

« فراسوی مدیریت »

سال پنجم - شماره 20 - بهار 1391

صص 34-7

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

دکتر کمال الدین رحمانی<sup>1</sup>

دکتر نادر بهلولی<sup>2</sup>

بهرروز صادق زاده<sup>3</sup>

### 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 شرکت‌ها به جستجوی سطوح بالاتری از کیفیت برای محصولات و خدماتشان و نیز بهبود مستمر برای حفظ گام‌های سریع پیشرفت و تغییر در سراسر جهان پرداخته‌اند. به همین منظور در این تحقیق سعی شده است مدلی ریاضی برای گسترش عملکرد کیفیت با رویکرد فازی ارائه گردد که خواسته‌ها و نیازهای مشتریان را نیز در نظر گیرد. بدین منظور ابتدا با استفاده از روش QFD خواسته‌ها و ویژگی‌های 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 برنامه‌ریزی آرمانی ارائه شده که در برگیرنده سطوح اهمیت نیازهای فنی با استفاده از روش ANP فازی، محدودیت منابع مالی، میزان امکان‌پذیری 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.

### واژه‌های کلیدی:

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

<sup>1</sup> - عضو هیات علمی (استادیار) دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، تبریز، ایران

<sup>2</sup> - عضو هیات علمی (استادیار) دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بناب، بناب، ایران

<sup>3</sup> - کارشناس ارشد مدیریت اجرایی (گرایش تولید عملیات) دانشگاه آزاد اسلامی واحد بناب

## 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، 1385، 3).

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، 6).

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، 1387، 5). 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، نیازمندی های طراحی<sup>1</sup> (DRs) یا نیازمندی های فنی<sup>2</sup> (TRs) محصول توسط تیم طراحی در اولین مرحله، طبق اهداف استراتژیک شرکت شناسایی و به کار بسته می شوند. QFD یک ابزار برنامه ریزی بین بخشی مورد استفاده برای کمک به تیم توسعه محصول است (آذر و نهاوندی، 1387، 5).

از دیگر مزایای QFD می توان به کاهش هزینه ها، کاهش شکایات مشتریان، بهبود ارتباطات بین بخش های 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 توسعه مدل در جهت تعیین وضعیت موجود سازمان و تصمیم گیری مدیران برای بهبود این

<sup>1</sup>-Design Requirements

<sup>2</sup>-Technical Requirements

وضعیت پرداخته شود. در بیشتر مواقع فرد تصمیم گیرنده نمی‌تواند گزینه‌های مختلف را با در نظر گرفتن معیار مشخصی، بطور دقیق امتیازدهی کند و بنابراین فرد تصمیم گیرنده می‌تواند 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 می‌شود. 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 می‌باشد 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 قضاوت‌های 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 می‌کند (Temponi, 1999, 342).

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

- تبدیل و ترجمه نیازمندی‌های مشتریان به مشخصات فنی محصول.
- تعیین فعالیت‌های کیفیتی متناسب با مشخصات فنی محصول.

از نظر تاریخی، صنایع ژاپنی آغازگر فرموله کردن مفاهیم QFD بوده‌اند. در سال 1966 اوشیومی<sup>1</sup> در شرکت لاستیک سازی برجستون فرآیند چارت‌های اطمینان را که در برگیرنده مشخصه‌های اساسی QFD بود، را ارائه کرد و در اواخر دهه 1960 ای‌شی‌ها را عقیده گسترش مشخصه‌های کیفیت و کاربردهای آن را برای ماتسو شیتا گسترش داد.

<sup>1</sup>- Oshiommi

به هر حال، آکائو<sup>1</sup> در سال 1969 اولین تجزیه و تحلیل کننده این روش و خواستار استفاده از آن در طول مراحل طراحی محصول بود. سپس در سال 1972، آکائو مقاله ای درباره روش های جدید نوشت و آن را « گسترش کیفیت » نامید. پس از آشنایی بیش از 80 مدیر تضمین کیفیت شرکت های امریکایی توسط آکائو، QFD به آمریکا راه یافت. در سال 1983 اولین مقاله امریکای شمالی در این زمینه انتشار یافت و سال بعد اولین دوره یک روزه QFD در آمریکا برگزار شد. شرکت فورد<sup>2</sup> در سال 1986 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<sup>3</sup>، تری ام<sup>4</sup> و گمبل<sup>5</sup> بودند.

### ANP فازی و بکار گیری آن در QFD

فرایند تحلیل شبکه ای در سال 1971 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 فعالیت هایی 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

<sup>1</sup>-Akao

<sup>2</sup>-Ford

<sup>3</sup>-Procter

<sup>4</sup>-3-M

<sup>5</sup>-Gamble

هر سطح تنها به عناصر سطح بالاتر وابستگی دارند. بنابراین، در صورتی که این اصل 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 به به کارگیری AHP در قالب و فرم کلاسیک آن نخواهیم بود. و در چنین شرایطی، به دلیل توان مدل سازی ANP به هنگام وجود روابط پیچیده تر که مستلزم وابستگی میان سطوح تصمیم است این نارسایی را حل خواهد کرد (Satty, 1996) و دلیل به کارگیری آن در رویکرد پیشنهادی این تحقیق نیز همین امر می باشد.

تحقیق حاضر سعی دارد برای تکمیل خانه کیفیت محصول (اکسل) با استفاده از مفاهیم تئوری مجموعه های فازی و اعداد فازی مثلثی در کنار ابزار ANP نتایج 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  $M=(1, m, n)$  در نظر گرفت.

تابع عضویت آن  $m_M(x): R \rightarrow [0,1]$  برابر است با:

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

به طوریکه  $l \leq m \leq u$  و  $l$  و  $u$  نشان دهنده حدود بالا و پائین عدد  $M$  می باشند و همچنین  $m$  حد واسط  $M$  است. در صورتیکه داشته باشیم  $l = m = u$  را دیگر یک عدد غیر فازی می نامیم. عملگرهای اصلی برای دو عدد فازی مثلثی  $M_1$  و  $M_2$  به صورت زیر است (Kaufman and Gupta, 1991):

$$M_1 + M_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$$

$$M_1 \otimes M_2 = (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2)$$

$$l \otimes M_1 = (l l_1, l m_1, l u_1), l > 0, l \in R$$

$$M_1^{-1} = (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1)$$

باید توجه داشت که حاصل ضرب دو عدد فازی مثلثی یا معکوس یک عدد فازی مثلثی، دیگر یک عدد فازی 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 1 را ببینید).

جدول 1- مقیاس کلامی مورد استفاده در تحقیق برای سنجش درجه اهمیت نسبی

مقیاس فازی مثلثی	مقیاس کلامی اهمیت نسبی	مقیاس فازی مثلثی طرف مقابل
(1/2, 1, 3/2)	اهمیت یکسان	(2/3, 1, 2)
(1, 3/2, 2)	نسبتاً با اهمیت	(1/2, 2/3, 1)
(3/2, 2, 5/2)	با اهمیت	(2/5, 1/2, 2/3)
(2, 5/2, 3)	اهمیت زیاد	(1/3, 2/5, 1/2)
(5/2, 3, 7/2)	کاملاً با اهمیت	(2/7, 1/3, 2/5)

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

همان‌طور که پیش از این گفته شد، برای محاسبه  $W_1$  و  $W_2$  و  $W_3$  و  $W_4$  نیاز به انجام مقایسات زوجی با داده های کلامی است. ماتریس‌های نام برده را می توان با استفاده از متدولوژی AHP فازی محاسبه کرد. انواع متعددی از روش های AHP فازی وجود دارد. برای مثال می توان به روش‌هایی که توسط چانگ<sup>1</sup> (1992)، بوکلی<sup>2</sup> (1985)، لارهوون<sup>3</sup> و پدريکز<sup>4</sup> (1983) و... ارائه شده است، اشاره کرد (Buckley, 1985, 240).

<sup>1</sup>-Chang

<sup>2</sup>-Buckley

<sup>3</sup>-Laarhoven

<sup>4</sup>-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 پدربیکز بر اساس روش حداقل مجذورات لگاریتمی بنا شده بود. و در این مطالعه، مدت 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 توسعه ای چانگ (EA) با توجه به بهبودهای انجام شده توسط ژو<sup>1</sup> و همکاران (1999) می آید (Zhu & et al, 1999, 452).

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

$$M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

در حالیکه همه  $M_{gi}^j$  ها ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) اعداد فازی مثلثی هستند. در روش EA برای هر یک از سطرها ماتریس مقایسات زوجی، ارزش  $S_i$  که خود یک عدد مثلثی فازی است، به صورت زیر به دست 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  $j, i$  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:

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

<sup>1</sup>-Zhu

سپس معکوس بردار در معادله قبلی به دست 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، درجه بزرگی آنها را نسبت به هم به دست آورد. به طور 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:

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup[\min(m_{M_1}(x), m_{M_2}(x))]$$

که به طور کاملاً برابری داریم:

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = m_{M_2}^{(d)}$$

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

$d$  عرض بالاترین نقطه تقاطع میان  $m_{M_1}$  و  $m_{M_2}$  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 به دست می آید:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ and } (M \geq M_2) \text{ and } \dots \text{ and } (M \geq M_k)]$$

$$i=1,2,3,\dots,k \quad = \min V(M \geq M_i),$$

برای محاسبه وزن شاخص ها در ماتریس مقایسات زوجی داریم:

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

بنابراین بردار وزن شاخص ها به صورت زیر خواهد بود:

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T$$



که  $A_i$  شامل  $n$  عنصر و  $i=1,2,\dots,n$  می باشد.

با استفاده از نرمال سازی، بردارهای وزنی نرمال شده به صورت زیر به دست می آید:

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T$$

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<sup>1</sup>، خانه کیفیت به دست 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<sup>2</sup> (ZOGP)، برای تعیین آن دسته از نیازمندی‌های فنی که تیم طراحی در کلیه مراحل طراحی باید بر آنها تمرکز کند، تلفیق می شود. ابزار قدرتمند ANP با رویکرد فازی، که امکان مدل سازی روابط درونی خانه کیفیت محصول را داده و برای به ظهور رساندن صدای مشتری در خانه کیفیت به کار 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<sup>3</sup>) 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 نیازهای 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

<sup>1</sup>-Fuzzy-ANP

<sup>2</sup>-Zero-One Goal Programming

<sup>3</sup>-Second Type Metrics

نهایتاً محدودیت‌های سیستمی مدل آرمانی برنامه‌ریزی محصول (اکسل) را تشکیل می‌دهند. در انتها، تمامی داده‌های 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 می‌شوند. مراحل سیزده گانه الگوریتم تصمیم مسئله تحقیق بصورت زیر خلاصه شده است:

گام 1: شناسایی نیازهای مشتری و نیازهای فنی مؤثر بر آنها و تعیین روابط درونی خانه کیفیت.

گام 2: تعیین درجات اهمیت نسبی نیازهای مشتری با استفاده از داده‌های کلامی، با فرض اینکه وابستگی میان آنها وجود ندارد: محاسبه  $W_1$ .

گام 3: 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 4: تعیین ماتریس وابستگی داخلی نیازهای مشتری با استفاده از داده‌های کلامی و نمایش شماتیک وابستگی داخلی میان نیازها: محاسبه  $W_3$ .

گام 5: تعیین ماتریس وابستگی داخلی نیازهای فنی با استفاده از داده‌های کلامی و نمایش شماتیک وابستگی داخلی میان نیازها: محاسبه  $W_4$ .

گام 6: تعیین اولویت نیازهای مشتری: محاسبه  $W_C = W_3 \times W_1$ .

گام 7: تعیین اولویت نیازهای فنی: محاسبه  $W_A = W_4 \times W_2$ .

گام 8: تعیین اولویت کلی نیازهای فنی: محاسبه  $W^{ANP} = W_A \times W_C$ .

گام 9: شناسایی واحدهای اندازه‌گیری و محدودیت‌های منابع.

گام 10: تعیین نرخ‌های ترجیح نیازهای فنی محصول با توجه به سایر اهداف طراحی (که در اینجا اهداف نوع دوم خوانده می‌شوند) با استفاده از مقایسات زوجی.

گام 11: تعدیل واحدهای اندازه‌گیری با توجه به محدودیت منابع و تعدیل اولویت نیازهای فنی با توجه به اهداف نوع دوم.

گام 12: محاسبه اوزان نسبی اهداف با استفاده از مقایسات زوجی.

گام 13: 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 2001 م. و کارساک و همکاران در سال 2002 م. است (karsak & et al, 2002, 180):

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

s. t.

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

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

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

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

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

### پیاده سازی الگوریتم تصمیم و نتایج آن

گام اول) شناسایی خواسته های مشتری و نیازهای فنی مربوط به آنها و تعیین روابط میان آنها این خواسته ها 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.

جدول 2 - خواسته‌های مشتری اکسل

CN <sub>1</sub>	عملکرد بالا در مدت طولانی کارکرد
CN <sub>2</sub>	عدم لهیدگی قطعات
CN <sub>3</sub>	حذف صدای اکسل در موقع کارکرد
CN <sub>4</sub>	قیمت پایین
CN <sub>5</sub>	تحويل به موقع

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

جدول 3- نیازهای فنی اکسل

TR <sub>1</sub>	رعایت تolerانسهای ابعادی و هندسی در ساخت و مونتاژ قطعات
TR <sub>2</sub>	استفاده از مواد مناسب
TR <sub>3</sub>	اعمال گشتاور مناسب جهت بستن پیچها
TR <sub>4</sub>	هزینه ساخت و مواد
TR <sub>5</sub>	زمان ساخت و مونتاژ قطعات
TR <sub>6</sub>	میزان انحراف نتایج ظرفیت سنجی از تولید واقعی
TR <sub>7</sub>	ارائه برنامه تولید و تامین کنندگان در زمان مقرر

در انتهای این قسمت روابط موجود در داخل خانه 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 جدول 4 و با توجه به هدف دستیابی به بهترین طراحی برای اکسل خودرو به مقایسه زوجی خواسته‌های مشتری پردازند.

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

بردار  $W_1$  درجه اهمیت نسبی خواسته‌های مشتری را نشان می‌دهد و این بردار حاصل اجرای متد تحلیل توسعه ای روی جدول 4 می‌باشد.

جدول 4- ماتریس تعیین درجه اهمیت نسبی خواسته های مشتری  $W_1$

$w_j$	CN <sub>5</sub>	CN <sub>4</sub>	CN <sub>3</sub>	CN <sub>2</sub>	CN <sub>1</sub>	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 <sub>1</sub>
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 <sub>2</sub>
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 <sub>3</sub>
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 <sub>4</sub>
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 <sub>5</sub>

گام سوم) تعیین درجات اهمیت نسبی نیازهای فنی با استفاده از مقیاس کلامی  
 جداول 5 تا 9 نتایج انجام این مقایسات زوجی را برای هر خواسته مشتری پس از ادغام پاسخ های کلیه کارشناسان نشان می‌دهد. همانند گام قبلی برای به‌دست آوردن بردار ویژه اهمیت در هر جدول از متد تحلیل توسعه ای استفاده شده است.

جدول 5- سنجش درجه اهمیت نسبی «CN<sub>1</sub>» در مقایسه با نیازهای فنی مربوطه

$W_j$	TR <sub>3</sub>	TR <sub>2</sub>	TR <sub>1</sub>	CN <sub>1</sub>
0.464	(3/2,2,5/2)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	TR <sub>1</sub>
0.535	(2,5/2,3)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	TR <sub>2</sub>
0.000	(1,1,1)	(1/3,2/5,1/2)	(2/5,1/2,2/3)	TR <sub>3</sub>

جدول 6- سنجش درجه اهمیت نسبی «CN<sub>2</sub>» در مقایسه با نیازهای فنی مربوطه

W <sub>j</sub>	TR <sub>2</sub>	TR <sub>1</sub>	CN <sub>2</sub>
1	(2,5/2,3)	(1,1,1)	TR <sub>1</sub>
0	(1,1,1)	(1/3,2/5,1/2)	TR <sub>2</sub>

جدول 7- سنجش درجه اهمیت نسبی «CN<sub>3</sub>» در مقایسه با نیازهای فنی مربوطه

W <sub>j</sub>	TR <sub>2</sub>	TR <sub>3</sub>	CN <sub>3</sub>
0.686	(1,3/2,2)	(1,1,1)	TR <sub>3</sub>
0.313	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	TR <sub>2</sub>

جدول 8- سنجش درجه اهمیت نسبی «CN<sub>4</sub>» در مقایسه با نیازهای فنی مربوطه

W <sub>j</sub>	TR <sub>5</sub>	TR <sub>4</sub>	CN <sub>4</sub>
1	(2,5/2,3)	(1,1,1)	TR <sub>4</sub>
0	(1,1,1)	(1/3,2/5,1/2)	TR <sub>5</sub>

جدول 9 - سنجش درجه اهمیت نسبی «CN<sub>5</sub>» در مقایسه با نیازهای فنی مربوطه

W <sub>j</sub>	TR <sub>7</sub>	TR <sub>6</sub>	CN <sub>5</sub>
0.5	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	TR <sub>6</sub>
0.5	(1,1,1)	(2/3,1,2)	TR <sub>7</sub>

با قراردادن بردارهای حاصل از هر جدول (W<sub>j</sub> ها) ماتریس W<sub>2</sub> تشکیل می شود که این ماتریس نشان دهنده اوزان اهمیت نسبی مشخصه های فنی با توجه به هر یک از خواسته های مشتری است. جدول 10 این نتایج را به طور خلاصه نشان می دهد. توجه شود که ترانهاده این ماتریس بدنه خانه کیفیت را در بر می گیرد.

جدول 10- بردارهای ویژه ستونی با توجه به هر خواسته مشتری (W<sub>2</sub>)

CN <sub>5</sub>	CN <sub>4</sub>	CN <sub>3</sub>	CN <sub>2</sub>	CN <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>
0	0	0	1	0.464	TR <sub>1</sub>
0	0	0.313	0	0.535	TR <sub>2</sub>
0	0	0.686	0	0	TR <sub>3</sub>
0	1	0	0	0	TR <sub>4</sub>
0	0	0	0	0	TR <sub>5</sub>
0.5	0	0	0	0	TR <sub>6</sub>
0.5	0	0	0	0	TR <sub>7</sub>

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 به دست خواهد آمد. در  
اینجا کیفیت روابط درونی خواسته‌های مشتری و جهت این روابط با استفاده از نظرات  
کارشناسان تیم QFD به دست آمده است.  
نتایج حاصل از مقایسات زوجی انجام شده توسط کارشناسان و ادغام آنها، در جداول 11  
تا 13 خلاصه شده است. این بردارهای ویژه در نهایت ماتریس  $W_3$  را تشکیل داده اند که در  
جدول 14 نشان داده شده است.

جدول 11- ماتریس همبستگی داخلی خواسته‌های مشتری با توجه به «CN<sub>2</sub>»

$W_j$	CN <sub>2</sub>	CN <sub>3</sub>	CN <sub>1</sub>	CN <sub>2</sub>
0.753	(2,5/2,3)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	CN <sub>1</sub>
0.089	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	CN <sub>3</sub>
0.157	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(1/3,2/5,1/2)	CN <sub>2</sub>

جدول 12- ماتریس همبستگی داخلی خواسته‌های مشتری با توجه به «CN<sub>3</sub>»

$W_j$	CN <sub>3</sub>	CN <sub>1</sub>	CN <sub>3</sub>
1	(2,5/2,3)	(1,1,1)	CN <sub>1</sub>
0	(1,1,1)	(1/3,2/5,1/2)	CN <sub>3</sub>

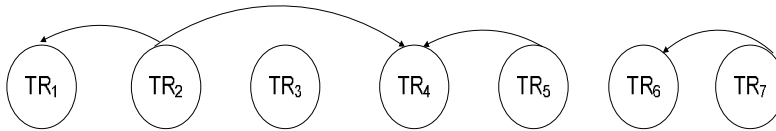
جدول 13- ماتریس همبستگی داخلی خواسته‌های مشتری با توجه به «CN<sub>4</sub>»

$W_j$	CN <sub>4</sub>	CN <sub>1</sub>	CN <sub>4</sub>
1	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	CN <sub>1</sub>
0	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	CN <sub>4</sub>

جدول 14- 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 1 به صورت شماتیک نشان داده شده است .



شکل 1- 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 15 تا 17 خلاصه شده است و بردار وزنی هر ماتریس نیز همچون مراحل قبل توسط متد تحلیل توسعه ای چانگ به دست آمده است. جدول 18 نیز اوزان حاصل از روابط درونی با توجه به هر نیاز را نشان می دهد که همان  $W_4$  می باشد.

جدول 15- ماتریس همبستگی داخلی نیازهای فنی با توجه به «TR<sub>1</sub>»

$W_j$	TR <sub>1</sub>	TR <sub>2</sub>	TR <sub>1</sub>
0.5	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	TR <sub>2</sub>
0.5	(1,1,1)	(2/3,1,2)	TR <sub>1</sub>

جدول 16- ماتریس همبستگی داخلی نیازهای فنی با توجه به «TR<sub>4</sub>»

$W_j$	TR <sub>4</sub>	TR <sub>5</sub>	TR <sub>2</sub>	TR <sub>4</sub>
0.437	(1/2,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	TR <sub>2</sub>
0.316	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	TR <sub>5</sub>
0.246	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(2/3,1,2)	TR <sub>4</sub>

جدول 17- ماتریس همبستگی داخلی نیازهای فنی با توجه به «TR<sub>6</sub>»

$W_j$	TR <sub>6</sub>	TR <sub>7</sub>	TR <sub>6</sub>
0.686	(1,3/2,2)	(1,1,1)	TR <sub>7</sub>
0.313	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	TR <sub>6</sub>



جدول 18- ماتریس همبستگی داخلی نیازهای فنی (W<sub>4</sub>)

TR <sub>7</sub>	TR <sub>6</sub>	TR <sub>5</sub>	TR <sub>4</sub>	TR <sub>3</sub>	TR <sub>2</sub>	TR <sub>1</sub>	W <sub>4</sub>
0	0	0	0	0	0	0.5	TR <sub>1</sub>
0	0	0	0.437	0	1	0.5	TR <sub>2</sub>
0	0	0	0	1	0	0	TR <sub>3</sub>
0	0	0	0.246	0	0	0	TR <sub>4</sub>
0	0	1	0.316	0	0	0	TR <sub>5</sub>
0	0.313	0	0	0	0	0	TR <sub>6</sub>
0	0.686	0	0	0	0	0	TR <sub>7</sub>

گام ششم) تعیین اولویت های وابستگی متقابل خواسته های 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

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

تحلیل نتایج رویکرد ANP فازی نشان می دهد که مهم ترین نیاز فنی «TR<sub>2</sub>» با درجه اهمیت 0.729 می باشد. پس از آن «TR<sub>1</sub>» با درجه اهمیت 0.235 در درجه دوم قرار دارد.

گام نهم) شناسایی معیارها و محدودیت 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 1220 هزار ریال تعیین شد، که این رقم از حاصل جمع هزینه تک تک نیازهای طراحی به دست آمده است. ماتریس b این هزینه ها را نشان می دهد و بودجه در دسترس و مطلوب شرکت برای طراحی 1100 هزار ریال می باشد.

$$b = \begin{pmatrix} TR_1 \\ TR_2 \\ TR_3 \\ TR_4 \\ TR_5 \\ TR_6 \\ TR_7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 150 \\ 400 \\ 50 \\ 500 \\ 100 \\ 10 \\ 10 \end{pmatrix}$$

گام دهم) تعیین نرخ ترجیح نیازهای طراحی با توجه به اهداف نوع دوم امکان پذیری تکنولوژیکی<sup>1</sup> (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.

<sup>1</sup>-Technological feasibility

اطلاعات حاصل از انجام مقایسات زوجی براساس هر کدام از این پارامترها پس از ادغام در جداول 20 تا 21 خلاصه شده است.

جدول 20- ماتریس تعیین درجه اهمیت نسبی نیازهای فنی از نظر امکان پذیری تکنولوژیکی

$W_j$	TR <sub>7</sub>	TR <sub>6</sub>	TR <sub>5</sub>	TR <sub>4</sub>	TR <sub>3</sub>	TR <sub>2</sub>	TR <sub>1</sub>	امکان پذیری تکنولوژیکی
0.230	(2,5/2,3)	(2,5/2,3)	(1,3/2,2)	(1/2,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	TR <sub>1</sub>
0.335	(5/2,3,7/2)	(5/2,3,7/2)	(2,5/2,3)	(1,3/2,2)	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	TR <sub>2</sub>
0.075	(1/2,1,3/2)	(1/2,1,3/2)	(1/2,1,3/2)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	(2/5,1/2,2/3)	TR <sub>3</sub>
0.281	(5/2,3,7/2)	(5/2,3,7/2)	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(1/2,2/3,1)	(2/3,1,2)	TR <sub>4</sub>
0.076	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	(2/3,1,2)	(1/3,2/5,1/2)	(1/2,2/3,1)	TR <sub>5</sub>
0.000	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(2/7,1/3,2/5)	(1/2,2/3,1)	(2/7,1/3,2/5)	(1/3,2/5,1/2)	TR <sub>6</sub>
0.000	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(1/2,2/3,1)	(2/7,1/3,2/5)	(1/2,2/3,1)	(2/7,1/3,2/5)	(1/3,2/5,1/2)	TR <sub>7</sub>

جدول 21- ماتریس تعیین درجه اهمیت نسبی نیازهای فنی از نظر رقابتی بودن

$W_j$	0.10	0.223	0.148	0.239	0.157	0.067	0.062	رقابتی بودن
TR <sub>7</sub>	(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 <sub>1</sub>
TR <sub>6</sub>	(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 <sub>2</sub>
TR <sub>5</sub>	(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 <sub>3</sub>
TR <sub>4</sub>	(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 <sub>4</sub>
TR <sub>3</sub>	(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 <sub>5</sub>
TR <sub>2</sub>	(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 <sub>6</sub>
TR <sub>1</sub>	(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)	TR <sub>7</sub>

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

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

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

به طور مشابه، برای در نظر گرفتن وابستگی میان نیازهای فنی، ماتریس روابط داخلی نیازهای فنی ( $W_4$ ) در بردار وزنی امکان پذیری تکنولوژیکی ( $W^T$ ) و بردار وزنی ( $W^C$ ) ضرب شده است:

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

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

شکل 2 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 اوزانسته ها
		TR <sub>1</sub>	TR <sub>2</sub>	TR <sub>3</sub>	TR <sub>4</sub>	TR <sub>5</sub>	TR <sub>6</sub>	TR <sub>7</sub>	
اوزانسته های مهندسی	CN <sub>1</sub>	0.464	0.535	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.502
	CN <sub>2</sub>	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.289
	CN <sub>3</sub>	0.000	0.313	0.686	0.000	0.000	0.000	0.000	0.207
	CN <sub>4</sub>	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	CN <sub>5</sub>	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 2 - خانه 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:

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

- (2) محدودیت منابع مالی سازمان
- (3) امکان پذیری تکنولوژیکی نیازهای فنی
- (4) رقابتی بودن نیازهای فنی

جدول 22 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 ( $W_{Gs}$ ) را با به کارگیری متد تحلیلی توسعه ای چانگ به دست آمده است، نشان می دهد.

جدول 22- ماتریس تعیین درجه اهمیت اهداف طراحی برای اکسل

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

نمایش ماتریسی اوزان اهداف نیز به صورت زیر است:

$$W_{Gs} = \begin{pmatrix} \text{fuzzy - ANP} \\ \text{Cost Budget} \\ \text{Technological Feasibility} \\ C \end{pmatrix}$$

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 امکان پذیری 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:

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

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

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

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

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

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

تابع هدف مدل همان گونه 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 ویژگی های 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 امکان پذیری 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 نرم افزار Lingo 12.00 مجموعه جواب زیر به ازای متغیرهای صفر و یک و متغیرهای آرمانی ایجاد شد:

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

$$d_1^- = 0.000000 \quad d_1^+ = 0.4570000E-01$$

$$d_2^- = 0.3430000 \quad d_2^+ = 0.000000$$

$$d_3^- = 0.000000 \quad d_3^+ = 1050.490$$

$$d_4^- = 0.4857000 \quad d_4^+ = 0.000000$$

$$d_5^- = 0.000000$$

همان گونه که ملاحظه می شود 6 نیاز از 7 نیاز به منظور بهبود در فاز طراحی انتخاب شده اند. صفر شدن متغیر  $X_5$  به معنای عدم انتخاب این مشخصه های 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.

### منابع:

- نجمی منوچهر، ابراهیمی مجید، کیانفر فریدون (1385)، "اولویت بندی مشخصه های فنی و مهندسی در مدل QFD با استفاده از روش TOPSIS در حالت فازی" فصلنامه علمی و پژوهش شریف، شماره سی و چهارم، صص 3-9.

- آذر عادل، نهماوندی بیژن (1387)، "طرح ریزی و بهبود بسط عملکرد کیفیت با استفاده از فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی و برنامه‌ریزی آرمانی" فصل‌نامه مدرس علوم انسانی، دوره 12، شماره 4، 37-68.

- 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 using a combined analytic network process and goal programming approach*. *Computers Industrial Engineering*; 44:171-190.
- 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.