مهندسی صنایع و مدیریت شریف، (زمستان ۱۳۹۵)
دوره‌ی ۱-۳۲، شماره‌ی ۲/۱، ص. ۱۴۱-۱۵۲، (یادداشت فنی)

Research Note

ساخت خانه‌ی کیفیت در فرایند QFD با استفاده از داده‌های نامتقارن چندزبانی

سید محمدحسن حسینی * **(استادیار)**
محمد قدوسی براتی (دانشجوی کارشناسی ارشد)
لیلا محروق (دانشجوی کارشناسی ارشد)
دانشکده‌ی مهندسی صنایع و مدیریت، دانشگاه صنعتی شاهرود

در فرایند توسعه‌ی کارکرد کیفیت (QFD)، مرحله‌ی ساخت خانه‌ی کیفیت به‌طور قابل توجهی با ارزیابی‌های انسانی روبه‌رو است. با توجه به تأثیرپذیری این ارزیابی‌ها از عوامل روحی و روانی، بی‌توجهی به این عوامل منجر به کاهش دقت و صحت تصمیم‌گیری می‌شود. در این پژوهش ضمن معرفی و بررسی عوامل انسانی مرتبط با ساخت خانه‌ی کیفیت، تأثیر دخالت این عوامل با سطح دانش و تجربه‌ی مختلف و مجموعه‌های کلامی چندزبانی، ریسک‌پذیری با عملگر OWA و نگرش فرد با مجموعه‌های کلامی نامتقارن ارزیابی می‌شود. در این بررسی همچنین داده‌های کلامی نامتقارن چندزبانی توسط مدل سلسله‌مراتب کلامی یک‌دست و متقارن شده و برای جلوگیری از هدررفت اطلاعات در حین تبدیل داده‌ها، از نمایش 2-tuple برای ساخت خانه‌ی کیفیت استفاده می‌شود. سپس ارزیابی‌های فنی (HOWs) اولویت‌بندی شده و مهم‌ترین آن‌ها مشخص می‌شود. در پایان یک مثال عددی طرح و با مدل پیشنهادی حل شده است. نتایج حاکی از عملکرد مناسب مدل پیشنهادی و ارتقاء عملکرد در ساخت خانه‌ی کیفیت با تمرکز بر رتبه‌بندی ارزیابی‌های فنی (HOWs) است.

واژگان کلیدی: گسترش کارکردهای کیفیت، خانه‌ی کیفیت، مجموعه‌های کلامی چندزبانی نامتقارن، مدل سلسله‌مراتب کلامی.

sh.hosseini@shahroodut.ac.ir
mohammadghodoosie@gmail.com
lmahrough@ymail.com

۱. مقدمه

امروزه وجود برندهای مختلف و افزایش رقابت در عرصه‌ی صنعت، بر آگاهی مشتریان و میزان انتظارات آن‌ها افزوده است. از طرفی رعایت نکردن نیاز مشتریان به‌لحاظ زمان و قیمت مورد انتظارشان، آن‌ها را به‌سرعت به سمت دیگر برندها و رفع نیازشان توسط رقبا سوق می‌دهد. در چنین شرایطی به‌کارگیری ابزارهایی که بتواند خواسته‌های مشتریان را شناسایی و تأمین کند ضروری است. توسعه‌ی کارکرد کیفیت (QFD)[1] سیستم جامع کیفیتی است که هدف نهایی آن کسب رضایت مشتری است. در واقع این سیستم صدای مشتری را در تمامی مراحل ــ از مرحله‌ی تولید و توسعه‌ی محصول گرفته تا به دست آوردن کیفیت مورد انتظار ــ دخالت می‌دهد.[1] توسعه‌ی کارکرد کیفیت (QFD) روشی است برای بهبود مستمر محصول، که شرکت را از حالت منفعل به حالت فعال برای رفع مشکلات کیفی تبدیل می‌کند.[2] این روش در اواخر دهه‌ی ۱۹۶۰ توسط آکائو پایه‌ریزی شد و اولین‌بار در کارخانه‌ی کشتی‌سازی کوبه‌ی میتسوبیشی[2] (۱۹۷۲) به‌عنوان ابزاری برای بهبود چرخه‌ی توسعه‌ی محصول و همچنین تولید محصولاتی نزدیک به خواست مشتری به کار گرفته شد.[3و4] از مزایای این سیستم می‌توان به ارائه‌ی بهتر خدمات و محصولات مبتنی بر نیاز مشتری، کاهش زمان ارائه‌ی محصول و خدمت و کاهش منابع مورد استفاده برای تولید محصول اشاره کرد. این سیستم فواید نامشهودی نیز دارد که از آن جمله می‌توان به افزایش رضایت مشتریان، ایجاد گروه‌های کاری چندوظیفه‌یی و برنامه‌ریزی بهتر برای شناسایی و رفع نیاز مشتریان اشاره کرد.[5] در QFD برای تبدیل خواسته‌های مشتریان به نیازهای طراحی محصول و سپس تبدیل آن‌ها به ویژگی‌های محصول، از چهار ماتریس در حین فرایند توسعه‌ی محصول استفاده می‌شود: ۱. «ماتریس برنامه‌ریزی محصول» برای تبدیل خواسته‌های مشتری به نیازهای طراحی؛ ۲. «ماتریس به‌کارگیری قطعات» برای تبدیل نیازهای مهم طراحی به ویژگی‌های محصول/قطعات؛ ۳. «ماتریس برنامه‌ریزی فرایند» برای تبدیل ویژگی‌های مهم محصول/قطعات به فرایندهای تولیدی؛ ۴. برنامه‌ریزی تولید/فرایند برای تبدیل فرایندهای مهم تولید به فرایندها و کنترل‌های روزانه.[6]

در این پژوهش تمرکز اصلی بر مرحله‌ی اول، یعنی ماتریس برنامه‌ریزی محصول یا خانه‌ی کیفیت (HOQ)[3]، است. HOQ در حقیقت یک چارچوب مفهومی است که نیازهای مشتریان را به ارزیابی‌های فنی مد نظر متخصصین

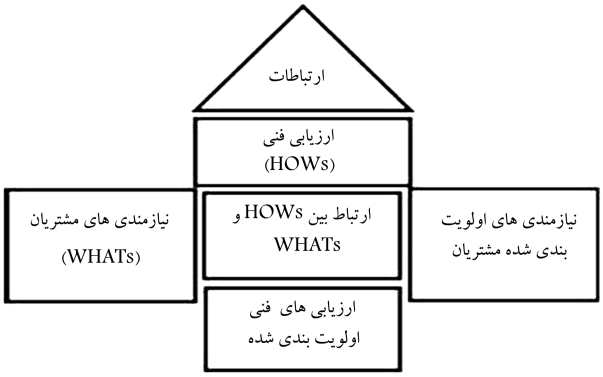
* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۳۹۳/۸/۳، اصلاحیه ۱۳۹۳/۱۲/۲۰، پذیرش ۱۳۹۴/۱/۲۳.

ارتباط داده و ابزاری برای برقراری ارتباطات و برنامه‌ریزی درون عملکردی فراهم می‌آورد. این مفهوم در شکل ۱ به نمایش گذاشته شده که اتاق مرکزی آن به ارتباط بین ارزیابی‌های فنی و نیازهای مشتریان اختصاص دارد و خواسته‌های مشتریان را به ویژگی‌های فنی، مهندسی یا فرایندهای تولیدی تبدیل می‌کند. سایر اتاق‌ها به اولویت‌بندی خواسته‌های مشتری، ارزیابی‌های فنی و ارتباطات درونی آن‌ها اختصاص دارد که این امر به فرایند برنامه‌ریزی کمک شایانی می‌کند.[۷-۱۱]

برای ساخت خانه‌ی کیفیت، آگاهی از خواسته‌های مشتریان، قضاوت متخصصین برای اولویت‌بندی ارزیابی‌های فنی و تعیین ارتباط بین آن‌ها ضروری است. با توجه به مبهم بودن این خواسته‌ها و قضاوت‌ها، استفاده از مجموعه‌های فازی برای تبدیل زبان انسانی به مجموعه‌های ریاضی منطقی به نظر می‌رسد.

در بسیاری از مسائل، مخصوصاً ساخت خانه‌ی کیفیت، تصمیم‌گیرندگان پیش‌زمینه‌های اطلاعاتی و تجربیات مختلفی در رابطه با موضوع دارند و لذا می‌توانند از مجموعه‌های فازیِ دارای تعداد اصطلاحات متفاوت و متناسب با سطح دانش و تجربه‌ی خود برای بیان اولویت‌بندی استفاده کنند؛ این امر به ایجاد ناهمگونی در اطلاعات ورودی می‌انجامد و داده‌هایی موسوم به چندزبانی[۴] به وجود می‌آورد. از طرفی مجموعه‌های فازی به کار گرفته‌شده غالباً متقارن هستند ولی گاهاً طیف اصطلاحات کلامی مورد استفاده توسط تصمیم‌گیرندگان، تحت تأثیر نگرش و دید مثبت یا منفی‌نگر آنها نامتقارن می‌شود. به‌عبارت دیگر نگرش مثبت مشتریان، طیف کلامی متناسب با آنها را به سمت راست و نگرش منفی این طیف را به سمت چپ منحرف می‌کند.

با توجه به محدودیت‌های اشاره شده، دخالت دادن ویژگی‌های نگرش، سطح دانش و تجربه‌ی افراد تصمیم‌گیرنده در فرایند ساخت خانه‌ی کیفیت کاملاً ضروری به نظر می‌رسد؛ در پژوهش حاضر با استفاده از مجموعه‌های فازی چندزبانی نامتقارن[۵] به این مهم پرداخته می‌شود. بدین‌منظور اطلاعات ورودی به‌صورت داده‌های فازی چندزبانی نامتقارن از تصمیم‌گیرندگان اخذ، و برای یک‌دست و متقارن‌سازی این مجموعه‌ها از مدل سلسله‌مراتب کلامی[۶] ــ که در آن مجموعه‌های فازی به‌صورت ۲-tuple نمایش داده می‌شود ــ استفاده شده است. با این روش هرگونه تضییع اطلاعات در حین تبدیل نمایش فازی به ۲-tuple از بین می‌رود. به‌منظور دخالت دادن ریسک مشتریان در رابطه با ارزیابی و انتخاب دیگر رقبا از عملگر میانگین وزنی مرتب شده (OWA)[۷] نیز استفاده می‌شود تا رتبه‌بندی نهایی ارزیابی‌های فنی (HOWs) به شکل واقعی‌تری صورت پذیرد.



شکل ۱. خانه‌ی کیفیت.[۱۱]

۲. پیشینه‌ی تحقیق

مدت زمان زیادی است که از QFD به‌عنوان ابزاری مفید برای شنیدن نیازها و رفع خواسته‌های مشتریان استفاده می‌شود. این رویکرد در حوزه‌های متعددی همچون صنعت مواد غذایی برای تعیین چابکی سیستم زنجیره‌ی تأمین، انتخاب تأمین‌کنندگان و طراحی و انتخاب محصول جدید کاربرد پیدا کرده است.[۱و۱۲-۱۴] در این سیستم، برای نیل به این هدف، صدای مشتریان و توان‌مندی‌های داخلی سازمان به‌صورت توأمان در نظر گرفته می‌شود. اما کیفیت خروجی‌های یک سیستم QFD در اولین مرحله به دقت سازمان در شنیدن صدای مشتریان بستگی دارد. لذا سازمان‌ها برای ایجاد یک سیستم QFD کارآمد نیازمند استفاده از تکنیک‌های کمی و کیفی‌اند، و بدین‌منظور دانشمندان روش‌های مختلفی را پیاده‌سازی کرده‌اند.[۱و۱۲-۱۴] پارک و کیم (۱۹۹۸) به‌منظور ساخت خانه‌ی کیفیت روش تصمیم‌گیری را برای انتخاب مجموعه‌ی بهینه‌ی نیازمندی‌های طراحی ارائه کرده‌اند. آن‌ها در مدل خود از یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره برای رتبه‌بندی رابطه‌ی بین نیازمندی‌های طراحی و مشتری بهره برده‌اند.[۱۵] دورو و همکاران (۲۰۱۳) با در نظر گرفتن این نکته که QFD در فرایند ارزیابی بودجه و کسب رضایت تولیدکننده دارای نواقصی است، یک فرایند QFD چندلایه را برای کسب رضایت مشتریان و تولیدکنندگان ارائه داده‌اند.[۱۶] با بررسی فرایند QFD و با در نظر گرفتن این نکته که ارزیابی‌های فنی برای توسعه و بهبود محصول در مدل QFD صرفاً براساس ترجیحات مشتریان است با استفاده از مدل کانو[۸] محدودیت این مدل در عدم دخالت نوآوری در فرایند را از بین برده است.[۱۷] پارک و همکاران (۲۰۰۵) با بررسی ماهیت کیفی وزن‌های مورد استفاده در فرایند ساخت خانه‌ی کیفیت طبق روش طراحی تاگوچی، روشی برای بهبود این وزن‌ها ارائه دادند.[۱۸] وو و همکاران (۲۰۱۳) برای تبدیل بهتر و عمیق‌تر نیازمندی‌های مشتریان به نیازمندی‌های طراحی محصول با استفاده از تابع زیان طراحی کیفیت تاگوچی[۹]، نظریه‌ی عنصر مهم[۱۰] و نظریه‌ی گسترش[۱۱] به بهبود این فرایند پرداختند.[۱۹]

با توجه به این که نوع داده‌های ورودی به فرایند QFD محدودیت‌های موجود در تصمیم‌گیری‌های انسانی را برطرف می‌کند، لذا دانشمندان با استفاده از داده‌های مختلف به رفع این محدودیت‌ها پرداخته‌اند. در این راستا لیانگ چن و مینگ ونگ (۲۰۰۴) برای نشان دادن رابطه‌ی بین نیازهای مشتریان و ملاحظات طراحی[۱۲] مهندسی از مجموعه‌ی اعداد فازی استفاده کرده‌اند. آنها همچنین به‌منظور لحاظ‌کردن هزینه و دشواری‌های فنی[۱۳] ملاحظات طراحی این دو مورد را به‌عنوان هدف در نظر گرفته و از برنامه‌ریزی آرمانی برای حل مسئله استفاده کرده‌اند.[۲۰] بویکوزن (۲۰۱۲) با استفاده از مجموعه‌ی فازی و با این فرض که در فرایند ساخت خانه‌ی کیفیت متخصصین در تعیین نیازمندی‌های طراحی ممکن است اطلاعات کاملی در رابطه با موضوع نداشته باشند، روشی برای بهبود فرایند به‌کارگیری QFD ارائه کرده است.[۲۱] ژانگ و چو (۲۰۰۹) با در نظر گرفتن این که تصمیم‌گیرندگان حاضر در فرایند ساخت خانه‌ی کیفیت دارای تجربیات، دانش، فرهنگ و محیط متفاوتی هستند به‌طوری که این شرایط بر قضاوت‌های آنان تأثیر می‌گذارد و از طرفی ارزیابی و بیان این قضاوت‌ها با استفاده از داده‌های حقیقی امکان‌پذیر نیست، آنان برای بیان این قضاوت‌ها از مجموعه‌های فازی کمک گرفته و به‌منظور یک‌دستی داده‌های فازی حاصل از قضاوت‌های گوناگون، فرایندی را پیشنهاد داده‌اند.[۲۲] ژای و همکاران (۲۰۰۸) به‌منظور بهبود داده‌های ورودی به فرایند QFD، خصوصاً ساخت خانه‌ی کیفیت به‌عنوان اولین فاز، و با توجه

به این که شناخت محدوده‌ی مرزهای اعداد فازی به‌عنوان مسئله‌یی ناشناخته باقی مانده است، برای بهبود ارزیابی‌های کلامی از مجموعه‌های راف استفاده کرده‌اند.[۲۳]

با بررسی تحقیقات صورت گرفته در حوزه‌ی QFD و علی‌رغم استفاده‌ی متخصصین از روش‌های تصمیم‌گیری و همچنین روش‌های ریاضی متعدد برای استخراج دقیق داده‌های دریافتی از تصمیم‌گیرندگان، جنبه‌های روحی و روانی مؤثر بر ارزیابی‌های آنها از قبیل نگرش، ریسک‌پذیری و سطح دانش و تجربه درباره‌ی موضوع، مورد توجه قرار نگرفته است. لذا در پژوهش حاضر به‌منظور دقیق‌تر کردن فرایند ساخت خانه‌ی کیفیت و غلبه بر این خلاء، داده‌های چندزبانی نامتقارن را برای نشان دادن سطح دانش و نگرش تصمیم‌گیرندگان از آن‌ها اخذ کرده و سپس این داده‌ها را با تبدیل‌کردن آنها به نمایش 2-tuple (به‌منظور جلوگیری از هدررفت اطلاعات در حین تبدیل داده‌ها) و با استفاده از فرایند سلسله‌مراتبی، یک‌دست و متقارن کرده و به فرایند ساخت خانه‌ی کیفیت وارد می‌کنند. برای در نظر گرفتن میزان ریسک‌پذیری افراد دخیل در فرایند ساخت خانه‌ی کیفیت، عملگر OWA نیز کاربرد دارد. با در نظر گرفتن تمامی این عوامل، مدل پیشنهادی شامل ۹ مرحله برای ساخت خانه‌ی کیفیت و اولویت‌بندی ارزیابی‌های فنی است.

۳. وزن‌دهی به‌کمک عملگر میانگین وزنی مرتب‌شده (OWA)

عملگر OWA اولین‌بار توسط یاگر ارائه شد. این عملگر تابع‌های تجمعی از بیشینه گرفته تا میانگین حسابی و در آخرین حالت کمینه را ایجاد کرده و ترجیحات مختلفی را از خوش‌بینانه تا بدبینانه مدل‌سازی می‌کند.[۲۴] در فرایند تجمیع OWA، وزن‌ها به‌جای اختصاص یافتن برمبنای معیاری خاص، به مقادیر مرتب‌شده اختصاص می‌یابند (به‌عنوان مثال اولین وزن به بزرگ‌ترین مقدار، دومین وزن به دومین مقدار بزرگ و به‌همین ترتیب تا کوچک‌ترین مقدار) که این امر امکان مدل‌سازی ترجیحات مختلف را با توجه به ریسک ایجاد می‌کند.[۲۵] وزن‌های ترتیبی OWA به درجه‌ی خوش‌بینی (درجه‌ی ORness) تصمیم‌گیرنده بستگی دارد، هرچه وزن‌ها در ابتدای بردار وزنی ایجادشده توسط OWA بزرگتر باشند درجه خوش‌بینی (ریسک‌پذیری) تصمیم‌گیرنده بیشتر است. از آنجایی که عملگر OWA با تغییر ترتیب وزن‌ها می‌تواند فرایندهای تجمعی مختلفی را پیاده‌سازی کند، چندین عملگر را در خود جای داده است و در حقیقت عملگر OWA می‌تواند درجات مختلف "ANDness" و "ORness" را ایجاد کند.[۲۶-۲۸] وزن‌های این عملگر توسط رابطه‌ی ۱ ایجاد می‌شوند.

$$W_i = Q(\frac{i}{m}) - Q(\frac{i-1}{m}) \qquad i = 1, 2, ..., m \qquad (1)$$

Q کمیت زبانی نسبی در مقیاس عددی تابع $Q : [0,1] \rightarrow [0,1]$ است که چنین تعریف می‌شود:[۲۹]

$$Q(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \le 0 \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{if } a < x < b \\ 1 & \text{if } x \ge b \end{cases} \qquad (2)$$

به‌طوری که $a, b \in [0,1]$، $Q(0) = 0$، $Q(1) = 1$ و وقتی‌که $x \ge y$ آنگاه $Q(x) \ge Q(y)$. بعضی از کمیت‌های زبانی نسبی عبارت‌اند از:

$$\begin{aligned} &(a,b) = (0.3, 0.8) \text{ با } \text{“most”} \\ &(a,b) = (0, 0.5) \text{ با } \text{“At least half”} \\ &(a,b) = (0.5, 1) \text{ با } \text{“as many as possible”} \end{aligned} \qquad (3)$$

یک عملگر n بعدی OWA حاصل نگاشت $F : I^n \rightarrow I$ چنین تعریف می‌شود:

$$F(a_1, a_2, ..., a_n) = \sum_{j=1}^{n} W_j b_j = W_1 b_1 + W_2 b_2 + ... + W_n b_n \qquad (4)$$

که در آن b_j بزرگ‌ترین عنصر مجموعه‌ی ورودی‌های $\{a_1, a_2, ..., a_n\}$، و n تعداد ورودی‌هاست. فرض می‌شود که $W_i \ge 0$ برای تمامی jها و $\sum_{j=1}^{n} W_j = 1$، بردار $W = (W_1, W_2, ..., W_n)$ بردار وزنی ترتیبی است و F مقدار برازش ترکیبی گزینه‌ی تصمیم[۱۴] است. اگر ورودی‌ها براساس n معیار باشند، گزینه‌ی با بالاترین F بهترین گزینه در نظر گرفته خواهد شد.[۲۳]

۴. نمایش فازی کلامی 2-tuple

نمایش فازی کلامی 2-tuple اولین‌بار در سال ۲۰۰۰ توسط هرا و مارتینز معرفی شد.[۳۰] در این نمایش، اطلاعات کلامی از طریق دوتایی (S, α) نشان داده می‌شود که در آن S اصطلاح کلامی و α عددی است که نشان‌دهنده‌ی ترجمه‌ی نمادین[۱۵] است.

تعریف ۱. اگر β نتیجه‌ی مجموع شاخص‌های اصطلاحات موجود در مجموعه‌ی اصطلاحات S باشد، یعنی $\beta \in [0, g]$ نتیجه‌ی عملیات تجمیع نمادین است. اگر $g+1$ کاردینالیته‌ی مجموعه‌ی S باشد آنگاه:

$$\alpha \in [-0.5, 0.5), i \in [0, g], \alpha = \beta - i, i = \text{round}(\beta)$$

α ترجمه‌ی نمادین نامیده می‌شود.

برتری‌های این طرز نمایش برای مدیریت اطلاعات کلامی بر مدل‌های معنایی و نمادین این است که روند محاسبات براساس 2-tuple با کلامی ساده‌تر و بدون از دست دادن اطلاعات انجام می‌شود و تجمیع اطلاعات کلامی ناهمگون به‌راحتی ممکن می‌شود.[۲۷و۳۱]

نمایش 2-tuple درواقع مدل محاسباتی زبانی است که فرایند محاسبه‌ی کلامی را با استفاده از برچسب‌هایی متقارن و مثلثی به دقت انجام می‌دهد. این روش نسبت به روش‌های کلاسیک نمایش اطلاعات کلامی از مزیت‌هایی برخوردار است، ازجمله این که در این مدل دامنه‌ی کلامی را می‌توان به‌صورت پیوسته در نظر گرفت، در حالی که در نمایش کلاسیک، دامنه گسسته در نظر گرفته می‌شود و نتایج فرایند محاسبه همیشه بر مبنای دامنه‌ی زبانی اولیه بیان می‌شود.[۳۲]

اگر $r_1 = (S_1, a_1)$ و $r_2 = (S_2, a_2)$ دو متغیر کلامی نشان داده شده به‌وسیله‌ی 2-tuple باشند، عملیات جبری اساسی برابر است با:[۳۳]

$$\begin{aligned} &r_1 + r_2 = (S_1, a_1) + (S_2, a_2) = (S_1 + S_2, a_1 + a_2) \\ &r_1 \otimes r_2 = (S_1, a_1) \otimes (S_2, a_2) = (S_1 S_2, a_1 a_2) \end{aligned} \qquad (5)$$

اگر (S_1, a_1) و (S_2, a_2) دو ۲-tuple باشند، آنگاه فرایند مقایسه بین ۲tuple‌های کلامی برابر است با:

$$k < l \quad \text{و} \quad (S_k, a_1) \text{ کمتر از } (S_i, a_2) \tag{۶}$$

اگر $k = 1$ و $a_1 = a_2$، (S_k, a_1) و (S_i, a_2) اطلاعات یکسانی را نمایش می‌دهند.
اگر $a_2 > a_1$ آنگاه (S_k, a_1) کوچک‌تر از (S_i, a_2) است.
اگر $a_2 < a_1$ آنگاه (S_k, a_1) بزرگ‌تر از (S_i, a_2) است.

تعریف ۲. اگر $S = \{S_1, S_2, ..., S_g\}$ مجموعه‌ی کلامی و $\beta = [0, g]$ مقدار عملیات تجمیع نمادین[16] باشد، معادل ۲-tuple نشان‌دهنده‌ی مقدار β برابر است با:

$$\Delta : [0, g] \to S * [-0.5, 0.5]$$

$$\Delta(\beta) = \begin{cases} S_i & i = \text{round}(\beta) \\ \alpha = \beta - i & \alpha \in [-0.5, 0.5) \end{cases} \tag{۷}$$

عبارت round نشان‌گر عملیات گردکردن معمولی، و S_i نزدیک‌ترین ارزش کلامی به شاخص β، و α مقدار ترجمه‌ی نمادین[17] است.
گزاره شماره ۱: اگر $S = (S_0, S_1, ..., S_g)$ یک مجموعه‌ی کلامی، و (S_1, α_1) یک ۲-tuple باشد، آنگاه یک Δ^{-1} وجود دارد که مقدار عددی برابر با ۲-tuple را به ازای $\beta \in [0, g] \subset \Re$ به دست می‌آورد.

$$\Delta^{-1} : S * [-0.5, 0.5) \to [0, g]$$
$$\Delta^{-1}(S_i, \alpha) = i + \alpha = \beta \tag{۸}$$

۵. مدل سلسله‌مراتبی کلامی

این مدل اولین‌بار توسط هرا و مارتینز در سال ۲۰۰۱ معرفی شد تا دقت محاسبات کلامی را در فضای چندزبانه بهبود بخشد.[29] در این پژوهش این مدل برای کار با مجموعه‌های کلامی نامتقارن ارائه شده است. یک سلسله‌مراتب کلامی مجموعه‌یی از سطوح است که در آن هر سطح دارای مجموعه‌ی اصطلاحات کلامی با تعداد عبارات متفاوت از بقیه سطوح است، به‌طوری که هر سطح از این سلسله‌مراتب به‌صورت $(t, n(t))$ نمایش داده می‌شود. t نشان‌دهنده‌ی سطح مجموعه‌ی کلامی در سلسله‌مراتب و $n(t)$ نشان‌دهنده‌ی تعداد عبارات موجود در مجموعه‌ی کلامی سطح t است.

لازم به ذکر است که مجموعه‌های کلامی فازی استفاده شده در این مدل دارای تابع عضویت مثلثی‌اند که به‌صورت متقارن و یکنواخت در بازه $[0, 1]$ توزیع شده‌اند. از طرفی مجموعه‌های کلامی موجود در هریک از سطوح دارای تعداد عبارات فرد است.

سطوح سلسله‌مراتب کلامی براساس تعداد اصطلاحات به‌کار رفته در آن‌ها $(n(t))$ مرتب می‌شود، به‌طوری که برای دو سطح t و $t+1$ داریم $n(t+1) > n(t)$. بر این اساس سلسله‌مراتب کلامی (LH) به‌صورت اجتماع تمام سطوح تعریف می‌شود:

$$LH = \bigcup_t l(t, n(t)) \tag{۹}$$

برای ساخت یک سلسله‌مراتب کلامی ابتدا فرض می‌شود که هرچه تعداد اصطلاحات کلامی موجود در مجموعه‌ی فازی به‌کار گرفته شده در سلسله‌مراتب بالاتر باشد، سطح مجموعه در سلسله‌مراتب نیز بالاتر است. اگر مجموعه‌ی اصطلاحات کلامی S چنین نمایش داده شود:

$$S = \{S_0, ..., S_{n(t)-1}\}$$

آنگاه S_k $(k = 0, ..., n(t)-1)$ اصطلاح کلامی موجود در مجموعه‌ی اصطلاحات کلامی است که این مجموعه‌ی اصطلاحات کلامی در سلسله‌مراتب کلامی به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$S^{(n(t))} = \{S^{n(t)}_{n(t)}, ..., S^{n(t)}_{n(t)-1}\}$$

و در آن $S_{n(t)}$ مجموعه‌ی اصطلاحات کلامی موجود در سطح t سلسله‌مراتب و $n(t)$ عبارت است از تعداد اصطلاحات کلامی موجود در این مجموعه. برای ساخت مجموعه‌ی کلامی $t+1$ از مجموعه‌ی کلامی موجود در سطح t استفاده می‌شود به‌طوری که:

$$l(t, n(t)) \to l(t+1, 2n(t)-1)$$

نمایش تصویری سلسله‌مراتب کلامی مطابق شکل ۲ است.

تابع انتقال برای تبدیل سطوح مختلف موجود در سلسله‌مراتب به یکدیگر مطابق تعریف شماره ۳ است:
اگر $LH = \bigcup_t l(t, n(t))$ سلسله‌مراتب کلامی باشد، مجموعه‌ی اصطلاحات کلامی موجود در آن چنین تعریف می‌شود:

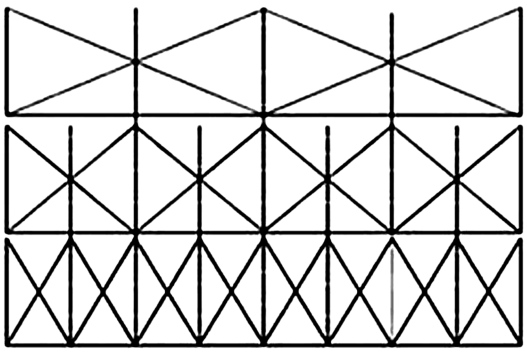
$$TF^t_{t'} : l(t, n(t)) \to l(t', n(t')) \tag{۱۰}$$

اگر $|a| > 1$ آنگاه:

$$TF^t_{t'}(S^{n(t)}_i, a^{n(t)}) = TF^{t+\frac{t-t'}{|t-t'|}}_{t'}(TF^t_{t+\frac{t-t'}{|t-t'|}}(S^{n(t)}_i, a^{n(t)})) \tag{۱۱}$$

و اگر $|a| = 1$ آنگاه:

$$TF^t_{t'}(S^{n(t)}_i, a^{n(t)}) = TF^t_{t+\frac{t-t'}{|t-t'|}}(S^{n(t)}_i, a^{n(t)}) \tag{۱۲}$$



شکل ۲. سلسله‌مراتب کلامی دارای مجموعه‌های کلامی ۳، ۵ و ۹ تایی.

۶. مدل پیشنهادی ساخت خانه‌ی کیفیت

مدل پیشنهادی ساخت خانه‌ی کیفیت برگرفته از مدل چان و وو (۲۰۰۵) در ۹ مرحله قابل اجرا است.[۳۴]

مرحله‌ی ۱. شناسایی مشتریان و جمع آوری نیازهای آن‌ها. در این مرحله مشتریان سازمان به سه دسته‌ی عمده تقسیم می‌شوند: الف) مشتریان داخلی شامل کارمندان، کارگران، مدیران؛ ب) عمده فروشان و واسطه‌ها؛ ج) مشتریان نهایی (تمرکز فرایند ارائه‌شده بر مشتریان نهایی یا همان مصرف‌کنندگان محصولات و خدمات است). پس از شناسایی مشتریان در این مرحله، نیازهای آنها به طرق مختلف مانند گروه‌های متمرکز[۱۸]، توزیع پرسش‌نامه و مصاحبه جمع‌آوری می‌شود. همچنین با توجه به شکایت‌های مطرح شده از سوی مشتریان، شرکت‌ها قادر به شناسایی نیازهای آن‌ها هستند. با توجه به این که هریک از مشتریان پیش‌زمینه‌ی متفاوتی درمورد محصولات و خدمات دارند و از طرفی مجموعه‌های زبانی آن‌ها ممکن است متقارن نباشد، در این مرحله با استفاده از ۳ مجموعه‌ی زبانی نامتقارن (جداول ۱ تا ۳ و شکل‌های ۳ تا ۵) نیازهای مشتریان شناسایی می‌شود.

مرحله‌ی ۲. شناسایی اهمیت نسبی نیازهای مشتریان (WHATs). در این مرحله هریک از مشتریان با توجه به مجموعه‌های نامتقارن معرفی شده در مرحله‌ی قبل، اهمیت هریک از نیازهای معرفی شده را با توجه به مجموعه‌ی زبانی متناسب با تجربه و دانش خود مشخص می‌کنند. در انتها طی یک فرایند میانگین‌گیری، اهمیت متوسط هریک از داده‌های دریافتی توسط مشتریان در رابطه با هریک از نیازمندی‌ها مشخص می‌شود.

اگر برای W_m مشتری Kام عدد کلامی G_{MK} را اختصاص دهد آنگاه اهمیت نسبی متوسط W_m طبق رابطه‌ی ۱۳ محاسبه می‌شود:

$$g_m = \frac{g_{m1} + g_{m2} + g_{m3} + \ldots + g_{mk}}{K} = \sum_{k=1}^{K} \frac{g_{mk}}{k} \qquad (۱۳)$$

جدول ۱. مجموعه‌ی اصطلاحات کلامی نامتقارن ۵تایی.

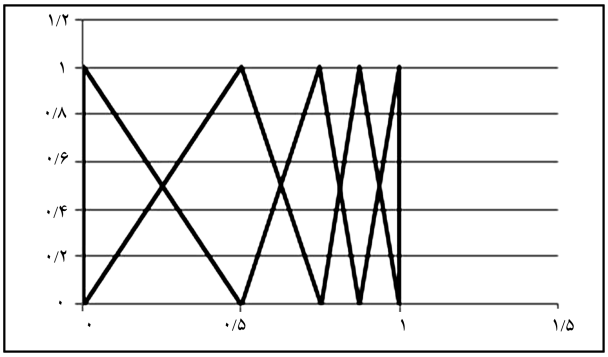
مجموعه‌ی نامتقارن E
(۰, ۰, ۰/۵)
(۰, ۰/۵, ۰/۷۵)
(۰/۵, ۰/۷۵, ۰/۸۷۵)
(۰/۷۵, ۰/۸۷۵, ۱)
(۰/۸۷۵, ۱, ۱)

جدول ۲. مجموعه‌ی اصطلاحات کلامی نامتقارن ۷تایی.

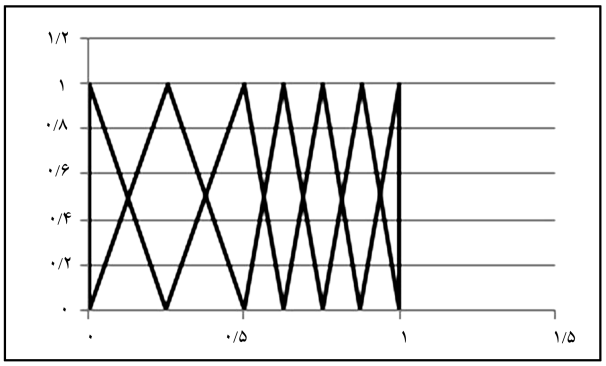
مجموعه‌ی نامتقارن G
(۰, ۰, ۰/۲۵)
(۰, ۰/۲۵, ۰/۵)
(۰/۲۵, ۰/۵, ۰/۶۲۵)
(۰/۵, ۰/۶۲۵, ۰/۷۵)
(۰/۶۲۵, ۰/۷۵, ۰/۸۷۵)
(۰/۷۵, ۰/۸۷۵, ۱)
(۰/۸۷۵, ۱, ۱)

جدول ۳. مجموعه‌ی اصطلاحات کلامی نامتقارن ۸تایی.

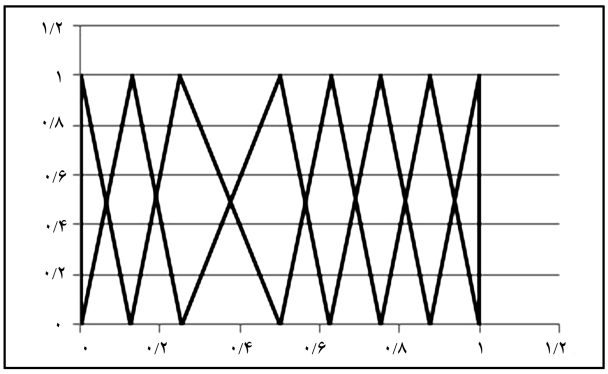
مجموعه‌ی نامتقارن F
(۰, ۰, ۰/۱۲۵)
(۰, ۰/۱۲۵, ۰/۲۵)
(۰/۱۲۵, ۰/۲۵, ۰/۵)
(۰/۲۵, ۰/۵, ۰/۶۲۵)
(۰/۵, ۰/۶۲۵, ۰/۷۵)
(۰/۶۲۵, ۰/۷۵, ۰/۸۷۵)
(۰/۷۵, ۰/۸۷۵, ۱)
(۰/۸۷۵, ۱, ۱)



شکل ۳. مجموعه‌ی اصطلاحات کلامی نامتقارن ۵تایی.



شکل ۴. مجموعه‌ی اصطلاحات کلامی نامتقارن ۷تایی.



شکل ۵. مجموعه‌ی اصطلاحات کلامی نامتقارن ۸تایی.

مرحله‌ی ۳. شناسایی رقیبان و انجام آنالیز رقابتی. در این مرحله موقعیت رقابتی شرکت در رابطه با هریک از رقبا تعیین می‌شود. رقیب به شرکتی اطلاق می‌شود که کالا یا خدمت مشابه ارائه می‌دهد. هریک از مشتریان، شرکت‌های رقیب و خود شرکت را از لحاظ میزان برآورده‌کردن نیازهای مشخص شده با استفاده از مجموعه‌های زبانی نامتقارن ارزیابی می‌کنند. در انتها با استفاده از این ارزیابی‌ها، موقعیت رقابتی شرکت در رابطه با دیگر رقیبان مشخص شده و اهدافی برای بهبود تعیین می‌شود.

اگر شرکت مورد بررسی را با C_1، و تعداد $L-1$ رقیب آن به ترتیب با $C_2, C_3, C_4, ..., C_L$ نشان داده شود و x_{mlk} عدد فازی اختصاص داده شده توسط kامین مشتری به lامین شرکت در رابطه با mامین نیاز مشخص شده باشد، آنگاه اهمیت نسبی mامین نیاز مشخص شده یا W_m در مقیاس lامین شرکت یا C_l عبارت است از:

$$x_{ML} = \frac{x_{m11} + x_{ml2} + x_{ml3} + ... + x_{mlk}}{K} = \sum_{k=1}^{K} \frac{x_{mlk}}{k}$$
$$m = 1, 2, ..., M \qquad l = 1, 2, ..., L \qquad (14)$$

بنابراین اولویت‌بندی عملکرد شرکت در رابطه با نیازهای مشتریان را می‌توان توسط ماتریس $M * L$ نشان داد که «ماتریس مقایسه‌ی مشتریان» نیز نامیده می‌شود.

$$x = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \cdots & x_{1L} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \cdots & x_{2L} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & \cdots & x_{2L} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{M1} & x_{M2} & x_{M3} & \cdots & x_{ML} \end{pmatrix}$$

براساس داده‌های موجود در جدول x، اولویت‌بندی مشتریان در هریک از نیازها مشخص شده، به‌طوری که $e = (e_1, e_2, ..., e_m)$ و e_m رتبه‌بندی اولیه‌ی شرکت C_1 در رابطه با نیاز مشخص شده‌ی W_m است. برای دخالت دادن ضریب ریسک مشتریان در انتخاب برند، رتبه‌بندی اولویت‌ها توسط عملگر OWA وزن‌دهی می‌شود. درگام بعدیِ این مرحله، با توجه به عملکرد شرکت C_1 در رابطه با هریک از WHATها نسبت به رقیبان خود، اهدافی برای بهبود در نظر گرفته می‌شود. طبیعتاً این اهداف بالاتر از عملکرد حال حاضر شرکت نسبت به هریک از رقیبان است. اگر هریک از اهداف اختصاص داده شده به هریک از WHATها با a_m نشان داده شود. آنگاه بردار اهداف عملکردی هریک از WHATها برابر است با $a = (a_1, a_2, ..., a_m)$ و به این ترتیب می‌توان شاخص بهبود (U_m) را برای هریک از W_mها به دست آورد:

$$U_m = a_m / x_{ML} \qquad (15)$$

مرحله‌ی ۴. رتبه‌بندی نهایی نیازهای مشتریان (WHATs). نیازهایی که در نزد مشتریان از اهمیت نسبی، اولویت رقابتی و شاخص بهبود بالاتری برخوردارند باید بیشتر مورد توجه قرار گیرند. بنابراین رتبه‌بندی نهایی نیازهای مشتریان طبق رابطه‌ی ۱۶ صورت می‌پذیرد و اگر f_m رتبه‌بندی نهایی مربوط به W_m باشد آنگاه:

$$f_m = u_m * g_m * e_m \qquad (16)$$

بنابراین هرکدام از W_mها که دارای F_m بالاتری است از اهمیت بیشتری برخوردار است و موقعیت رقابتی شرکت را تقویت می‌کند.

مرحله‌ی ۵. ایجاد ارزیابی‌های فنی (HOWs). در این مرحله تیم توسعه و بهبود محصول و خدمت تشکیل شده و ارزیابی‌های فنی مرتبط با هریک از نیازهای مشخص شده توسط مشتریان را مشخص می‌کند. این فرایند می‌تواند براساس استانداردهای مورد استفاده حال حاضر شرکت باشد یا براساس آنالیز علت و معلول[19] صورت پذیرد. N ارزیابی‌های فنی به‌صورت $H_1, H_2, ..., H_N$ نمایش داده می‌شود.

مرحله‌ی ۶. مشخص کردن رابطه‌ی بین HOWها و WHATها. در این مرحله ارتباط بین هریک از HOWها و WHATها توسط متخصصین تعیین شده و مشخص می‌شود که هریک از HOWها تا چه اندازه می‌تواند در رفع هریک از WHATها تأثیر داشته باشد. از آنجا که متخصصین مختلف دارای پیش‌زمینه و تجربه‌های متفاوت در رابطه با موضوع هستند، می‌توانند از مجموعه‌های کلامی با تعداد عبارات مختلف و متناسب با دانش خود استفاده کنند به‌صورتی که هریک از این مجموعه‌ها نیز می‌تواند نامتقارن باشد.

ارتباط هریک از WHATها و HOWها را می‌توان توسط یک ماتریس نشان داد، به‌طوری که WHATها ردیف‌های این ماتریس و HOWها ستون‌های آن باشند. اگر ارزش مقداری ارتباط بین هریک از ارزیابی‌های فنی (H_n) را با هریک از نیازهای مشتریان (W_m) با r_{mn} نشان داده شود آنگاه ماتریس ارتباط بین HOWها و WHATها چنین نمایش داده می‌شود:

$$r = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & \cdots & r_{2n} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & \cdots & r_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \\ r_{m1} & r_{m2} & r_{m3} & \cdots & r_{mn} \end{pmatrix}$$

مرحله‌ی ۷. تعیین رتبه‌بندی اولیه‌ی HOWها. رتبه‌بندی اولیه‌ی HOWها توسط دو عامل تعیین می‌شود: ۱. رتبه‌بندی نهایی WHATها، ۲. میزان ارتباط بین HOWها و WHATها. این رتبه‌بندی اهمیت بنیادی HOWها را در ارتباط با WHATها نشان می‌دهد. اگر رتبه‌بندی اولیه‌ی HOWها را با t_n نمایش دهیم آنگاه:

$$f_1 * r_{1n} + f_2 * r_{2n} + ... + f_m * r_{mn} = \sum_{m=1}^{M} f_m * r_{mn}$$
$$n = 1, 2, ..., N \qquad (17)$$

مرحله‌ی ۸. به دست آوردن و رتبه‌بندی HOWها براساس رقبا. در این مرحله ارزیابی‌های فنی رقبا در رابطه با هریک از HOWها تخمین زده می‌شود. به‌طور معمول به دست آوردن این اطلاعات با توجه به فضای رقابتی موجود کار آسانی نیست. اگر ارزیابی فنی هریک از رقبا را براساس هریک از H_nها به‌صورت Y_{NL} نشان دهیم آنگاه ماتریس مقایسه‌ی فنی هریک از شرکت‌ها برای هریک از HOWها چنین نشان داده می‌شود:

$$Y = \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} & \cdots & Y_{1L} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} & \cdots & Y_{2L} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} & \cdots & Y_{3L} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Y_{N1} & Y_{N2} & Y_{N3} & \cdots & Y_{NL} \end{pmatrix}$$

که سطرهای آن نشان‌دهنده‌ی HOWها و ستون‌های آن نشان‌دهنده‌ی ارزیابی‌های فنی هریک از شرکت‌هاست.

براساس اطلاعات ماتریس Y، رتبه‌بندی نهایی HOWها توسط وزن‌دهی عملگر OWA به دست می‌آید و شرکت می‌تواند اهدافی برای بهبود ارزیابی‌های فنی ایجاد کند. اگر شرکت اهداف بهبود b_n را برای هریک از H_nها ایجاد کند آنگاه نسبت بهبود V_n برای هریک از HOWها عبارت است از:

$$V_n = \max\{Y_{NL}, b_n\} / \min\{Y_{NL}, b_n\} \qquad (۱۸)$$

مرحله‌ی ۹. رتبه‌بندی نهایی HOWها. این رتبه‌بندی طبق رابطه‌ی ۱۹ به دست می‌آید:

$$S_n = v_n * t_n * z_n \qquad n = ۱, ۲, ..., N \qquad (۱۹)$$

۷. مثال کاربردی

در این بخش با ارائه‌ی مثالی عددی روند ساخت خانه‌ی کیفیت تشریح می‌شود. شرکتی با آنالیز شکایت‌های دریافتی از طرف مشتریان خود تعداد ۱۰ خواسته‌ی آنها را انتخاب کرده و از طریق روش‌های جمع‌آوری داده (از قبیل پرسش‌نامه و...) اهمیت هریک از این نیازها را از دید مشتریان خود می‌سنجد. در اینجا ۵ مشتری به‌عنوان نمونه انتخاب شده و بدیهی است که اهمیت این نیازها از دید مشتریان مختلف یکسان نیست. از طرفی آنها دارای نگرش‌های مثبت و منفی و سطح تجربه‌ی متفاوت در استفاده از خدمت یا محصول‌اند که بدین‌منظور داده‌های دریافتی از این افراد نیز به‌صورت نامتقارن و چندزبانی است. این داده‌ها در ادامه یک‌دست شده و وارد فرایند ۹ مرحله‌یی ساخت خانه‌ی کیفیت می‌شوند.

۱.۷. تبدیل مجموعه‌های کلامی نامتقارن و چندزبانی به مجموعه‌های متقارن و یک‌دست

مجموعه‌های زبانی نامتقارن و چندزبانی به کمک الگوریتم سلسله‌مراتبی برمبنای مجموعه‌ی ۹ تایی یک‌دست و متقارن گردیده، و وارد فرایند ساخت خانه‌ی کیفیت می‌شود. برای این منظور مجموعه‌های زبانی ۵، ۷ و ۸ اصطلاحی به‌صورت ۲-tuple و برمبنای مجموعه‌ی کلامی ۹ تایی متقارن بیان می‌شود. این کار با استفاده از تابع انتقال رابطه‌های ۱۰ و ۱۱ انجام شد که نتایج حاصله در جداول ۴ تا ۶ ارائه شده است.

پس از متقارن و یک‌دست‌سازی داده‌های دریافتی، این اطلاعات وارد فرایند ۹ مرحله‌یی ساخت خانه‌ی کیفیت می‌شود. در ادامه به این مراحل اشاره شده است.

مرحله‌ی اول: در این مرحله نیازهای مشتریان شناسایی شده که در اینجا ۹ نیاز به‌صورت بردار $(W_1, W_2, ..., W_{10})$ نشان داده می‌شود.

مرحله‌ی دوم: هریک از مشتریان برای بیان اهمیت هریک از نیازها، از مجموعه‌ی اصطلاح کلامی نشان داده شده در جداول ۱ تا ۳ استفاده می‌کند که اطلاعات

جدول ۴. مجموعه‌ی ۵ کلامی نامتقارن و نمایش ۲-tuple متقارن و یک‌دست شده آن.

مجموعه‌ی ۵ کلامی نامتقارن E	
$(s_0^9, 0)$	$(0, 0, 0/5)$
$(s_4^9, 0)$	$(0, 0/5, 0/75)$
$(s_6^9, 0)$	$(0/5, 0/75, 0/875)$
$(s_7^9, 0)$	$(0/75, 0/875, 1)$
$(s_8^9, 0)$	$(0/875, 1, 1)$

جدول ۵. مجموعه‌ی ۷ کلامی نامتقارن و نمایش ۲-tuple متقارن و یک‌دست شده آن.

مجموعه‌ی ۷ کلامی نامتقارن G	
$(s_0^9, 0)$	$(0, 0, 0/25)$
$(s_2^9, 0)$	$(0, 0/25, 0/5)$
$(s_8^9, 0)$	$(0/25, 0/5, 0/625)$
$(s_5^9, 0)$	$(0/5, 0/625, 0/75)$
$(s_6^9, 0)$	$(0/625, 0/75, 0/875)$
$(s_7^9, 0)$	$(0/75, 0/875, 1)$
$(s_8^9, 0)$	$(0/875, 1, 1)$

جدول ۶. مجموعه‌ی ۸ کلامی نامتقارن و نمایش ۲-tuple متقارن و یک‌دست شده آن.

مجموعه‌ی ۸ کلامی نامتقارن F	
$(s_0^9, 0)$	$(0, 0, 0/125)$
$(s_1^9, 0)$	$(0, 0/125, 0/25)$
$(s_4^9, 0)$	$(0/125, 0/25, 0/5)$
$(s_8^9, 0)$	$(0/25, 0/5, 0/625)$
$(s_5^9, 0)$	$(0/5, 0/625, 0/75)$
$(s_6^9, 0)$	$(0/625, 0/75, 0/875)$
$(s_7^9, 0)$	$(0/75, 0/875, 1)$
$(s_8^9, 0)$	$(0/875, 1, 1)$

جدول ۷. نظرات مشتریان با توجه به مجموعه‌ی نامتقارن و به‌صورت چندزبانی.

WHATs	مشتری ۱	مشتری ۲	مشتری ۳	مشتری ۴	مشتری ۵
W_1	$(s_4^5, 0)$	$(s_2^5, 0)$	$(s_5^7, 0)$	$(s_2^7, 0)$	$(s_7^8, 0)$
W_2	$(s_3^5, 0)$	$(s_1^5, 0)$	$(s_6^7, 0)$	$(s_0^7, 0)$	$(s_7^8, 0)$
W_3	$(s_1^5, 0)$	$(s_3^5, 0)$	$(s_5^7, 0)$	$(s_3^7, 0)$	$(s_0^8, 0)$
W_4	$(s_3^5, 0)$	$(s_3^5, 0)$	$(s_2^7, 0)$	$(s_0^7, 0)$	$(s_5^8, 0)$
W_5	$(s_1^5, 0)$	$(s_1^5, 0)$	$(s_1^7, 0)$	$(s_2^7, 0)$	$(s_2^8, 0)$
W_6	$(s_2^5, 0)$	$(s_4^5, 0)$	$(s_3^7, 0)$	$(s_0^7, 0)$	$(s_3^8, 0)$
W_7	$(s_5^5, 0)$	$(s_0^5, 0)$	$(s_5^7, 0)$	$(s_5^7, 0)$	$(s_7^8, 0)$
W_8	$(s_0^5, 0)$	$(s_3^5, 0)$	$(s_5^7, 0)$	$(s_4^7, 0)$	$(s_0^8, 0)$
W_9	$(s_3^5, 0)$	$(s_0^5, 0)$	$(s_2^7, 0)$	$(s_3^7, 0)$	$(s_2^8, 0)$
W_{10}	$(s_2^5, 0)$	$(s_0^5, 0)$	$(s_1^7, 0)$	$(s_0^7, 0)$	$(s_3^8, 0)$

دریافتی از مشتریان در جدول ۷ نشان داده شده است. اطلاعات به دست آمده سپس برای ایجاد یک زبان یک‌دست، برمبنای مجموعه‌ی زبانی متقارن ۹تایی که دارای بیشترین تعداد عبارت بوده محاسبه، و به‌صورت 2-tuple نشان داده می‌شود. اطلاعات یک‌دست شده در جدول ۸ نمایش داده شده است.

پس از میانگین‌گیری اطلاعات یک‌دست و متقارن‌شده، اهمیت نسبی آن‌ها مشخص می‌شود. این رتبه‌بندی مطابق جدول ۸ است.

مرحله‌ی سوم: در این مرحله موقعیت رقابتی شرکت در مقایسه با رقیبانش سنجیده می‌شود. بدین‌منظور هریک از مشتریان توانایی‌های شرکت و رقیبانش را در برآورده ساختن نیازهای خود مورد سنجش و ارزیابی قرار می‌دهند. مشتریان در این مرحله برای ارزیابی از مجموعه‌های کلامی نامتقارن متناسب با خود استفاده کرده که در جداول ۹ و ۱۰ به‌ترتیب داده‌های اولیه‌ی نظرات مشتریان برمبنای مجموعه‌های کلامی نامتقارن و داده‌های تبدیل شده به مجموعه‌ی کلامی متقارن و یک‌دست آورده شده است.

در این مرحله ابتدا داده‌های دریافتی از مشتریان و نتیجه‌ی آن در مقیاس شرکت‌های رقیب، طبق رابطه‌ی ۱۴ نرمال شده و سپس با استفاده از رابطه‌ی ۱، وزن‌های اختصاص یافته به اعداد به دست می‌آید. درادامه توسط عملگر OWA و به‌کمک رابطه‌ی ۴ از این وزن‌ها برای وزن‌دهی داده‌های مربوط به وضعیت رقبا استفاده می‌شوند. نتایج به دست آمده و رتبه‌بندی‌های در جدول ۱۰ و در ستون e_m نشان داده شده است. درادامه‌ی این مرحله، برای هریک از نیازهای شرکت اهدافی برای بهبود در نظرگرفته شده و شاخص بهبود با توجه به رابطه‌ی ۱۵ به دست می‌آید که این شاخص‌ها در جدول ۱۱ نشان داده شده است.

مرحله‌ی چهارم: در این مرحله رتبه‌بندی نهایی هریک از نیازها (WHATs) با توجه به رابطه‌ی ۱۶ به دست می‌آید. این نتایج در جدول ۱۲ نشان داده شده است.

مرحله‌ی پنجم: در این مرحله هریک از ارزیابی‌های فنی توسط متخصصین مشخص می‌شود، که در اینجا ۹ ارزیابی فنی (HOW) مشخص شده است.

مرحله‌ی ششم: در این مرحله از ساخت خانه‌ی کیفیت هریک از نیازهای مشخص شده‌ی مشتریان (WHATs) و هریک از ارزیابی‌های فنی (HOWs) در برابر یکدیگر قرار گرفته و توسط متخصصین میزان برطرف کردن هریک از نیازها به‌وسیله‌ی هریک از ارزیابی‌های فنی مشخص می‌شود. در ادامه، متخصصین

جدول ۸. نظرات مشتریان (تبدیل شده به یک زبان یک‌دست و متقارن).

WHATs	مشتری ۱	مشتری ۲	مشتری ۳	مشتری ۴	مشتری ۵	رتبه‌بندی اهمیت نسبی
W_1	$(s_{8},0)$	$(s_{6},0)$	$(s_{7},0)$	$(s_{8},0)$	$(s_{8},0)$	۷/۴
W_2	$(s_{7},0)$	$(s_{6},0)$	$(s_{8},0)$	$(s_{9},0)$	$(s_{8},0)$	۵/۸
W_3	$(s_{4},0)$	$(s_{7},0)$	$(s_{7},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{9},0)$	۴/۶
W_4	$(s_{7},0)$	$(s_{7},0)$	$(s_{8},0)$	$(s_{9},0)$	$(s_{6},0)$	۵/۶
W_5	$(s_{4},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{2},0)$	$(s_{8},0)$	$(s_{4},0)$	۴/۴
W_6	$(s_{6},0)$	$(s_{8},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{9},0)$	$(s_{8},0)$	۵/۴
W_7	$(s_{6},0)$	$(s_{9},0)$	$(s_{7},0)$	$(s_{7},0)$	$(s_{8},0)$	۴/۴
W_8	$(s_{9},0)$	$(s_{7},0)$	$(s_{7},0)$	$(s_{6},0)$	$(s_{9},0)$	۴
W_9	$(s_{8},0)$	$(s_{6},0)$	$(s_{8},0)$	$(s_{9},0)$	$(s_{4},0)$	۵
W_{10}	$(s_{6},0)$	$(s_{9},0)$	$(s_{2},0)$	$(s_{9},0)$	$(s_{8},0)$	۳/۲

جدول ۹. نظرات مشتریان در مورد موقعیت رقابتی شرکت در رابطه با هریک از نیازها (با استفاده از داده‌های نامتقارن و چندزبانی).

WHATs	مشتری ۱			مشتری ۲			مشتری ۲			مشتری ۴			مشتری ۵		
	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3
W_1	$(s_{5},0)$	$(s_{0},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{0},0)$	$(s_{2},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{1},0)$	$(s_{2},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{0},0)$	$(s_{7},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{6},0)$	$(s_{8},0)$
W_2	$(s_{1},0)$	$(s_{2},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{3},0)$	$(s_{2},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{6},0)$	$(s_{6},0)$	$(s_{0},0)$	$(s_{7},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{6},0)$	$(s_{8},0)$
W_3	$(s_{2},0)$	$(s_{1},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{2},0)$	$(s_{1},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{6},0)$	$(s_{0},0)$	$(s_{7},0)$	$(s_{6},0)$	$(s_{8},0)$	$(s_{8},0)$
W_4	$(s_{3},0)$	$(s_{3},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{2},0)$	$(s_{3},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{3},0)$	$(s_{6},0)$	$(s_{6},0)$	$(s_{1},0)$	$(s_{7},0)$	$(s_{6},0)$	$(s_{6},0)$	$(s_{8},0)$
W_5	$(s_{3},0)$	$(s_{2},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{3},0)$	$(s_{2},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{2},0)$	$(s_{7},0)$	$(s_{2},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{8},0)$
W_6	$(s_{4},0)$	$(s_{2},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{3},0)$	$(s_{2},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{2},0)$	$(s_{7},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{6},0)$	$(s_{8},0)$
W_7	$(s_{3},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{2},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{1},0)$	$(s_{7},0)$	$(s_{2},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{8},0)$
W_8	$(s_{3},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{1},0)$	$(s_{3},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{1},0)$	$(s_{7},0)$	$(s_{2},0)$	$(s_{6},0)$	$(s_{8},0)$
W_9	$(s_{4},0)$	$(s_{1},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{0},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{1},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{2},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{7},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{7},0)$	$(s_{8},0)$
W_{10}	$(s_{2},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{0},0)$	$(s_{2},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{1},0)$	$(s_{2},0)$	$(s_{5},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{3},0)$	$(s_{7},0)$	$(s_{4},0)$	$(s_{1},0)$	$(s_{8},0)$

جدول ۱۰. نظرات مشتریان در مورد موقعیت رقابتی شرکت در رابطه با هریک از نیازها (تبدیل شده به مجموعه‌ی یک‌دست و متقارن).

WHATs	مشتری ۱			مشتری ۲			مشتری ۳			مشتری ۴			مشتری ۵			e_m	هدف‌گذاری	رتبه
	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3			
W_1	$(s^9_0,0)$	$(s^9_0,0)$	$(s^9_0,0)$	$(s^9_4,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_0,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_7,0)$	$(s^9_5,0)$	$(s^9_7,0)$	$(s^9_0,0)$	$(s^9_5,0)$	$(s^9_7,0)$	$(s^9_7,0)$	$(s^9_5,0)$	$(s^9_0,0/0955)$	$(s^9_6,0)$	۸
W_2	$(s^9_6,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_4,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_7,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_7,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_7,0)$	$(s^9_0,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_5,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_0,0/0958)$	$(s^9_7,0)$	۶
W_3	$(s^9_0,0)$	$(s^9_4,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_4,0)$	$(s^9_7,0)$	$(s^9_5,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_7,0)$	$(s^9_7,0)$	$(s^9_0,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_7,0)$	$(s^9_1,0)$	$(s^9_0,0)$	$(s^9_0,0/1076)$	$(s^9_7,0)$	۲
W_4	$(s^9_7,0)$	$(s^9_7,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_4,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_5,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_7,0)$	$(s^9_4,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_7,0)$	$(s^9_7,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_0,0/0947)$	$(s^9_6,0)$	۱۰
W_5	$(s^9_7,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_4,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_9,0)$	$(s^9_5,0)$	$(s^9_9,0)$	$(s^9_7,0)$	$(s^9_0,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_7,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_4,0)$	$(s^9_0,0/1007)$	$(s^9_7,0)$	۳
W_6	$(s^9_8,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_9,0)$	$(s^9_9,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_7,0)$	$(s^9_2,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_7,0)$	$(s^9_0,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_5,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_7,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_0,0/1084)$	$(s^9_7,0)$	۱
W_7	$(s^9_7,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_2,0)$	$(s^9_5,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_4,0)$	$(s^9_0,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_0,0/0982)$	$(s^9_7,0)$	۷
W_8	$(s^9_7,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_4,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_9,0)$	$(s^9_2,0)$	$(s^9_5,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_4,0)$	$(s^9_0,0)$	$(s^9_5,0)$	$(s^9_0,0/0953)$	$(s^9_8,0)$	۹
W_9	$(s^9_8,0)$	$(s^9_4,0)$	$(s^9_4,0)$	$(s^9_7,0)$	$(s^9_0,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_2,0)$	$(s^9_2,0)$	$(s^9_9,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_0,0/1004)$	$(s^9_7,0)$	۴
W_{10}	$(s^9_8,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_0,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_4,0)$	$(s^9_8,0)$	$(s^9_4,0)$	$(s^9_9,0)$	$(s^9_5,0)$	$(s^9_9,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_1,0)$	$(s^9_6,0)$	$(s^9_9,0)$	$(s^9_0,0/1002)$	$(s^9_7,0)$	۵

جدول ۱۱. شاخص بهبود هریک از نیازها.

WHATs	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6	W_7	W_8	W_9	W_{10}
u_m	$(s^9_1,0/36)$	$(s^9_1,0/06)$	$(s^9_1,0/03)$	$(s^9_1,0/11)$	$(s^9_1,0/15)$	$(s^9_1,0/03)$	$(s^9_1,0/03)$	$(s^9_1,0/33)$	$(s^9_1,0/06)$	$(s^9_1,0/5)$

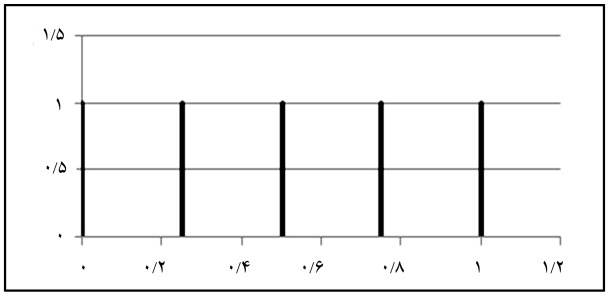
جدول ۱۲. رتبه‌بندی نهایی نیازهای مشتریان.

WHATs	رتبه	۲-TUPLE
F_1	۱	$(s^9_0,0/964)$
F_2	۲	$(s^9_0,0/606)$
F_3	۷	$(s^9_0,0/364)$
F_4	۴	$(s^9_0,0/590)$
F_5	۶	$(s^9_0,0/511)$
F_6	۳	$(s^9_0,0/430)$
F_7	۱۰	$(s^9_0,0/381)$
F_8	۸	$(s^9_0,0/317)$
F_9	۵	$(s^9_0,0/456)$
F_{10}	۹	$(s^9_0,0/481)$

به‌کمک یک مجموعه‌ی کلامی با ۷ عبارت نامتقارن به بیان نظر می‌پردازند که داده‌های دریافتی توسط فرایند سلسله‌مراتب کلامی متقارن و یک‌دست شده و در جدول ۱۳ نشان داده می‌شود.

مرحله‌ی هفتم: در این مرحله رتبه‌بندی اولیه‌ی هریک از ارزیابی‌های فنی با استفاده از رابطه‌ی ۱۷ به دست می‌آید که نتایج حاصله در جدول ۱۴ ثبت شده است.

مرحله‌ی هشتم: در این مرحله سطح شرکت و رقیبانش به‌لحاظ توانایی‌شان در به‌کارگیری ارزیابی‌های فنی (HOWs) توسط متخصصین مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. این متخصصین برای بیان ارزیابی‌های خود از مجموعه‌های چندزبانی نامتقارن جداول ۱ تا ۳ بهره می‌گیرند. این ارزیابی‌ها نهایتاً به‌صورت ۲-tuple و برمبنای مجموعه‌ی کلامی ۹تایی متقارن نمایش داده می‌شود؛ این اطلاعات متقارن و یک‌دست شده در جدول ۱۵ نشان داده شده است.



شکل ۶. داده‌های عادی (حقیقی).

اطلاعات نرمال شده توسط OWA وزن‌دهی می‌شود تا رتبه‌بندی نسبی هریک از HOWها در مقایسه با دیگر HOWها و رقیبان به دست آید (جدول ۱۶). در این مرحله اهدافی برای بهبود استراتژی شرکت نیز در نظر گرفته می‌شود که با توجه به این اهداف و وضعیت فعلی شرکت در هر HOW، شاخص عملکرد با استفاده از رابطه‌ی ۱۸ محاسبه، و نتیجه‌ی حاصله در جدول ۱۷ نشان داده شده است.

مرحله‌ی نهم: در این مرحله رتبه‌بندی نهایی ارزیابی‌های فنی با استفاده از رابطه‌ی ۱۹ به دست می‌آید (جدول ۱۸).

با توجه به جدول ۱۸، H_2 دارای بالاترین رتبه و اولویت و به‌ترتیب H_4، H_5، H_8 و H_1 در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند که با توجه به جدول H_7، H_6 و H_3 در یک سطح و در رتبه‌ی هفتم قرار دارند.

۲.۷. مقایسه‌ی روند با استفاده از داده‌های عادی و فازی متقارن

با توجه به ماهیت داده‌های عادی و قطعی، چنان که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، این داده‌ها توانایی نشان دادن عدم قطعیت در تصمیمات تصمیم‌گیرندگان را ندارند

جدول ۱۳. تعیین ارتباط هریک از نیازها مشتریان و ارزیابی‌های فنی مورد نظر متخصصین.

WHATs	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7	H_8	H_9
	۲-tupe (معادل)	۲-tupe (معادل)	۲-tupe (معادل)	۲-tupe (معادل)	۲-tupe (معادل)	۲-tupe (معادل)	۲-tupe (معادل)	۲-tupe (معادل)	۲-tupe (معادل)
W_1	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۷}^{۹}, ۰)$	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۷}^{۹}, ۰)$	$(s_{۷}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$
W_2	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$	$(s_{۵}^{۹}, ۰)$	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$	$(s_{۷}^{۹}, ۰)$	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$	$(s_{۲}^{۹}, ۰)$	$(s_{۵}^{۹}, ۰)$	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$
W_3	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۵}^{۹}, ۰)$	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$	$(s_{۵}^{۹}, ۰)$	$(s_{۵}^{۹}, ۰)$	$(s_{۵}^{۹}, ۰)$
W_4	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$	$(s_{۲}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$	$(s_{۲}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$
W_5	$(s_{۵}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۲}^{۹}, ۰)$	$(s_{۵}^{۹}, ۰)$	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۵}^{۹}, ۰)$	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$
W_6	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$	$(s_{۷}^{۹}, ۰)$	$(s_{۷}^{۹}, ۰)$	$(s_{۵}^{۹}, ۰)$	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$	$(s_{۷}^{۹}, ۰)$	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$
W_7	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۵}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۷}^{۹}, ۰)$	$(s_{۷}^{۹}, ۰)$	$(s_{۲}^{۹}, ۰)$
W_8	$(s_{۷}^{۹}, ۰)$	$(s_{۲}^{۹}, ۰)$	$(s_{۷}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$	$(s_{۲}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$
W_9	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۵}^{۹}, ۰)$	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$	$(s_{۷}^{۹}, ۰)$
W_{10}	$(s_{۵}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۲}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۷}^{۹}, ۰)$	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۵}^{۹}, ۰)$	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$

جدول ۱۴. رتبه‌بندی اولیه هریک از ارزیابی‌های فنی.

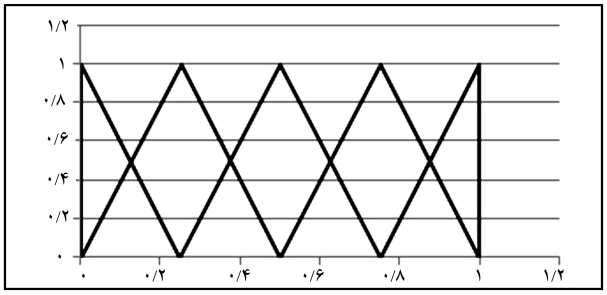
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9
رتبه	۱	۲	۸	۴	۷	۵	۹	۳	۶

جدول ۱۵. موقعیت شرکت در استفاده از هریک از ارزیابی‌های فنی در مقایسه با رقبا.

HOWs	C_1	C_2	C_3	Goal
H_1	$(s_{۴}^{۹}, ۰)$	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$
H_2	$(s_{۴}^{۹}, ۰)$	$(s_{۷}^{۹}, ۰)$	$(s_{۴}^{۹}, ۰)$	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$
H_3	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$	$(s_{۷}^{۹}, ۰)$	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$	$(s_{۴}^{۹}, ۰)$
H_4	$(s_{۴}^{۹}, ۰)$	$(s_{۴}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$
H_5	$(s_{۴}^{۹}, ۰)$	$(s_{۷}^{۹}, ۰)$	$(s_{۷}^{۹}, ۰)$	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$
H_6	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$	$(s_{۴}^{۹}, ۰)$	$(s_{۴}^{۹}, ۰)$
H_7	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$	$(s_{۴}^{۹}, ۰)$
H_8	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۴}^{۹}, ۰)$	$(s_{۶}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$
H_9	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$	$(s_{۸}^{۹}, ۰)$

جدول ۱۶. رتبه‌بندی نسبی رقابتی هریک از ارزیابی‌های فنی.

اولویت‌های رقابتی	رتبه	۲-tuple
H_1	۴	$(s_{۰}^{۹}, ۰/۱۲۲)$
H_2	۵	$(s_{۰}^{۹}, ۰/۱۱۸)$
H_3	۱	$(s_{۰}^{۹}, ۰/۱۵۹)$
H_4	۳	$(s_{۰}^{۹}, ۰/۱۲۴)$
H_5	۶	$(s_{۰}^{۹}, ۰/۱۱۶)$
H_6	۲	$(s_{۰}^{۹}, ۰/۱۳۷)$
H_7	۹	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$
H_8	۷	$(s_{۰}^{۹}, ۰/۱۱۳)$
H_9	۸	$(s_{۰}^{۹}, ۰/۱۰۸)$



شکل ۷. داده‌های فازی.

و از این نوع داده‌ها برای نشان‌دادن تصمیمات اتخاذ شده نمی‌توان استفاده کرد.

لذا به‌منظور استفاده از ویژگی عدم قطعیت در تصمیمات تصمیم‌گیرندگان می‌توان از مجموعه‌ی اعداد فازی استفاده کرد ولی با توجه به شکل ۷، این مجموعه‌ی اعداد کاملا متقارن بوده و حول مرکز افقی به‌صورت منظم پخش شده‌اند. با توجه به این که افراد مختلف دارای نگرش‌های مختلف به مسائل هستند و نیز در مسائلی دچار تعصبات گوناگون نظیر مثبت‌نگری یا منفی‌نگری هستند لذا این مجموعه‌ی منظم در مواردی دچار انحرافاتی به چپ یا راست می‌شود (شکل‌های ۳ تا ۵).

برای دخالت دادن ویژگی‌های انسانی نگرش و عدم قطعیت نیازمند استفاده از داده‌های فازی نامتقارن هستیم.

۸. نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی و ساخت خانه‌ی کیفیت با استفاده از داده‌های نامتقارن چندزبانی پرداختیم. از آنجا که ساخت خانه‌ی کیفیت و شناسایی نیازهای مشتریان تا حدود زیادی به داده‌های دریافتی از آنها و متخصصین بستگی دارد، در این پژوهش به‌منظور افزایش دقت و اعتبار نتایج خروجی فرایند، سطح تجربه و دید مثبت یا منفی افراد مد نظر قرار گرفت و به‌همین دلیل از مجموعه‌های کلامی نامتقارن چندزبانی استفاده شد. بدین‌منظور داده‌های نامتقارن چندزبانی از افراد دخیل در

جدول ۱۷. شاخص عملکرد ارزیابی‌های فنی شرکت در مقایسه با رقبا.

v	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
	$(s_{۰}^{۹}, ۰/۶۶)$	$(s_{۱}^{۹}, ۰/۵)$	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$	$(s_{۱}^{۹}, ۰/۵)$	$(s_{۱}^{۹}, ۰/۵)$	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$	$(s_{۱}^{۹}, ۰)$	$(s_{۱}^{۹}, ۰)$

جدول ۱۸. رتبه‌بندی نهایی ارزیابی‌های فنی.

HOW	رتبه‌بندی نهایی ارزیابی‌های فنی	
$H_۱$	۶	$(s_{۲}^{۹}, ۰/۷۹۷)$
$H_۲$	۱	$(s_{۵}^{۹}, ۰/۸۸۸)$
$H_۳$	۷	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$
$H_۴$	۲	$(s_{۵}^{۹}, ۰/۰۱۴)$
$H_۵$	۳	$(s_{۴}^{۹}, ۰/۷۰۱)$
$H_۶$	۷	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$
$H_۷$	۷	$(s_{۰}^{۹}, ۰)$
$H_۸$	۴	$(s_{۳}^{۹}, ۰/۴۷۵)$
$H_۹$	۵	$(s_{۲}^{۹}, ۰/۷۸۳)$

فرایند ساخت خانه‌ی کیفیت اخذ، و سپس توسط مدل سلسله‌مراتب کلامی یک‌دست و متقارن گشت و برای ساخت خانه‌ی کیفیت مورد استفاده قرار گرفت. به‌منظور دخالت دادن ریسک‌پذیری افراد نیز از عملگر OWA استفاده شد. همچنین به‌منظور افزایش دقت فرایند، این داده‌ها به شیوه‌ی نمایش ۲-tuple تبدیل شد تا از تضییع اطلاعات جلوگیری شود. سپس داده‌های یک‌دست شده طی یک فرایند ۹ مرحله‌یی مورد استفاده و ارزیابی قرارگرفت تا درانتها ارزیابی‌های فنی (HOWs) رتبه‌بندی شده و مهم‌ترین آن‌ها مشخص شود. براساس این داده‌ها سازمان می‌تواند به تعیین اولویت برای بهبود روش‌های فنی خود اقدام کند.

نوآوری تحقیق حاضر را می‌توان در دخالت دادن ویژگی‌های انسانی عدم قطعیت، سطح تجربه، میزان ریسک‌پذیری و نگرش فرد در فرایند ساخت خانه‌ی کیفیت دانست که در تحقیقات پیشین این موارد مورد توجه قرار نگرفته است.

کاربرد نوع داده‌ها و روند نوشتار حاضر را می‌توان در موارد مختلفی دانست که با تصمیمات انسانی به‌عنوان داده‌های ورودی سروکار دارد. علوم مختلفی مانند بازاریابی به‌منظور تحقیقات بازار برای فروش محصولات جدید و سنجش رضایت مشتریان درمورد یک برند خاص یا منابع انسانی به‌منظور سنجش رضایت کارکنان درمورد خدمت جدید می‌توانند از این روش استفاده کنند.

تحقیق حاضر نشان داد که می‌توان ویژگی‌های روحی و روانی مشتریان و افراد دخیل در فرایند ساخت خانه‌ی کیفیت را مدل‌سازی کرد و با استفاده از آن‌به نتایج معتبرتر و واقعی‌تری دست یافت. با توجه به مرور تحقیقات صورت گرفته در حوزه‌ی ساخت خانه‌ی کیفیت و دخالت دادن ویژگی‌های انسانی در حوزه‌ی تصمیم‌گیری، زمینه‌های تحقیقاتی همچون مدل‌سازی سایر ویژگی‌های روحی و روانی اثرگذار بر ارزیابی‌های انسانی در ساخت خانه‌ی کیفیت، و کاربرد مجموعه‌های فازی ذوزنقه‌یی در مدل‌سازی داده‌های ورودی برای ساخت خانه‌ی کیفیت برای پژوهش‌های آتی توصیه می‌شود.

پانوشت‌ها

1. quality function deployment
2. Mitsubishi's Kobe shipyard
3. house of quality
4. multi - granular
5. unbalanced fuzzy sets
6. hierarchical ordinal model
7. ordered weighted averaging
8. Kano model
9. loss function of Taguchi quality design
10. matter element theory
11. extension method
12. design requirements
13. technical difficulty
14. combined goodness measure of a decision alternative
15. symbolic translation
16. value supporting the result of a symbolic aggregation operation
17. symbolic translation
18. focus groups
19. cause and effect analysis

منابع (References)

1. Ayağ, Z., Samanlioglu, F. and Büyüközkan, G. "A fuzzy QFD approach to determine supply chain management strategies in the dairy industry", *Journal of Intelligent Manufacturing*, **24**(6), pp. 1111-1122 (2013).
2. Büyüközkan, G. and Çifçi, G. "An integrated QFD framework with multiple formatted and incomplete preferences: A sustainable supply chain application", *Applied Soft Computing*, **13**(9), pp. 3931-3941 (2013).
3. Akao, Y. and Mazur, G.H. "The leading edge in QFD: Past, present and future", *International Journal of Quality & Reliability Management*, **20**(1), pp. 20-35 (2003).
4. Delano, G., Parnell, G.S., Smith, C. and Vance, M. "Quality function deployment and decision analysis: A R&D case study", *International Journal of Operations & Production Management*, **20**(5), pp. 591-609 (2000).
5. Karsak, E.E. "Fuzzy multiple objective decision making approach to prioritize design requirements in quality function deployment", *International Journal of Production Research*, **42**(18), pp. 3957-3974 (2004).

6. Shillito, M.L., *Advanced QFD: Linking Technology to Market and Company Needs*, John Wiley & Sons (1994).
7. Hauser, J.R. and Clausing, D. "The house of quality", *Harvard Business Review*, **66**(3), pp. 63-74 (1988).
8. Hergeth, H., "Launching products towards the right target", *Journal of the Textile Institute*, **95**(1-6), pp. 251-259 (2004).
9. Hergeth, H. "Target costing in the textile complex", *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management,* **2**(4), pp. 1-10 (2002).
10. Xie, M., Goh, T.N. and Tan, K.C. "Advanced QFD applications", Published by Amer Society for Quality (ASQ) (2003).
11. Aslan, B. and Hergeth, H.H. "House of marketing quality using the house of quality to develop marketing strategies", *Journal of Business & Economics Research (JBER),* **5**(11), pp. 83-94 (2007).
12. Liu, H.T. "Product design and selection using fuzzy QFD and fuzzy MCDM approaches", *Applied Mathematical Modelling,* **35**(1), pp. 482-496 (2011).
13. Bhattacharya, A., Geraghty, J. and Young, P. "Supplier selection paradigm: An integrated hierarchical QFD methodology under multiple-criteria environment", *Applied Soft Computing,* **10**(4), pp. 1013-1027 (2010).
14. Zarei, M., Fakhrzad, M.B. and Jamali Paghaleh, M. "Food supply chain leanness using a developed QFD model", *Journal of Food Engineering*, **102**(1), pp. 25-33 (2011).
15. Park, T. and Kim, K.J. "Determination of an optimal set of design requirements using house of quality", *Journal of Operations Management,* **16**(5), pp. 569-581 (1998).
16. Duru, O., Huang, S.T., Bulut, E. and Yoshida, S. "Multilayer quality function deployment (QFD) approach for improving the compromised quality satisfaction under theagency problem: A 3D QFD design for the asset selection problem in the shipping industry", *Quality & Quantity,* **47**(4), pp. 2259-2280 (2013).
17. Tontini, G. "Integrating the Kano model and QFD for designing new products", *Total Quality Management,* **18**(6), pp. 599-612 (2007).
18. Park, J.H., Yang, K.M. and Kang, K.S. "A quality function deployment methodology with signal and noise ratio for improvement of Wasserman's weights", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology,* **26**(5-6), pp. 631-637 (2005).
19. Wu, C.T., Pan, T.S., Shao, M.H. and Wu, C.S. "An extensive QFD and evaluation procedure for innovative design", *Mathematical Problems in Engineering,* **2013**(6), pp. 1-7 (2013).
20. Chen, L.H. and Weng, M.C. "An evaluation approach to engineering design in QFD processes using fuzzy goal programming models", *European Journal of Operational Research,* **172**(1), pp. 230-248 (2006).
21. Büyüközkan, G. and Çifçi, G. "A new incomplete preference relations based approach to quality function deployment", *Information Sciences*, **206**, pp. 30-41 (2012).
22. Zhang, Z. and Chu, X. "Fuzzy group decision-making for multi-format and multi-granularity linguistic judgments in quality function deployment", *Expert Systems with Applications*, **36**(5), pp. 9150-9158 (2009).
23. Zhai, L.Y., Khoo, L.P. and Zhong, Z.W. "A rough set enhanced fuzzy approach to quality function deployment", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, **37**(5-6), pp. 613-624 (2008).
24. Grabisch, M., Orlovski, S.A. and Yager, R.R. "Fuzzy aggregation of numerical preferences", *In Fuzzy Sets in Decision Analysis, Operations Research and Statistics*, Springer, US, **1**, pp. 31-68 (1998).
25. Ogryczak, W. and Śliwiński, T. "On efficient WOWA optimization for decision support under risk", *International Journal of Approximate Reasoning*, **50**(6), pp. 915-928 (2009).
26. Zarghami, M. and Szidarovszky, F. "Fuzzy quantifiers in sensitivity analysis of OWA operator", *Computers & Industrial Engineering*, **54**(4), pp. 1006-1018 (2008).
27. Dursun, M. and Karsak, E.E. "A fuzzy MCDM approach for personnel selection", *Expert Systems with Applications*, **37**(6), pp. 4324-4330 (2010).
28. Yager, R.R. "On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making", *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on,* **18**(1), pp. 183-190 (1988).
29. Zadeh, L.A. "A computational approach to fuzzy quantifiers in natural languages", *Computers & Mathematics with Applications,* **9**(1), pp. 149-184 (1983).
30. Herrera, F. and Martınez, L. "A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words", *Fuzzy Systems, IEEE Transactions on*, **8**(6), pp. 746-752 (2000).
31. Delgado, M., Herrera, F., Herrera-Viedma, E., Martın-Bautista, M.J., Martinez, L. and Vila, M.A. "A communication model based on the 2-tuple fuzzy linguistic representation for a distributed intelligent agent system on internet", *Soft Computing*, **6**(5), pp. 320-328 (2002).
32. Herrera, F. and Martınez, L. "A model based on linguistic 2-tuples for dealing with multigranular hierarchical linguistic contexts in multi-expert decision-making", *Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, IEEE Transactions on,* **31**(2), pp. 227-234 (2001).
33. Herrera, F. and Martinez, L. "The 2-tuple linguistic computational model: Advantages of its linguistic description, accuracy and consistency", *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, **9**(supp01), pp. 33-48 (2001).
34. Chan, L.K. and Wu, M.L. "A systematic approach to quality function deployment with a full illustrative example", *Omega*, **33**(2), pp. 119-139 (2005).