به صورت اعداد فازی

شاخص ارزش فازی عملکردها	نیازهای مشتری
0.0121	شفافیت نور
0.0238	انتقال مناسب نور
0.0123	عدم مکث زیاد از گرفتن دستور تا اجرای آن
0.0074	کیفیت سطحی مناسب
0.0243	یکنواخت بودن رنگ مجموعه
0.0065	استحکام بالا
0.0070	اشغال کمتر فضا
0.0116	عدم نفوذ آب و گردوخاک به داخل محفظه‌ها

با مقایسه ضرایب مینکوسکی محاسبه شده در جدول ۴ مشخص می‌شود که عملکردهای "استحکام بالا" ، "اشغال کمتر فضا" و "کیفیت سطحی مناسب" دارای کمترین شاخص ارزش بوده و برای افزایش ارزش و در واقع کاهش هزینه باید در اولویت قرار گیرند.

در ادامه به منظور انتخاب مناسب‌ترین عملکرد از میان عملکردهای موجود (سه عملکرد منتخب) از روش MADM استفاده می‌شود. روشهای MADM انتخابگر بوده و به منظور انتخاب مناسب‌ترین گزینه از میان گزینه‌های موجود به کار می‌روند. در این مدلها، انتخاب یک گزینه از بین گزینه‌های موجود مد نظر است. در یک تعریف کلی، تصمیم‌گیری چند شاخصه به تصمیمات خاصی (از نوع ترجیحی) مانند ارزیابی، اولویت‌گذاری و یا انتخاب از بین گزینه‌های موجود (که گاه باید بین چند شاخص متضاد انجام شود) اطلاق می‌گردد.

در حال حاضر شاخص اقتصادی شاید به عنوان مهم‌ترین شاخص ارزیابی پروژه‌ها در نظر گرفته شود. اما به غیر از شاخص اقتصادی جنبه‌های دیگر نیز باید مورد ارزیابی قرارگیرند. به عنوان مثال پروژه‌ای که سود دهی دارد ولی احتمال موفقیت فنی آن پایین است، ارزشی ندارد و یا پروژه هر چه خوب تعریف شده باشد و سود اقتصادی بالایی برای آن پیش بینی شود، اما سازمان مجری آمادگی به کارگیری نتایج پروژه را نداشته باشد، کل ارزش پروژه از بین می‌رود. پس از بررسی منابع مختلف، شاخص های زیر برای انتخاب نهایی عملکردها، در نظر گرفته شد.

$X_1 =$ دشواری تکنیکی : این شاخص بیان کننده توانایی‌های حال حاضر سازمان جهت اجرای پروژه، امکان پذیری و احتمال موفقیت فنی پروژه عنوان شده است.

$X_2 =$ زمان‌بر بودن : این شاخص مدت زمان لازم برای اجرای پروژه را مورد بررسی قرار خواهد داد و مسلما هر چه این زمان کمتر باشد، پروژه مناسب‌تر خواهد بود.

X_3 = هزینه‌بر بودن : این شاخص بر روی نتایج مالی حاصل از اجرای پروژه و منافع یا مضرات اقتصادی طرح تمرکز می‌نماید.

X_4 = اعتبار ملی : این شاخص شامل مواردی است که بر اقتصاد ملی تاثیر مثبت داشته و استقلال جامعه را تضمین می‌کند. این استقلال در نهایت استقلال سیاسی جامعه و افزایش توان ملی را در پی خواهد داشت.

البته شاخصهای دیگری از قبیل ریسک پذیری سازمان، میزان نوآوری، نسبت هزینه ـ منافع و ... نیز از شاخص‌های تاثیرگذار در انجام این پروژه می‌باشند. اما چهار شاخص در نظر گرفته شده به عنوان تاثیرگذارترین شاخصها در این انتخاب مطرح می‌باشند (اصغرپور، ۱۳۸۳).

در نهایت ماتریس تصمیم به صورت جدول ۵ تشکیل شد :

جدول ۵- جدول ماتریس تصمیم مسأله

شاخص / گزینه	X_1	X_2	X_3	X_4
A_1	زیاد	۲	زیاد	زیاد
A_2	بسیار زیاد	۴	متوسط	زیاد
A_3	متوسط	۳	بسبار زیاد	متوسط

در اولین قدم باید شاخص‌های کیفی را با استفاده از مقیاسهای فاصله‌ای موجود، کمی نمود. ماتریس تصمیم کمی شده به صورت جدول ۶ نوشته می‌شود :

جدول ٦- جدول ماتریس تصمیم کمی شده

شاخص / گزینه	X_1	X_2	X_3	X_4
A_1	3	2	3	7
A_2	1	4	5	7
A_3	5	3	1	5

در ادامه به منظور قابل مقایسه شدن مقیاسهای مختلف اندازه‌گیری (به ازای شاخص‌های گوناگون) باید از بی‌مقیاس کردن استفاده نمود. پس از بی‌مقیاس کردن، مقایسه کلی شاخص‌ها میسر می‌گردد. جدول ۷ ماتریس تصمیم بی مقیاس شده را نشان می دهد :

جدول ۷- ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده

شاخص / گزینه	X_1	X_2	X_3	X_4
A_1	*0.33*	*1*	*0.33*	*1*
A_2	*1*	*0.5*	*0.2*	*1*
A_3	*0.2*	*0.66*	*1*	*0.71*

اکنون با استفاده از روش ماکسی مین[1] به انتخاب مناسبترین گزینه پرداخته می شود. ماکسی‌مین به معنای ماکزیمم کردن حداقل سودآوری ممکن است و معمولا در موقعیتی از تصمیم گیری استفاده می‌شود که تصمیم‌گیرنده محتاط می‌باشد. در این مورد نیز با توجه به دیدگاه مدیریت شرکت که یک دیدگاه کاملا محتاطانه می باشد، از این روش استفاده شده است.

بازای عملکرد "استحکام بالا" = $A_1 \rightarrow \min_j n_{1j} = 0.33$

بازای عملکرد "اشغال کمتر فضا" = $A_2 \rightarrow \min_j n_{2j} = 0.2$

بازای عملکرد "کیفیت سطحی مناسب" = $A_3 \rightarrow \min_j n_{3j} = 0.2$

و در نتیجه :

$$\max_i \{\min_j n_{ij}\} = \max\{0.33, 0.2, 0.2\} = 0.33$$

و این بدین معنی است که عملکرد "استحکام بالا" به عنوان مناسب‌ترین عملکرد برای افزایش ارزش و بهبود است. گروه مهندسی ارزش پیشنهادات زیادی را در خصوص جایگزینی مواد جدید با مواد قبلی و همچنین جایگزینی روشهای جدید

1. Max-min

تولید با روشهای قبلی ارایه نمود. برخی از پیشهادات پذیرفته شد و برخی از پیشنهادات نیز در مرحله بررسی قرار دارد. جدول ۸ راهکارهای بهبود و میزان بهبود را نشان می دهد.

جدول ۸–جدول تغییرات اعمال شده و میزان بهبود در محصول

ردیف	نام قطعه	تغییرات لحاظ شده	میزان بهبود
۱	قطعات ریخته‌گری شده	کنترل درصد متریال تشکیل دهنده آلومینیوم (بهبود زمان ماشینکاری و کاهش ضایعات)	٪۱۲
۲	پین لولای بین در و محفظه	تغییر متریال از استیل به آهن	٪۲
۳	پیچ قفل در	تغییر متریال از استیل به آهن	٪۳
۴	پین اتصال پایه و واسطه تنظیم	تغییر متریال از استیل به آهن	٪۲
۵	بست لنز ۱۳ سانت	تغییر نوع پوشش از رنگ به آبکاری	٪۰/۵

کلیه قطعات ریخته گری شده از آلومینیوم تهیه می گردد. به عنوان ماده جایگزین آلومینیوم، استفاده از نوعی پلاستیک فشرده پیشنهاد شد که مزایای فراوانی از قبیل ارزانتر بودن، مقاوم تر بودن، سبک تر بودن و کاهش قابل ملاحظه فرآیند ماشینکاری را دارا می باشد. این پیشنهاد در مرحله بررسی می باشد و در صورت تایید کارفرما به مرحله اجرا در خواهد آمد.

۵- نتیجه گیری

برای بیان عدم اطمینان در مهندسی ارزش دراین مدل، از تئوری مجموعه‌های فازی استفاده شد و با ارایه یک روش تصمیم‌گیری گروهی فازی؛ هزینه عملکردها و شاخص ارزش عملکردها به صورت اعداد فازی به دست آمد. پس از محاسبه شاخص ارزش و رتبه‌بندی عملکردها بر اساس شاخص ارزش، می‌توان مناسبترین گزینه را برای بهبود انتخاب کرد. اما معیارهای دیگری از جمله دشواری تکنیکی، زمان‌بر بودن، هزینه‌بر بودن و ... نیز در رتبه‌بندی عملکردها در حالت عملی، باید در نظر گرفته شود.

برای در نظر گرفتن تمامی شاخص‌های تاثیرگذار در رتبه بندی شاخص ارزش، از تکنیک تصمیم‌گیری چند شاخصه استفاده شد و مناسبترین گزینه برای بهبود انتخاب شد.

یکی از نکات بسیار مهم در تصمیم‌گیری گروهی، میزان مهم بودن نظر هر یک از اعضای گروه است. در این پژوهش نظرات اعضای گروه از درجه اهمیت یکسانی برخوردار می‌باشد. می‌توان برای هر یک از اعضای گروه مهندسی ارزش با توجه به معیارهایی چون تخصص و تجربه، یک وزن فازی در نظر گرفت.

در این تحقیق درجه اهمیت عملکردها در کل تجهیز در نظر گرفته شده است که می‌توان ابتدا هزینه فازی هر یک از بخش‌های تجهیز را برآورد نمود و سپس درجه اهمیت عملکردهای هر بخش را جداگانه تعیین کرد.

استفاده از قوانین IF-THEN فازی برای مهندسی ارزش نیز یک زمینه بسیار خوب برای ادامه فعالیت در مورد مطالب ارایه شده می باشد. همچنین ازآنجایی که تصمیم‌گیری در مورد پروژه‌های تحقیقاتی یک تصمیم‌گیری گروهی است، لذا یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری که تمام سازمان را در برگیرد می‌تواند فرآیند تصمیم‌گیری را تسهیل کند.

استفاده از سایر روشهای بیان عدم قطعیت مانند فاصله مقادیر ممکن و توزیع احتمال نیز یک زمینه مناسب برای ادامه تحقیقات می باشد.

به کار گیری همزمان سایر روشهای بهبود در مباحث مدیریت کیفیت و متدولوژی‌های ارزش، یکی دیگر از موضوعات مناسب برای ادامه این تحقیق می‌باشد.

در ضمن روشهای دیگر غیر فازی کردن نیز قابل استفاده است ولی چون معیاری برای مقایسه این روشها در مطالعه مورد نظر در دست نبود به روش اشاره شده اکتفا شده است. در صورتی که معیاری برای مقایسه نتایج روشهای مختلف وجود داشته باشد می تواند بعنوان یک موضوع تحقیقی به آن پرداخت.

منابع

۱- آیر، اس (۱۳۸۱). **روش به کارگیری مهندسی ارزش**، چاپ دوم، ترجمه، جبل عاملی، م س، میر محمد صادقی، ع ر، تهران، انتشارات فرات.

۲- رضایی، ک، آشتیانی، ح ر، هوشیار، م (۱۳۸۰). **QFD رویکرد مشتری مدار به طرحریزی و بهبود کیفیت محصول**، آکادمی توف ایران-آلمان.

۳- طاهری، م (۱۳۸۱). **آشنایی با نظری مجموعه‌های فازی**، چاپ سوم، مشهد، انتشارات جهاد دانشگاهی.

۴- اصغرپور، م ج (۱۳۸۳). **تصمیم‌گیری‌های چندگانه**، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تهران.

5- Lai-Kow, C. and Ming-Lu, W. (2005). A systematic approach quality function deployment with a full illustrative example, *Omega*, Vol. 33, Issue 2, PP. 119-139: April.

6- Nagasava, S. (1997). Application of fuzzy theory to value engineering, *Computers and Industrial Engineering*, vol 33, no. 3-4, 565-568.

7- Zimmermann H. S. (1991). *Fuzzy set theory and its applications*, 2ed, Boston, Kluwer Academic Publicities.

8- Von Altrock, C. (1995). *Fuzzy logic and neuro Fuzzy applications explained*. N.J. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 350pp.

9- Hwang, C. L. and Abu, S. M. (1979). *Multiple objective decision making methods and applications*, New York: Springer-Verlag.

10- Keeney, R. L., and Raiffa, H. (1976). *Decision with multiple objectives: preferences and value tradeoffs*, New York.

11- Roy, B. (1994). *"Partial preference analysis and decision aid: The fuzzy outranking relation concept, conflicting objectives in decisions*, New York: Chichester.

12- Khoo, L. P., and H. O, N. C. (1996). Framework of a fuzzy quality function deployment system, International *Journal of Production Research*, No.34, p.p. 299-311.

13- Trappey, C.V., Trappey, A.J.C., and Hwang, S.J. (1996). "A Computerized Quality Function Deployment Approach for Retail Services", *Computers and Industrial Engineering*, No.30, p.p.611-622.

14- Akao, Y., Mizuno, Sh. (1994). *QFD: The costumer driven approach to quality planning and deployment*. Tokyo: Asian productivity organization.

15- Clausing, D. (1994). *Total quality development*. NY: ASME Press.

16- Saaty, T.L. (1994). Fundamentals *of decision making and priority theory with the analytical hierarchy process*. Pittsburgh, USA: RWS Publications.

17- Shirland, L.E., and Jesse, R.R. (1997). Prioritizing customer requirements using goal programming, *ASQC's 51st Annual Quality Congress Proceedings*. pp. 297- 308,.
18- Zhou, M. (1998). Fuzzy logic based models for quality planning and improvement, *ASME Conference: Intelligent Engineering Systems through Articial Neural Networks*, No. 7, p.p. 311-316.
19- Dawson, D. and Askin, R.G. (1999). "Optimal new product design using quality function deployment with empirical value functions", *Quality and Reliability Engineering International*, No.15, p.p.17- 32.
20- Labib, A. W., Vanegas, L. V. (2001). A fuzzy quality function deployment (FQFD) model for deriving optimum targets, *INT. J . PROD. RES*, Vol. 39, No. 1, 99 – 120.
21- Shipley, M. F. de Korvin A. and Yoon J.M. (2004). Fuzzy quality function deployment: Determining the distributions of effort dedicated to technical change, *International Transactions in Operational Research*, Volume 11, Number 3.
22- Hsu T.H., and Lin, L.Z. (2006). QFD with fuzzy and entropy weight for evaluating ret ail customer values, *Total Quality Management and Business Excellence*, Volume 17, Number 7, pp. 935 – 958.
23- Tsai, C.Y., Lo, C. C., and Chang, A. C. (2003). Using fuzzy QFD to enhance manufacturing strategic planning, *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, Vol. 18, No. 3, , pp. 33-41,.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی