« فراسوی مدیریت»
سال پنجم _ شماره ۲۰_ بهار۱۳۹۱
ص ص۳۴- ۷

توسعه مدل ریاضی گسترش عملکرد کیفیت(QFD) با رویکرد فازی

دکتر کمال الدین رحمانی*[۱]
دکتر نادر بهلولی[۲]
بهروز صادق زاده[۳]

چکیده

امروزه انتقال سیستماتیک خواست و نظر مشتریان و تبدیل آنها به اقدام عملی در راستای تغییر یا اصلاح محصول، به واسطه ضرورت کسب موفقیت و مزیت رقابتی، برای شرکت‌ها از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار شده است. در این راه شرکت ها به جستجوی سطوح بالاتری از کیفیت برای محصولات و خدماتشان و نیز بهبود مستمر برای حفظ گام های سریع پیشرفت و تغییر در سراسر جهان پرداخته اند. به همین منظور دراین تحقیق سعی شده است مدلی ریاضی برای گسترش عملکرد کیفیت با رویکرد فازی ارائه گردد که خواسته ها و نیازهای مشتریان را نیز در نظر گیرد. بدین منظور ابتدا با استفاده از روش QFD خواسته ها و ویژگی های فنی مورد نظر شناسایی شده و سپس با بکاربردن روش ANP، خواسته‌ها و همچنین ویژگی‌های فنی وزن‌دهی شده و میزان وابستگی بین خواسته‌ها و ویژگی‌های فنی مشخص گردد. در نهایت مدل برنامه ریزی آرمانی ارائه شده که در بر گیرنده سطوح اهمیت نیازهای فنی با استفاده از روش ANP فازی، محدودیت منابع مالی، میزان امکان پذیری و درجه رقابتی بودن یک نیاز به عنوان محدودیتهای آرمانی برای تعیین آن دسته از نیازهای فنی است که در فاز طراحی محصول باید مد نظر قرار گیرند. و در پایان برای تست مدل ارائه شده، نتایج حاصل از بکارگیری مدل در یک مطالعه موردی برای محصول اکسل شرکت صنعتی تولیدی X نشان داده شده است.

واژه های کلیدی:

گسترش عملکرد کیفیت (QFD)، فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، برنامه‌ریزی آرمانی(ZOGP)، اکسل

---

[۱]– عضو هیأت علمی (استادیار) گروه مدیریت، واحد تبریز ،دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران kr13452000@yahoo.com
[۲]– عضو هیأت علمی (استادیار) گروه مدیریت، واحد بناب،دانشگاه آزاد اسلامی، بناب، ایران
[۳]– کارشناس ارشد مدیریت اجرایی(گرایش تولید عملیات) واحد بناب ،دانشگاه آزاد اسلامی ،بناب،ایران

مقدمه

امروزه تجارت جهانی به دلیل تغییرات سریع تکنولوژی، ازدیاد و تنوع محصولات ، افزایش سریع پیدا نموده است. این امر باعث تاکید بر نقش بهبود مستمر عملکرد به عنوان یک نیاز رقابتی و استراتژیک در بسیاری از سازمانها در سراسر دنیا شده است (نجمی و دیگران،۱۳۸۵،۳).

از طرفی در عصر تجارت جهانی، سازمانها به منظور مجهز شدن به ابزارهای رقابتی به دنبال افزایش رضایت مندی مشتریان خود هستند. از مهمترین راههای آن طراحی محصول/ خدمات مطابق خواست و نیاز مشتری است که اهمیت آن به عنوان یکی از کلیدی ترین راههای جلب و حفظ مشتری، در شرکت های موفق جهانی بر کسی پوشیده نیست(همان منبع، ۶).

اولین و مهمترین گام در جلب رضایت مشتریان، شناخت نیازها و انتظارات مشتریان و پاسخگویی به تغییرات ایجاد شده در بازار می باشد (آذر و نهاوندی،۱۳۸۷،۵). و گسترش عملکرد کیفیت (QFD) یکی از آن دسته تکنیک هایی است که سازمان را از همان مراحل ابتدایی چرخه عمر محصول (کالا یا خدمات)، یعنی فاز طراحی در کسب رضایت مشتری یاری می دهد.

در ضمن این فرآیند، نیازمندی‌های طراحی[1] (DRs) یا نیازمندی‌های فنی[2] (TRs) محصول توسط تیم طراحی در اولین مرحله، طبق اهداف استراتژیک شرکت شناسایی و به‌کار بسته می شوند. QFD یک ابزار برنامه‌ریزی بین بخشی مورد استفاده برای کمک به تیم توسعه محصول است (آذر و نهاوندی،۱۳۸۷،۵).

از دیگر مزایای QFD می‌توان به کاهش هزینه‌ها، کاهش شکایات مشتریان، بهبود ارتباطات بین بخش‌های مختلف و افزایش کار گروهی، افزایش دانش مهندسی، انجام مستندسازی، تعیین مشخصه های بحرانی در کیفیت محصول، شناخت ریسک در مراحل اولیه طراحی و کمک به شناسایی مزیت رقابتی شرکت اشاره کرد (Han & et al,2001, 797).

در این تحقیق هدف آن است که با استفاده از ابزارهای فازی، به ساخت و توسعهٔ مدل در جهت تعیین وضعیت موجود سازمان و تصمیم گیری مدیران برای بهبود این

[1]-Design Requirements
[2]-Technical Requirements

وضعیت پرداخته شود. در بیشتر مواقع فرد تصمیم گیرنده نمی‌تواند گزینه‌های مختلف را با درنظر گرفتن معیار مشخصی، بطور دقیق امتیازدهی کند و بنابراین فرد تصمیم گیرنده می تواند با استفاده از تئوری فازی، این امتیازدهی را بصورت فازی(دقیق و واضح) بیان نماید. در این قسمت، روش اولویت بندی ترجیحات بر اساس مشابهت با حل ایده آل در محیط فازی بیان می شود. قبل از بیان روش فازی- اولویت بندی ترجیحات بر اساس مشابهت با حل ایده‌آل، در ابتدا اصول و قواعد تئوری فازی بیان می‌شوند (Zadeh, L.A., 1965,345).

تحقیق حاضر بدنبال توسعه یک چارچوب تصمیم‌گیری نوین و اثربخش برای گسترش عملکرد کیفیت در قالب یک مدل ریاضی می باشد که با در نظر گرفتن تمامی عوامل اثرگذار بر انتخاب یک نیاز فنی با توجه به نوع سازمان و محصول مورد مطالعه از یک سو و حداقل کردن اثر قضاوت های انسانی از سوی دیگر، آن دسته از نیازهای فنی را که باید در طراحی مورد تأکید تیم طراحی محصول قرار گیرند،تا رضایت مشتری را به حداکثر برساند، مشخص کند.

QFD یک ابزار چند مشخصه ای است که اجزای اصلی یک سازمان و وظیفه پیچیده درک انتظارات مشتریان و در نهایت رضایت مشتری را فراهم می کند (Temponi, 1999, 342).

به طور خلاصه می توان وظیفه QFD را در دو گزاره زیر تعریف کرد:

- تبدیل و ترجمه نیازمندی های مشتریان به مشخصات فنی محصول.
- تعیین فعالیت های کیفیتی متناسب با مشخصات فنی محصول.

از نظر تاریخی، صنایع ژاپنی آغازگر فرموله کردن مفاهیم QFD بوده اند. در سال ۱۹۶۶ اوشیومی[1] در شرکت لاستیک سازی برجستون فرآیند چارت های اطمینان را که در برگیرنده مشخصه‌های اساسی QFD بود، را ارائه کرد و در اواخر دهه ۱۹۶۰ ای شی‌ها را عقیده گسترش مشخصه‌های کیفیت و کاربردهای آن را برای ماتسو شیتا گسترش داد.

1- Oshiomi

به هر حال، آکائو[1]در سال ۱۹۶۹اولین تجزیه و تحلیل کننده این روش و خواستار استفاده از آن در طول مراحل طراحی محصول بود. سپس در سال ۱۹۷۲، آکائو مقاله ای درباره روش های جدید نوشت و آن را « گسترش کیفیت » نامید.

پس از آشنایی بیش از ۸۰ مدیر تضمین کیفیت شرکت های امریکایی توسط آکائو، QFD به آمریکا راه یافت. در سال ۱۹۸۳ اولین مقاله امریکای شمالی در این زمینه انتشار یافت و سال بعد اولین دوره یک روزه QFD در آمریکا برگزار شد.

شرکت فورد[2] در سال ۱۹۸۶ ضمن استفاده از QFD در طراحی قطعات خودرو در زمره اولین پیشگامان استفاده از این ابزار قرار گرفت و از آن تاریخ به بعد استفاده از آن در صنایع ایالات متحده و اروپا، به تدریج به عنوان ابزاری کارآمد و موثر در طراحی محصولات جدید بسط یافت.

از جمله اولین استفاده کنندگان QFD ، شرکت های تویوتا، فورد موتور، پروکتر[3]، تری ام[4] و گمبل[5] بودند.

ANP فازی و بکار گیری آن در QFD

فرایند تحلیل شبکه ای در سال ۱۹۷۱ م . به وسیله ساعتی توسعه داده شد. هدف آن نیز ساختارمند کردن فرایند تصمیم گیری با توجه به یک سناریو متأثر از فاکتورهای چندگانه مستقل از هم بود (Satty,1980). این تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) را به عنوان یک ابزار تصمیم گیری چند معیاره به وسیله جایگزینی" شبکه" به جای" سلسله مراتبی "بهبود می بخشد .در این ساختار سلسله مراتبی بالاترین نقطه هدف مسأله می باشد و سطوح میانی شامل فاکتورهای نمایانگر سطح بالاتر است .آخرین سطح شامل گزینه ها یا فعالیتهایی است که برای رسیدن به هدف باید به آنها توجه کرد (Shim,1989,162).ANP برخلاف AHP امکان مدل سازی در شرایط پیچیده ای مثل وجود روابط دوطرفه یا بازخورد میان سطوح تصمیم را فراهم می کند. در روش AHP ضرایب اهمیت عناصر هر سطح لزوماً بر اساس سطح بالاتر خود مشخص می شود. به عبارت دیگر مطابق اصل همبستگی در AHP عناصر

---

[1]-Akao
[2]-Ford
[3]-Procter
[4]-3-M
[5]-Gamble

هر سطح تنها به عناصر سطح بالاتر وابستگی دارند. بنابراین، در صورتی کـه ایـن اصـل صادق نباشد یعنی میان سطوح تصمیم بازخورد وجود داشته باشد و تعیین ضرایب اهمیت سطح بالاتر به عناصر سطح پایین تر وابسته باشد، دیگر قادر بـه بـه‌کارگیریAHP در قالب و فرم کلاسیک آن نخواهیم بود. و در چنین شرایطی، به دلیل تـوان مـدل سـازی ANP به هنگام وجود روابط پیچیده تر که مستلزم وابستگی میان سطوح تصـمیم اسـت این نارسـایی را حـل خواهـد کـرد(Satty,1996) و دلیـل بـه‌کـارگیری آن در رویکـرد پیشنهادی این تحقیق نیز همین امر می باشد.

تحقیق حاضر سعی دارد برای تکمیل خانه کیفیت محصول (اکسل) بـا اسـتفاده از مفاهیم تئوری مجموعه های فازی و اعداد فـازی مثلثـی در کنـار ابـزار ANP نتـایج را بهبود بخشیده و تا حد ممکن آنها را به واقعیت نزدیک کند.

اعداد فازی مثلثی (TFNs)

یک عدد مثلثی فازی را می توان به صورت(l , m , n)=M در نظر گرفت.
تابع عضویت آن $\mu_M(x): R \to [0,1]$ برابر است با:

$$\mu_M(x) = \begin{cases} 0 & x < l or x > u \\ (x-l)/(m-l), & l \le x \le m \\ (x-u)/(m-u), & m \le x \le u \end{cases}$$

به طوریکه $l \le m \le u$ و l و u نشان دهنده حدود بالا و پائین عدد M می باشند و همچنین m حد واسط M است. در صورتیکه داشته باشـیم l = m = u، M را دیگـر یک عدد غیر فازی می نامیم. عملگرهای اصلی برای دو عدد فازی مثلثیM_1 و M_2 به صورت زیر است (Kaufman and Gupta,1991) :

$$M_1 + M_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$$
$$M_1 \otimes M_2 = (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2)$$
$$\lambda \otimes M_1 = (\lambda l_1, \lambda m_1, \lambda u_1), \lambda > 0, \lambda \in R$$
$$M_1^{-1} \approx (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1)$$

باید توجه داشت که حاصل ضرب دو عدد فازی مثلثی یا معکوس یک عدد فازی مثلثی، دیگر یک عدد فاز ی مثلثی نیست و این روابط فقط تقریبی از حاصل ضرب واقعی دو عدد فازی مثلثی، و معکوس یک عدد فازی مثلثی را بیان می کند.

در این تحقیق فرض شده است تصمیم گیرندگان از مجموعه کلامی زیر برای وزن دهی استفاده کنند (جدول ۱ را ببینید).

جدول۱- مقیاس کلامی مورد استفاده در تحقیق برای سنجش درجه اهمیت نسبی

مقیاس کلامی اهمیت نسبی	مقیاس فازی مثلثی	مقیاس فازی مثلثی طرف مقابل
اهمیت یکسان	(۱/۲,۱,۳/۲)	(۲/۳,۱،۲)
نسبتاً با اهمیت	(۱,۳/۲,۲)	(۱/۲,۲/۳,۱)
با اهمیت	(۳/۲,۲,۵/۲)	(۲/۵,۱/۲,۲/۳)
اهمیت زیاد	(۲,۵/۲,۳)	(۱/۳,۲/۵,۱/۲)
کاملاً با اهمیت	(۵/۲,۳,۷/۲)	(۲/۷,۱/۳,۲/۵)

تصمیم‌گیری گروهی با استفاده از متد تحلیل توسعه ای چانگ و دفازی کـردن اعداد با این روش

همان‌طور که پیش از این گفته شد، برای محاسبه W1 و W2 و W3 و W4 نیاز به انجام مقایسات زوجی با داده های کلامی است. ماتریس‌های نام برده را می توان با استفاده از متدولوژیAHP فازی محاسبه کرد. انواع متعددی از روش های AHP فازی وجود دارد. برای مثال می‌توان به روش‌هایی که توسط چانگ[1] (۱۹۹۲)، بوکلی[2] (۱۹۸۵)، لارهوون[3] و پدریکز[4] (۱۹۸۳) و... ارائه شده است، اشاره کرد(Buckley,1985,240).

[1]-Chang
[2]-Buckley
[3]-Laarhoven
[4]-Pedrycz

اما محاسبات و پیچیدگی مراحل برخی از این روش ها باعث شد که چندان با اقبال مواجه نباشند. برای مثال روش پیشنهادی لارهوون و پدریکز بر اساس روش حداقل مجذورات لگاریتمی بنا شده بود. و در این مطالعه، متد تحلیل توسعه ای چانگ ترجیح داده شده است زیرا مراحل آن آسان تر از سایر رویکردهای AHP فازی است و در ضمن شبیه AHP کلاسیک است. در ادامه مراحل رویکرد تحلیل توسعه‌ای چانگ (EA) با توجه به بهبودهای انجام شده توسط ژو[1] و همکاران (۱۹۹۹) می‌آید (Zhu& et all,1999,452).

فرض کنیم که مجموعه $X=\{x_1, x_2, \ldots, x_n\}$ مجموعه‌ای از گزینه‌ها و $U=\{u_1, u_2, \ldots, u_n\}$ یک مجموعه هدف باشند. طبق متد چانگ با انتخاب هر گزینه کل متد برای هر g_i اجرا می شود. بنابراین به تعداد m ارزش تحلیلی توسعه یافته برای هر گزینه به‌دست می آید که با علائم زیر نشان داده می شود:

$$M^1_{gi}, M^2_{gi}, \ldots, M^m_{gi} \quad , \quad i = 1,2,\ldots,n$$

در حالیکه همه M^j_{gi}ها $(j = 1,2,\ldots,m)$ اعداد فازی مثلثی هستند.در روش EA برای هریک از سطرهای ماتریس مقایسات زوجی،ارزش S_i که خود یک عدد مثلثی فازی است، به صورت زیر به‌دست می آید:

$$S_k = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \otimes \left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \right]^{-1}$$

که در آن k بیان گر شماره سطر و i, j به ترتیب نشان دهنده گزینه ها و شاخص ها می باشند.

برای محاسبه $\sum_{j=i}^{m} M_{gi}^{j}$ عملیات زیر صورت می گیرد:

$$\sum_{j=i}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{j=i}^{m} l_j, \sum_{j=i}^{m} m_j, \sum_{j=i}^{m} u_j \right)$$

و برای به دست آوردن $\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1}$ عمل زیر انجام می شود:

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

[1]-Zhu

سپس معکوس بردار در معادله قبلی به‌دست می آید:

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

در این روش پس از محاسبه S_k ها باید، درجهٔ بزرگی آنها را نسبت به هم به‌دست آورد. به‌طور کلی اگر M_1 و M_2 دو عدد فازی مثلثی باشند، درجه بزرگی M_1 و M_2 به صورت زیر تعریف می شود:

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup\left[\min(\mu_{M1}(x), \mu_{M2}(x)\right]$$

که به‌طور کاملاً برابری داریم:

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d)$$

$$= \begin{cases} 1, & if\ m_2 \geq m_1 \\ 0, & if\ l_1 \geq u_2 \\ \dfrac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & otherwise \end{cases}$$

d عرض بالاترین نقطه تقاطع میان μ_{M1} و μ_{M2} است. برای مقایسه M_1 و M_2 ، نیازمند مقادیر $V(M_1 \geq M_2)$ و $V(M_2 \geq M_1)$ هستیم.

میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از k عدد فازی مثلثی دیگر نیز از رابطه زیر به‌دست می آید:

$$V(M \geq M_1, M_2, \ldots, M_k) = V[(M \geq M_1) and (M \geq M_2) and \ldots and (M \geq M_k)]$$

$$i = 1,2,3,\ldots,k. \qquad = \min V(M \geq M_i),$$

برای محاسبه وزن شاخص ها در ماتریس مقایسات زوجی داریم:

$$k = 1,2,\ldots,n; k \neq i \quad d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$$

بنابراین بردار وزن شاخص ها به صورت زیر خواهد بود:

$$W' = \left(d'(A_1), d'(A_2), \ldots, d'(A_n)\right)^T$$

که A_i شامل n عنصر و i=1,2,…,n می باشد.
با استفاده از نرمال سازی، بردارهای وزنی نرمال شده به صورت زیر به‌دست می آید:

$$W = \left(d(A_1), d(A_2), ..., d(A_n) \right)^T$$

که W یک عدد غیر فازی است.

الگوریتم تصمیم

الگوریتم تصمیم مسئله در این تحقیق، انتخاب میان نیازمندی‌های فنی محصول (TRs) و نیازهای طراحی (DRs) با تمرکز بر فرایند طراحی و اهداف از پیش تعیین شده می باشد. در یک نگاه کلی، الگوریتم پیشنهادی به دو قسمت کلی قابل تقسیم است. در مرحله اول با استفاده از رویکرد ANP فازی[1]، خانه کیفیت به‌دست آمده برای محصول (اکسل) تکمیل شده و سپس در مرحله دوم، نتایج حاصل از مراحل اول با یک مدل برنامه ریزی آرمانی صفر و یک[2] (ZOGP)، برای تعیین آن دسته از نیازمندی‌های فنی که تیم طراحی در کلیه مراحل طراحی باید بر آنها تمرکز کند، تلفیق می شود. ابزار قدرتمندANP با رویکرد فازی، که امکان مدل سازی روابط درونی خانه کیفیت محصول را داده و برای به ظهور رساندن صدای مشتری در خانه کیفیت به‌کار گرفته شده است، به عنوان یکی از اهداف اصلی چارچوب تصمیم مسئله تحقیق حاضر قلمداد می شود. از طرفی لازم است که دیگر اهداف و پارامترهای طراحی (اهداف و پارامترهای نوع دوم[3]) از جمله محدودیت منابع، امکان‌پذیری تکنولوژیکی یک نیاز فنی، میزان توسعه پذیری یک نیاز فنی و درجه رقابتی بودن یک نیاز فنی، را نیز مد نظر قرار داد. هزینه پولی هر واحد با توجه به نیارهای فنی تعیین می شود و اولویت های این نیازها نیز با توجه به اهداف مذکور، از طریق مقایسات زوجی و با استفاده از اعداد فازی مثلثی (TFNs)به دست می آید، که در آن، اولویت های تقریبی نیازهای فنی با در نظر گرفتن این اهداف و برای تخصیص به روابط درونی خانه کیفیت محاسبه می شوند. تعیین اوزان اهمیت نسبی هر یک از این اهداف نیز لازم می باشد. در ادامه کار خواهیم دید که اوزان مربوط به اهداف ذکر شده برای طراحی به علاوه اوزان مربوط به روابط درونی خانه کیفیت

[1]-Fuzzy-ANP
[2]-Zero-One Goal Programming
[3]-Second Type Metrics

نهایتاً محدودیت های سیستمی مدل آرمانی برنامه‌ریزی محصول (اکسل) را تشکیل می دهند. در انتها، تمامی داده های محاسباتی حاصل برای فرموله کردن مدل آرمانی صفر و یک به منظور تعیین آن دسته از نیازهای فنی که باید در فرایند طراحی مورد توجه تیم طراحی قرار گیرد، در هم ادغام می شوند. مراحل سیزده گانه الگوریتم تصمیم مسئله تحقیق بصورت زیر خلاصه شده است:

گام ۱: شناسایی نیازهای مشتری و نیازهای فنی مؤثر بر آنها و تعیین روابط درونی خانه کیفیت.

گام ۲: تعیین درجات اهمیت نسبی نیازهای مشتری با استفاده از داده های کلامی، با فرض اینکه وابستگی میان آنها وجود ندارد: محاسبه w_1.

گام ۳ : تعیین درجات اهمیت نیازهای فنی با توجه به هر نیاز مشتری و با استفاده از داده‌های کلامی با فرض اینکه هیچ‌گونه وابستگی میان آنها وجود ندارد: محاسبه W_2.

گام ۴ : تعیین ماتریس وابستگی داخلی نیازهای مشتری با استفاده از داده های کلامی و نمایش شماتیک وابستگی داخلی میان نیازها : محاسبه W_3.

گام ۵ : تعیین ماتریس وابستگی داخلی نیازهای فنی با استفاده از داده های کلامی و نمایش شماتیک وابستگی داخلی میان نیازها: محاسبه W_4.

گام ۶: تعیین اولویت نیازهای مشتری: محاسبه $w_C = W_3 \times w_1$.

گام ۷: تعیین اولویت نیازهای فنی: محاسبه $W_A = W_4 \times W_2$.

گام ۸: تعیین اولویت کلی نیازهای فنی: محاسبه $w^{ANP} = W_A \times w_C$.

گام ۹: شناسایی واحدهای اندازه گیری و محدودیت های منابع.

گام ۱۰: تعیین نرخ های ترجیح نیازهای فنی محصول با توجه به سایر اهداف طراحی (که در اینجا اهداف نوع دوم خوانده می شوند) با استفاده از مقایسات زوجی.

گام ۱۱: تعدیل واحدهای اندازه گیری با توجه به محدودیت منابع و تعدیل اولویت نیازهای فنی با توجه به اهداف نوع دوم.

گام ۱۲: محاسبه اوزان نسبی اهداف با استفاده از مقایسات زوجی.

گام ۱۳: فرموله کردن و حل مدل صفر و یک آرمانی برای تعیین مجموعه نیازهای فنی محصول که باید در فاز طراحی مد نظر قرار گیرند.

فرم عمومی مدل آرمانی استفاده شده بصورت زیر است که برگرفته از مدل ارائه شده بوسیله گایر و لئونگ در سال ۲۰۰۱ م. و کارساک و همکاران در سال ۲۰۰۲ م. است (karsak & et al, 2002, 180):

$$\min \omega_1^{ANP}(d_1^-) + \sum_{i=2}^{s} \omega_i \left(\frac{d_i^-}{R_i} + \frac{d_i^+}{R_i} \right) + \sum_{i=s+1}^{m} \omega_i (d_i^-)$$

s.t.

$$\sum_{j=1}^{n} w_j^{ANP} x_j + d_1^- - d_1^+ = 1$$

$$\sum_{j=1}^{n} r_{ij} x_j + d_i^- - d_i^+ = R_i, \quad i = 2, \ldots, s$$

$$\sum_{j=1}^{n} w_{ij} x_j + d_i^- - d_i^+ = 1, \quad i = s+1, \ldots, m$$

$$x_j \in \{0, 1\}, \quad j = 1, \ldots, n \qquad d_i^-, d_i^+ \geq 0, \quad i = 1, \ldots, m$$

در این مدل W_i $(i=1,2,\ldots m)$ اوزان اهداف، d_i^+ و d_i^- به ترتیب انحرافات مثبت و منفی از i امین هدف است، x_j متغییر صفر و یک که jامین نیاز فنی را برای $j=1,2,\ldots,n$ نشان می دهد، W_j^{ANP} اولویت داخلی jامین نیاز فنی را برای $j=1,2,\ldots,n$ نشان می دهد، r_{ij} مقدار i امین منبع مورد استفاده توسط j امین نیاز فنی برای $i=2,3,\ldots,m$ و $j=1,2,\ldots,n$ را نشان می دهد. و W_{ij} نرخ ترجیح jامین نیاز فنی برای $i=s+1,\ldots,m$ و $j=1,2,\ldots,n$ با توجه به ماتریس i است.

پیاده سازی الگوریتم تصمیم و نتایج آن

گام اول) شناسایی خواسته‌های مشتری و نیازهای فنی مربوط به آنها و تعیین روابط میان آنها

این خواسته‌ها پس از بررسی و تجزیه و تحلیل پرسشنامه های تکمیل شده مشتریان و مصاحبه صورت گرفته با آنها توسط واحد امور مشتریان و بازاریابی (ارائه خواسته های مشتری توسط یک نامه) و با تعدیل و اصلاح جملات توسط تیم QFD استخراج شده است.

جدول۲ – خواسته‌های مشتری اکسل

CN_1	عملکرد بالا در مدت طولانی کارکرد
CN_2	عدم لهیدگی قطعات
CN_3	حذف صدای اکسل در موقع کارکرد
CN_4	قیمت پایین
CN_5	تحویل به موقع

با توافق اعضای تیم بر نیازهای مشتری و نهایی شدن آنها، نوبت به تعیین نیازهای فنی می رسد که بیشترین تأثیر را بر آنها دارند. در ادبیات QFD این گونه بیان می شود که به منظور کنترل نیازهای فنی در مرحله طراحی باید تمامی نیازها قابل سنجش باشند.

جدول۳- نیازهای فنی اکسل

TR_1	رعایت تلرانسهای ابعادی و هندسی در ساخت و مونتاژ قطعات
TR_2	استفاده از مواد مناسب
TR_3	اعمال گشتاور مناسب جهت بستن پیچها
TR_4	هزینه ساخت و مواد
TR_5	زمان ساخت و مونتاژ قطعات
TR_6	میزان انحراف نتایج ظرفیت سنجی از تولید واقعی
TR_7	ارائه برنامه تولید و تامین کنندگان در زمان مقرر

در انتهای این قسمت روابط موجود در داخل خانهٔ کیفیت و همچنین روابط میان خواسته‌های مشتری و روابط داخلی میان نیازهای فنی با بحث و مصاحبه با کارشناسان تیم QFD به‌دست آمده است.

گام دوم) تعیین اهمیت نسبی خواسته‌های مشتری با استفاده از داده های کلامی

در این گام با فرض اینکه هیچ‌گونه وابستگی میان خواسته‌های مشتری وجود ندارد، برای به‌دست آوردن اهمیت نسبی هر یک از خواسته‌های مشتری از اعضای تیم QFD خواسته شد با به‌کارگیری مقیاس کلامی و اعداد فازی مثلثی متناظر ارائه شده در جدول۴ و با توجه به هدف دستیابی به بهترین طراحی برای اکسل خودرو به مقایسه زوجی خواسته‌های مشتری بپردازند.

$$W_1 = \begin{pmatrix} CN_1 \\ CN_2 \\ CN_3 \\ CN_4 \\ CN_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.502 \\ 0.289 \\ 0.413 \\ 0.000 \\ 0.000 \end{pmatrix}$$

بردار W_1 درجه اهمیت نسبی خواسته‌های مشتری را نشان می دهد و این بردار حاصل اجرای متد تحلیل توسعه ای روی جدول ۴ می باشد.

جدول ٤- ماتریس تعیین درجه اهمیت نسبی خواسته های مشتری w_1

w_j	CN_5	CN_4	CN_3	CN_2	CN_1	خواسته‌های مشتری
0.502	(5/2,3,7/2)	(2,5/2,3)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	CN_1
0.289	(2,5/2,3)	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	CN_2
0.207	(2,5/2,3)	(2,5/2,3)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	CN_3
0.000	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(1/3,2/5,1/2)	(2/5,1/2,2/3)	(1/3,2/5,1/2)	CN_4
0.000	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(1/3,2/5,1/2)	(1/3,2/5,1/2)	(2/7,1/3,2/5)	CN_5

گام سوم) تعیین درجات اهمیت نسبی نیازهای فنی با استفاده از مقیاس کلامی

جداول ۵ تا ۹ نتایج انجام این مقایسات زوجی را برای هر خواسته مشتری پس از ادغام پاسخ های کلیه کارشناسان نشان می دهد. همانند گام قبلی برای به‌دست آوردن بردار ویژه اهمیت در هر جدول از متد تحلیل توسعه ای استفاده شده است.

جدول۵- سنجش درجه اهمیت نسبی «CN_1» در مقایسه با نیازهای فنی مربوطه

W_j	TR_3	TR_2	TR_1	CN_1
0.464	(3/2,2,5/2)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	TR_1
0.535	(2,5/2,3)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	TR_2
0.000	(1,1,1)	(1/3,2/5,1/2)	(2/5,1/2,2/3)	TR_3

جدول٦- سنجش درجه اهمیت نسبی «CN_2» در مقایسه با نیازهای فنی مربوطه

W_j	TR_2	TR_1	CN_2
1	(2,5/2,3)	(1,1,1)	TR_1
0	(1,1,1)	(1/3,2/5,1/2)	TR_2

جدول۷- سنجش درجه اهمیت نسبی « CN_3» در مقایسه با نیازهای فنی مربوطه

W_j	TR_2	TR_3	CN_3
0.686	(1,3/2,2)	(1,1,1)	TR_3
0.313	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	TR_2

جدول۸- سنجش درجه اهمیت نسبی «CN_4» در مقایسه با نیازهای فنی مربوطه

W_j	TR_5	TR_4	CN_4
1	(2,5/2,3)	(1,1,1)	TR_4
0	(1,1,1)	(1/3,2/5,1/2)	TR_5

جدول۹ – سنجش درجه اهمیت نسبی « CN_5» در مقایسه با نیازهای فنی مربوطه

W_j	TR_7	TR_6	CN_5
0.5	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	TR_6
0.5	(1,1,1)	(2/3,1,2)	TR_7

با قراردادن بردارهای حاصل از هر جدول(w_j ها) ماتریس W_2 تشکیل می شود که این ماتریس نشان دهندهٔ اوزان اهمیت نسبی مشخصه‌های فنی با توجه به هر یک از خواسته‌های مشتری است. جدول ۱۰ این نتایج را به‌طور خلاصه نشان می دهد. توجه شود که ترانهاده این ماتریس بدنه خانهٔ کیفیت را در بر می گیرد.

جدول۱۰- بردارهای ویژه ستونی با توجه به هر خواسته مشتری(W_2)

CN_5	CN_4	CN_3	CN_2	CN_1	W_2
0	0	0	1	0.464	TR_1
0	0	0.313	0	0.535	TR_2
0	0	0.686	0	0	TR_3
0	1	0	0	0	TR_4
0	0	0	0	0	TR_5
0.5	0	0	0	0	TR_6
0.5	0	0	0	0	TR_7

گام چهارم) تعیین ماتریس همبستگی داخلی خواسته‌های مشتری

ماتریس همبستگی داخلی میان خواسته‌های مشتری، توسط آنالیز اثر هر خواسته روی سایر خواسته‌های مشتری و مقایسات زوجی این خواسته‌ها به‌دست خواهد آمد. در اینجا کیفیت روابط درونی خواسته‌های مشتری و جهت این روابط با استفاده از نظرات کارشناسان تیم QFD به‌دست آمده است.

نتایج حاصل از مقایسات زوجی انجام شده توسط کارشناسان و ادغام آنها، در جداول ۱۱ تا ۱۳ خلاصه شده است. این بردارهای ویژه در نهایت ماتریس W_3 را تشکیل داده اند که در جدول ۱۴ نشان داده شده است.

جدول ۱۱- ماتریس همبستگی داخلی خواسته‌های مشتری با توجه به« CN_2 »

W_j	CN_2	CN_3	CN_1	CN_2
0.753	(2,5/2,3)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	CN_1
0.089	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	CN_3
0.157	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(1/3,2/5,1/2)	CN_2

جدول ۱۲- ماتریس همبستگی داخلی خواسته‌های مشتری با توجه به «CN_3 »

W_j	CN_3	CN_1	CN_3
1	(2,5/2,3)	(1,1,1)	CN_1
0	(1,1,1)	(1/3,2/5,1/2)	CN_3

جدول ۱۳- ماتریس همبستگی داخلی خواسته‌های مشتری با توجه به «CN_4 »

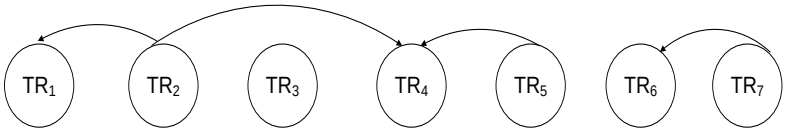
W_j	CN_4	CN_1	CN_4
1	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	CN_1
0	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	CN_4

جدول ١٤- ماتریس همبستگی داخلی خواسته‌های مشتری(W_3)

CN5	CN4	CN3	CN2	CN1	W_3
0	1	1	0.753	1	CN1
0	0	0	0.157	0	CN2
0	0	1	0.089	0	CN3
0	0	0	0	0	CN4
0	0	0	0	0	CN5

گام پنجم) تعیین ماتریس همبستگی داخلی نیازهای فنی

همچون گام پیش در این گام نیز ابتدا با جمع‌آوری نظرات اعضای تیم QFD روابط داخلی نیازهای طراحی مشخص شده که در شکل ۱ به صورت شماتیک نشان داده شده است .



شکل ۱- نمای شماتیک روابط داخلی نیازهای فنی

نتایج حاصل از مقایسات زوجی با مقیاس کلامی و اعداد فازی مثلثی مورد استفاده در این تحقیق به منظور تعیین اوزان اهمیت نسبی نیازهای طراحی(فنی) با توجه به روابط درونی حاکم بر آنها، در جداول ۱۵ تا ۱۷ خلاصه شده است و بردار وزنی هر ماتریس نیز همچون مراحل قبل توسط متد تحلیل توسعه ای چانگ به‌دست آمده است. جدول ۱۸ نیز اوزان حاصل از روابط درونی با توجه به هر نیاز را نشان می دهد که همان W_4 می باشد.

جدول۱۵- ماتریس همبستگی داخلی نیازهای فنی با توجه به «TR_1»

W_j	TR_1	TR_2	TR_1
0.5	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	TR_2
0.5	(1,1,1)	(2/3,1,2)	TR_1

جدول۱٦- ماتریس همبستگی داخلی نیازهای فنی با توجه به « TR_4 »

W_j	TR_4	TR_5	TR_2	TR_4
0.437	(1/2,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	TR_2
0.316	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	TR_5
0.246	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(2/3,1,2)	TR_4

جدول۱۷- ماتریس همبستگی داخلی نیازهای فنی با توجه به « TR_6»

W_j	TR_6	TR_7	TR_6
0.686	(1,3/2,2)	(1,1,1)	TR_7
0.313	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	TR_6

جدول۱۸- ماتریس همبستگی داخلی نیازهای فنی (W_4)

TR_7	TR_6	TR_5	TR_4	TR_3	TR_2	TR_1	W_4
0	0	0	0	0	0	0.5	TR_1
0	0	0	0.437	0	1	0.5	TR_2
0	0	0	0	1	0	0	TR_3
0	0	0	0.246	0	0	0	TR_4
0	0	1	0.316	0	0	0	TR_5
0	0.313	0	0	0	0	0	TR_6
0	0.686	0	0	0	0	0	TR_7

گام ششم) تعیین اولویت های وابستگی متقابل خواسته‌های مشتری

$$W_c = W_3 \times W_1 = \begin{pmatrix} CN_1 \\ CN_2 \\ CN_3 \\ CN_4 \\ CN_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.922 \\ 0.044 \\ 0.232 \\ 0.000 \\ 0.000 \end{pmatrix}$$

گام هفتم) تعیین اولویت های وابستگی متقابل نیازهای فنی

$$W_A = W_4 \times W_2 = \begin{pmatrix} 0.232 & 0.500 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.767 & 0.500 & 0.000 & 0.437 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.246 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.316 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 & 0.000 \end{pmatrix}$$

گام هشتم) تعیین اولویت های کلی نیازهای فنی

$$\omega^{ANP} = W_A \times W_C = \begin{pmatrix} TR_1 \\ TR_2 \\ TR_3 \\ TR_4 \\ TR_5 \\ TR_6 \\ TR_7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.235 \\ 0.729 \\ 0.000 \\ 0.000 \\ 0.000 \\ 0.000 \\ 0.000 \end{pmatrix}$$

تحلیل نتایج رویکرد ANP فازی نشان می دهد که مهم‌ترین نیاز فنی «TR_2» با درجه اهمیت 0.729 می باشد. پس از آن «TR_1» با درجه اهمیت 0.235 در درجه دوم قرار دارد.

گام نهم) شناسایی معیارها و محدود یت های مرتبط با منابع مالی

با نظر کارشناسان تیم QFD، محدودیت بودجه، به عنوان تنها محدودیت منبع در ساخت اکسل خودرو شناسایی شد. از این رو هزینه لازم برای ساخت یک واحد از اکسل ۱۲۲۰هزار ریال تعیین شد، که این رقم از حاصل جمع هزینه تک تک نیازهای طراحی به‌دست آمده است. ماتریس b این هزینه ها را نشان می‌دهد و بودجه در دسترس و مطلوب شرکت برای طراحی ۱۱۰۰ هزار ریال می باشد.

$$b = \begin{pmatrix} TR_1 \\ \mathbf{TR}_2 \\ TR_3 \\ TR_4 \\ TR_5 \\ TR_6 \\ TR_7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 150 \\ 400 \\ 50 \\ 500 \\ 100 \\ 10 \\ 10 \end{pmatrix}$$

گام دهم) تعیین نرخ ترجیح نیازهای طراحی با توجه به اهداف نوع دوم

امکان‌پذیری تکنولوژیکی[1] (T)، و رقابتی بودن (C) یک نیاز با بررسی نظرات کارشناسان و توافق اعضای تیم QFD به عنوان پارامترهای نوع دوم قابل ملاحظه در تعیین مجموعه اهداف طراحی اکسل خودرو انتخاب شدند.

[1]-Technological feasibility

اطلاعات حاصل از انجام مقایسات زوجی براساس هر کدام از این پارامترها پس از ادغام در جداول ۲۰ تا ۲۱ خلاصه شده است.

جدول۲۰- ماتریس تعیین درجه اهمیت نسبی نیازهای فنی از نظر امکان‌پذیری تکنولوژیکی

امکان‌پذیری تکنولوژیکی	TR_1	TR_2	TR_3	TR_4	TR_5	TR_6	TR_7	W_j
TR_1	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(1/2,1,3/2)	(1,3/2,2)	(2,5/2,3)	(2,5/2,3)	0.230
TR_2	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)	(1,3/2,2)	(2,5/2,3)	(5/2,3,7/2)	(5/2,3,7/2)	0.335
TR_3	(2/5,1/2,2/3)	(2/7,1/3,2/5)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	(1/2,1,3/2)	(1/2,1,3/2)	(1/2,1,3/2)	0.075
TR_4	(2/3,1,2)	(1/2,2/3,1)	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)	(5/2,3,7/2)	(5/2,3,7/2)	0.281
TR_5	(1/2,2/3,1)	(1/3,2/5,1/2)	(2/3,1,2)	(2/7,1/3,2/5)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	0.076
TR_6	(1/3,2/5,1/2)	(2/7,1/3,2/5)	(1/2,2/3,1)	(2/7,1/3,2/5)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	0.000
TR_7	(1/3,2/5,1/2)	(2/7,1/3,2/5)	(1/2,2/3,1)	(2/7,1/3,2/5)	(1/2,2/3,1)	(2/3,1,2)	(1,1,1)	0.000

جدول ۲۱- ماتریس تعیین درجه اهمیت نسبی نیازهای فنی ازنظر رقابتی بودن

W_j	0.10	0.223	0.148	0.239	0.157	0.067	0.062
TR_7	(1/2,1,3/2)	(2,5/2,3)	(3/2,2,5/2)	(5/2,3,7/2)	(3/2,2,5/2)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)
TR_6	(1/2,1,3/2)	(2,5/2,3)	(3/2,2,5/2)	(5/2,3,7/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(2/3,1,2)
TR_5	(1/2,1,3/2)	(1,3/2,2)	(1/2,1,3/2)	(2,5/2,3)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)
TR_4	(1/2,1,3/2)	(1/2,1,3/2)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(1/3,2/5,1/2)	(2/7,1/3,2/5)	(2/7,1/3,2/5)
TR_3	(1,3/2,2)	(2,5/2,3)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(2/3,1,2)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)
TR_2	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(1/3,2/5,1/2)	(2/3,1,2)	(1/2,2/3,1)	(1/3,2/5,1/2)	(1/3,2/5,1/2)
TR_1	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(1/2,2/3,1)	(2/3,1,2)	(2/3,1,2)	(2/3,1,2)	(2/3,1,2)
رقابتی بودن	TR_1	TR_2	TR_3	TR_4	TR_5	TR_6	TR_7

$$W^{T}=\begin{pmatrix}TR_1\\TR_2\\TR_3\\TR_4\\TR_5\\TR_6\\TR_7\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0.230\\0.335\\0.075\\0.281\\0.076\\0.000\\0.000\end{pmatrix}\quad W^{C}=\begin{pmatrix}TR_1\\TR_2\\TR_3\\TR_4\\TR_5\\TR_6\\TR_7\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0.101\\0.223\\0.148\\0.239\\0.157\\0.067\\0.062\end{pmatrix}$$

گام یازدهم) تعدیل محدودیتهای منابع و دیگر اهداف طراحی با توجه به روابط داخلی میان نیازهای طراحی

$$b'=W_4\times b=\begin{pmatrix}TR_1\\TR_2\\TR_3\\TR_4\\TR_5\\TR_6\\TR_7\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}75\\693.5\\50\\123\\258\\3.13\\6.86\end{pmatrix}$$

به‌طور مشابه، برای در نظر گرفتن وابستگی میان نیازهـای فنـی، مـاتریس روابـط داخلی نیازهای فنی (W_4) در بردار وزنی امکان‌پذیری تکنولوژیکی (W^T) و بـردار وزنـی (W^C) ضرب شده است:

$$W^{C'}=W_4\times W^{C}=\begin{pmatrix}TR_1\\TR_2\\TR_3\\TR_4\\TR_5\\TR_6\\TR_7\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0.050\\0.377\\0.148\\0.058\\0.243\\0.020\\0.042\end{pmatrix}$$

$$W^{T'} = W_4 \times W^T = \begin{pmatrix} TR_1 \\ TR_2 \\ TR_3 \\ TR_4 \\ TR_5 \\ TR_6 \\ TR_7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.115 \\ 0.572 \\ 0.075 \\ 0.069 \\ 0.164 \\ 0.000 \\ 0.000 \end{pmatrix}$$

شکل ۲ خانه کیفیت (HOQ) محصول اکسل خودرو مزدا را با داده های حاصل از رویکرد مورد استفاده در این تحقیق و اجرای گام های آن نشان می دهد.

		ویژگی های فنی							میزان اهمیت خواسته ها
		TR_1	TR_2	TR_3	TR_4	TR_5	TR_6	TR_7	
خواسته های مشتری	CN_1	0.464	0.535	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.502
	CN_2	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.289
	CN_3	0.000	0.313	0.686	0.000	0.000	0.000	0.000	0.207
	CN_4	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	CN_5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	0.500	0.000
اولویتهای کلی ویژگی های فنی		0.235	0.729	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
امکان پذیری تکنولوژیکی		0.230	0.335	0.075	0.281	0.076	0.000	0.000	
درجه رقابتی بودن		0.100	0.223	0.148	0.239	0.157	0.067	0.062	

شکل ۲ – خانهٔ کیفیت برای طراحی اکسل با استفاده از الگوریتم تصمیم تحقیق

گام دوازدهم) تعیین اوزان نسبی اهمیت اهداف طراحی به وسیله مقایسات زوجی با داده های کلامی

اهداف مورد نظر برای طراحی اکسل در تحقیق حاضر عبارتند از:

۱) در نظر گرفتن کلیه روابط داخلی موجود در خانه کیفیت محصول اکسل

۲) محدودیت منابع مالی سازمان
۳) امکان‌پذیری تکنولوژیکی نیازهای فنی
۴) رقابتی بودن نیازهای فنی

جدول ۲۲ ماتریس مقایسه زوجی حاصل، از ادغام نظرات کارشناسان را که با استفاده از داده های کلامی و اعداد فازی مثلثی تکمیل شده است و همچنین اوزان اهمیت هر یک از اهداف (ω_{Gs}) را با به‌کارگیری متد تحلیلی توسعه ای چانگ به دست آمده است، نشان می دهد.

جدول ۲۲- ماتریس تعیین درجه اهمیت اهداف طراحی برای اکسل

اهداف	روابط درونی خانه کیفیت	محدودیت منابع مالی سازمان	امکان‌پذیری تکنولوژیکی یک نیاز	رقابتی بودن	W_j
روابط درونی خانه کیفیت	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	0.302
محدودیت منابع مالی سازمان	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	0.360
امکان‌پذیری تکنولوژیکی یک نیاز	(1/2,2/3,1)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	0.158
رقابتی بودن	(1/2,2/3,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,2)	(1,1,1)	0.178

نمایش ماتریسی اوزان اهداف نیز به صورت زیر است:

$$\omega_{Gs} = \begin{pmatrix} \text{fuzzy- ANP} \\ \text{Cost Budjet} \\ \text{Technologi cal Feasibility} \\ \text{C} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.302 \\ 0.360 \\ 0.158 \\ 0.178 \end{pmatrix}$$

به این ترتیب، محدودیت منابع مالی دارای بیش ترین درجه اهمیت بوده و پس از آن به ترتیب، در نظر گرفتن روابط داخلی، رقابتی بودن و امکان‌پذیری تکنولوژیکی قرار دارند.

گام سیزدهم) فرموله کردن و حل مدل آرمانی صفر و یک

تابع هدف:

$$(0.360/1100)d_2^{+}+0.158d_3^{-}+0.178d_4^{-}+\text{Min } 0.302d_1^{-}$$

s.t:

$$0.235X_1+0.729X_2 - d_1^{+} + d_1^{-} =1$$

$$75X_1+693.5X_2+50X_3+123X_4+258X_5+3.13X_6+6.86X_7 - d_2^{+} + d_2^{-}=1100$$

$$0.115X_1+0.572X_2+0.075X_3+0.069X_4+0.164X_5 - d_3^{+} + d_3^{-} =1$$

$$0.050X_1+0.377X_2+0.148X_3+0.058X_4+0.243X_5+0.020X_6+0.042X_7 - d_4^{+} + d_4^{-} =1$$

$$X_j =0, 1 \ (j=1, 2... 7)$$

$$d_i^{+}, d_i^{-} \geq 0 \ (i=1,2,3,4)$$

تابع هدف مدل همان‌گونه که مشاهده می شود به منظور حداقل کردن انحرافات نامناسب از اهداف طراحی می باشد. d_1^-، نشان دهنده انحراف نامساعد از اولویت های کلی ویژگی‌های فنی حاصل از ANP فازی، d_2^+ نشان دهنده انحراف در مصرف بیش از میزان بودجه در دسترس، d_3^- و d_4^-، نیز به ترتیب نشان دهنده انحرافات نامساعد از میزان امکان‌پذیری تکنولوژیکی و میزان رقابتی بودن یک نیاز است. این انحرافات نامساعد با توجه به اوزان به دست آمده از متدولوژی تحقیق حداقل می شوند.

پس از حل مدل با نرم‌افزار Lingo 12.00 مجموعه جواب زیر به ازای متغیرهای صفر و یک و متغیرهای آرمانی ایجاد شد:

$X_1= X_2= X_3= X_4= X_6= X_7=1 \quad X_5=0$

$d^-_1= 0.000000 \qquad d^+_1= 0.4570000E-01$

$d^-_2= 0.3430000 \qquad d^+_2= 0.000000$

$d^-_3= 0.000000 \qquad d^+_3= 1050.490$

$d^-_4= 0.4857000 \qquad d^+_4= 0.\ 000000$

$d^-_5= 0.000000$

همان‌گونه که ملاحظه می شود ۶ نیاز از ۷ نیاز به منظور بهبود در فاز طراحی انتخاب شده اند. صفر شدن متغیرX_5 به معنای عدم انتخاب این مشخصه‌های فنی برای

بهبود در فاز طراحی می باشند، بلکه این نیاز را در همان استاندارد قبلی باید حفظ و روی سایر نیازها برنامه ریزی کرد.

نتیجه گیری

مدل ریاضی ارائه شده برای بسط عملکرد کیفیت با توجه به محدودیت ها و اهداف موجود در یک مدل برنامه ریزی آرمانی، دارای چهار هدف، پنج محدودیت و هفت متغیر تصمیم است. و همان طور که گفته شد اهداف شامل افزایش سطح رضایت مشتری، کاهش هزینه، افزایش رقابت پذیری و امکان پذیری است. محدودیت های این مسئله ناشی از حداقل سطح برآورد هر نیاز فنی است که با آنالیز رقبا و با نظر کارشناسان شرکت به دست می آید. از آنجا که هفت نیاز فنی برای شرکت محدودیت چندانی را از نظر هزینه و افزایش رقابت پذیری و امکان پذیری ایجاد نمی کند و در عرصه رقابت برآورده کردن هر سطح از آن آسان است، سطح برآورد حداقلی از طرف کارشناسان بیان نشد.

در این تحقیق یک رویکرد ترکیبی از QFD و برنامه ریزی آرمانی برای فرموله کردن و حل مسئله طراحی در QFD ارائه شد. در ضمن در این رویکرد برای تبدیل واژه های کیفی به کمی و همچنین در هم آمیختن CR ها و TR ها از منطق فازی استفاده گردید.

در آمیختن منطق فازی با تحلیل شبکه ای و QFD نیز به نوبه خود نکته جدیدی است که در این تحقیق به آن توجه شد. استفاده از منطق فازی در کاهش ابهام موجود در واژه های زبانی به کار گرفته شده برای انجام مقایسات مورد نیاز در خانه کیفیت، نقش بسزایی ایفا نموده است.

References:

Azar, A., & Nahavandi, B. (2008). Designing and Improving Expansion of Quality Function Using Fuzzy Network Analysis and Arlan Planning Process. 12(4), 37-68, (In Persian).

Han, S.B. & Chen, S.K. & Ebrahimpour, M. & Sodhi, M.S.,(2001), A conceptual QFD planning model, International Journal of Quality and Reliability Management, 18 (8), 796–812

Zadeh, L. A. (1965), Fuzzy Sets, Information & Control, 8, 338-353.

Temponi.C, Yen.J & Tiao.W.A ;(1999), House of Quality: A Fuzzy Logic-Based Requirements Analysis, European Journal of Operation Research, 117, 340-354.

Karsak EE, Sozer S, Alptekin SE ;(2002), Product planning in quality function deployment usinga combined analytic network process and goal programming approach. Computers Industrial Engineering; 44:171–190.

Najmi M., Ebrahimi, M., & Kianfar, F. (2006). Prioritizing Technical and Engineering Characteristics in the QFD Model Using the TOPSIS Method in Fuzzy Mode. Journal of Sharif University of Science and Technology, 35, 3-9. , (In Persian).

Saaty, T.L; (1980), The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York.

Shim, J.P (1989), Bibliographical research on the analytic hierarchy process. Socio-Economic Planning Sciences 23, 161–167.

Saaty, T.L; (1996), Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process. RWS Publications, Pittsburgh.

Kaufmann. A, Gupta.M.M; (1991), Introduction to fuzzy arithmetic theory and applications. New York: Van No strand Reinhold.

Buckley JJ; (1985), Fuzzy hierarchical analysis. Fuzzy Sets System; 17:233–247

Zhu K-J, Jing Y, Chang D-Y ; (1999), A discussion on extent analysis method and applications of fuzzy AHP. European Journal of Operation Research; 116(2), 450-456.