Archive of SID

مهندسی صنایع و مدیریت شریف، (زمستان ۱۳۹۴)
دوره‌ی ۱ - ۳۱، شماره‌ی ۲/۱، ص. ۴۹-۵۹

Original Article

ارائه‌ی یک سیستم فازی هوشمند برای ارزیابی و آنالیز خانه‌ی کیفیت

سید حسین ایرانمنش (استادیار)
حمید رستگار* (دانشجوی کارشناسی ارشد)
محمدحسین مختارانی (دانشجوی کارشناسی ارشد)
دانشکده‌ی مهندسی صنایع، دانشگاه تهران

خانه‌ی کیفیت ابزاری کارآمد در کلیه‌ی مراحل طراحی و توسعه‌ی یک محصول است که وظیفه‌ی اصلی آن، ترجمه‌ی ندای مشتری به زبان قابل فهم برای تیم طراحی است تا طراحان بتوانند خواسته‌های مشتریان را شناسایی و نسبت به ارضاء آنها اقدام کنند. از آنجا که هنوز روش منسجمی برای ارزیابی خانه‌ی کیفیت ارائه نشده، در این نوشتار سعی شده تا سیستمی هوشمند برای ارزیابی خانه‌ی کیفیت ارائه شود. این سیستم به طراحان کمک می‌کند تا بتوانند خواسته‌های واقعی مشتریان را در محصول اعمال کنند و به این طریق رضایت‌مندی آنان را افزایش دهند. نوشتار حاضر شامل پیشینه‌یی از خانه‌ی کیفیت، مروری بر کارهای گذشته در این زمینه، و ارائه‌ی سیستم هوشمند مورد نظر است. همچنین نمونه‌یی موردی ارائه شده و نتایج آن مورد ارزیابی قرار گرفته است.

واژگان کلیدی: خانه‌ی کیفیت، سیستم هوشمند، ندای مشتری، سیستم استنتاج فازی، تیم طراحی.

hiranmanesh@ut.ac.ir
hamidrastegar93@ut.ac.ir
mokhtarani@ut.ac.ir

۱. مقدمه

امروزه موفقیت شرکت‌های تولیدی بستگی دارد به میزان توانایی‌شان در شناسایی نیازها و خواسته‌های مشتریان، و تلاش برای تولید محصولی که بتواند خواست آنان را تأمین کند. به‌عبارت دیگر اگر شرکتی قادر باشد در زمان کوتاه و با هزینه‌ی بهینه محصولاتی مطابق خواست مشتریان تولید کند، در صنعت مزبور پیشتاز خواهد شد. بنابراین توجه به خواسته‌های مشتریان باید مورد توجه جدی شرکت قرار گیرد. توسعه و تولید یک محصول، فرایندی زمان‌بر و پیچیده و نیازمند تحلیل اطلاعات بازار و مشتریان و تصمیم‌گیری مدیران ارشد است. تغییرات تکنولوژیکی و تغییرات سریع در خواسته‌های مشتریان، ضرورت توجه به خواسته‌ی آنان را بیش از پیش هویدا می‌سازد.[۱] از آنجا که زبان مشتریان با زبان مهندسی متفاوت است، ندای مشتریان[۱] باید به زبان مهندسی ترجمه شود تا تیم طراحی بتواند این خواسته‌ها را در محصول اعمال کند.[۲] اهمیت توجه به خواست مشتریان از یک سو و زمان‌بر بودن این کار از سوی دیگر، زمینه‌ساز بهره‌گیری از عملگرگسترش کیفیت[۲] ــ که ابزاری قدرت‌مند در شناسایی نیازهای واقعی مشتریان است ــ در صنعت ژاپن شد.[۳] عملگرگسترش کیفیت متشکل از فازهایی است که در اولین فاز آن ماتریسی به‌نام خانه‌ی کیفیت[۳] تشکیل می‌شود. در خانه‌ی کیفیت خواسته‌های مشتریان مرتباً فهرست می‌شود و عوامل فنی که با ارتقای آنها این خواسته‌ها برآورده می‌شوند مشخص می‌گردد.[۴]

با وجود این که خانه‌ی کیفیت ابزاری توانمند و بسیار مفید است، در بهره‌گیری از آن با مشکلاتی مواجه می‌شویم که برخی از آنها عبارت‌اند از: اشتباه در تفسیر درست خواست مشتری،[۵] احتمال اشتباه در تعیین وابستگی بین نیازهای مشتریان و عوامل فنی،[۶] و عدم شناخت کافی از نحوه‌ی استفاده از این ابزار. این مشکلات و نقایص موجود در خانه‌ی کیفیت ما را بر آن داشت تا یک سیستم هوشمند فازی طراحی کنیم که ضمن تجزیه و تحلیل ماتریس نهایی خانه‌ی کیفیت، اطلاعات مفید آن را استخراج کند. روشی که به مهندسان و تیم طراحی کمک می‌کند تا بتوانند به‌راحتی اطلاعاتی مفید و حائز اهمیت در مورد ماتریسی خانه‌ی کیفیت به دست آورند.

در این نوشتار پس از بررسی پیشینه‌ی عملگرگسترش کیفیت و خانه‌ی کیفیت، به مرور کارهای انجام‌شده در این زمینه می‌پردازیم. سپس سیستم هوشمندی برای ارزیابی و آنالیز خانه‌ی کیفیت ارائه شده است و در نهایت یک مطالعه‌ی موردی به‌منظور ارزیابی سیستم مورد نظر ارائه شده است.

۲. تعاریف مورد نیاز

۱.۲. عملگرگسترش کیفیت

رقابت در صحنه‌ی جهانی به بزرگ‌ترین چالش پیش روی شرکت‌های سراسر دنیا تبدیل شده است. این رقابت شرکت‌ها را بر آن داشته تا محصولات خود را با

* نویسنده مسئول
تاریخ: دریافت ۱۳۹۲/۹/۱۱، اصلاحیه ۱۳۹۳/۱/۲۱، پذیرش ۱۳۹۳/۲/۲۰.

www.SID.ir

Archive of SID

بهترین کیفیت و کم‌ترین هزینه تولید کنند. در این مسیر یک چالش بزرگ بر سر راه شرکت‌ها قرار دارد و آن چگونگی دست یافتن به خواسته‌ها و نظرات واقعی مشتریان است.[۷] با تمرکز بر خواست مشتریان، عملگر گسترش کیفیت به وجود آمد. عملگر گسترش کیفیت ابزار مفیدی برای ترجمان خواست مشتری به زبان مهندسی است. به‌عبارت دیگر این ابزار، نظرات و نیازمندی‌های مشتریان را به زبان فنی و مهندسی تبدیل می‌کند، به‌گونه‌یی که قابل اعمال روی محصول باشد.[۸] بیشترین کاربرد این ابزار در فاز طراحی و توسعه‌ی یک محصول است؛ جایی که اولین گام اساسی در راستای تعریف محصول شکل می‌گیرد و بنابراین باید بیشترین توجه به خواست مشتریان در آن صورت گیرد.[۹] عملگر گسترش کیفیت نخستین بار در سال ۱۹۷۲ و در شرکت صنایع سنگین میتسوبیشی توسط تیم طراحی این شرکت به کار گرفته شد.[۱۰] با استفاده از این ابزار، شرکت تویوتا موفق شد هزینه‌های قبل از ساخت خود را بین سال‌های ۱۹۷۷ تا ۱۹۸۴ به‌میزان ۶۰٪، و زمان مورد نیاز برای توسعه‌ی محصولات خود را به یک‌سوم کاهش دهد.[۱۱] از پیشگامان استفاده از عملگر گسترش کیفیت می‌توان به شرکت‌های میتسوبیشی، تویوتا، فورد و هیولت‌پکارد اشاره کرد.[۱۲] رمز موفقیت و محبوبیت عملگر گسترش کیفیت را می‌توان در ویژگی‌های آن، نظیر توانایی شناسایی دقیق نیازهای واقعی مشتریان، کاهش هزینه‌ی تولید محصول و کاهش زمان پیش‌تولید و آماده‌سازی جست‌وجو کرد.[۱۳]

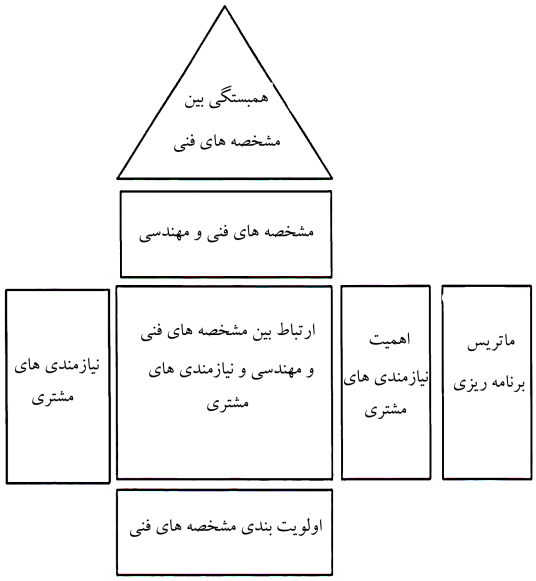
ساختار عملگر گسترش کیفیت از ۴ مرحله‌ی (ماتریس) به هم پیوسته تشکیل می‌شود. این مراحل عبارت‌اند از: ۱. طراحی یا برنامه‌ریزی محصول؛ ۲. گسترش اجزا؛ ۳. طراحی یا برنامه‌ریزی فرایند؛ ۴. برنامه‌ریزی کنترل فرایند یا تولید. خروجی هر مرحله به‌عنوان ورودی مرحله‌ی بعد مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این نوشتار، در بین این مراحل چهارگانه، تمرکز اصلی بر مرحله‌ی نخست است که خروجی آن ماتریس خانه‌ی کیفیت است. مرحله‌یی که طراحی محصول در آن انجام می‌شود و خواست مشتریان در این فاز بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد.

۲.۲. خانه‌ی کیفیت

چنان که پیش از این عنوان شد، نخستین مرحله در سیستم عملگر گسترش کیفیت، طراحی محصول است که خروجی آن ماتریسی است که به‌علت شباهت آن به خانه، به آن «خانه‌ی کیفیت» می‌گویند. خانه‌ی کیفیت ماتریسی است که در آن رابطه‌ی میان چه‌ها و چگونه‌ها تشریح می‌شود:

- چه‌ها شامل خواسته‌ها و نیازهای مشتریان از محصول و یا خدمات مورد نظر است (الزامات مشتری)؛
- چگونه‌ها نشان‌دهنده‌ی چگونگی ارضاء خواسته‌ها و نیازهای مشتری در محصول است (الزامات فنی).

شکل ۱ نمایی از یک خانه‌ی کیفیت را نشان می‌دهد. چنان که بیان شد، با تکمیل ماتریس خانه‌ی کیفیت، مرحله‌ی اول سیستم عملگر گسترش کیفیت به پایان می‌رسد. با این وجود با استفاده از این ماتریس نمی‌توان به‌طور خودکار به اطلاعات زیادی دست یافت. تیم طراحی باید بداند کدام شاخص‌های فنی و به چه میزان باید بهبود یابند تا کیفیت مورد نظر غالب مشتریان تأمین شود. با نگاهی به ماتریس نهایی خانه‌ی کیفیت می‌توان دریافت که این ماتریس تنها حجم عظیمی از داده‌ها را در اختیار تیم طراحی می‌گذارد. بنابراین نیاز به سیستم هوشمندی که این ماتریس را تحلیل کند و اطلاعات آن را استخراج کند به‌خوبی احساس می‌شود.



شکل ۱. نمایی از یک خانه‌ی کیفیت.

۳. مرور ادبیات

طی دهه‌های گذشته، روش‌های متعددی برای ارزیابی خانه‌ی کیفیت، کمی کردن اطلاعات آن، و اولویت‌بندی نیازهای مشتریان ارائه شد. برخی از این تحقیقات به دنبال استفاده از منطق فازی به‌منظور اولویت‌بندی نیازهای مشتریان و رتبه‌بندی آنها بوده‌اند.[۱۴و۱۵] در این شیوه سعی شده بود با فازی کردن اعداد درون ماتریس خانه‌ی کیفیت و انجام عملیات ریاضی، به هر نیاز مشتری امتیاز و وزن داده شود و این خواسته‌ها برمبنای وزن‌شان ارزیابی شوند. در روش ارزیابی سلسله‌مراتبی که محققین پیشنهاد کردند،[۱۶] با استفاده از نظر متخصصین و صاحب‌نظران عرصه‌ی کیفیت ارزش (امتیاز) اولیه‌یی به هر شاخص داده می‌شود؛ سپس امتیازات داده شده مجددا به داوری گروه قرار داده می‌شود تا با توجه به امتیازات نهایی، رتبه‌بندی نسبی هر شاخص به دست آید. برای خطی‌کردن شاخص‌های فنی در غالب یک تابع هدف، مدلی همراه با محدودیت‌هایی ارائه شد،[۱۷] که هدف آن بیشینه‌سازی شاخص‌های کیفی در حین کاهش هزینه‌هاست. این مدل به‌علت کثرت محدودیت‌ها و متغیرها، کارایی چندانی برای مسائل با شاخص‌های فنی زیاد ندارد و حتی برای مسائل کوچک هم مشخص نیست جوابی که ارائه می‌کند بهینه باشد. محققین روشی ارائه کردند که شاخصه‌های فنی را با توجه به تأثیری که بر هم دارند مورد بررسی قرار می‌دهد.[۱۸] این روش تا حدودی از جامعیت نسبی برخوردار است چرا که تأثیر تغییر در یک شاخص بر دیگر عوامل فنی را نیز در نظر می‌گیرد و تنها امتیاز هر شاخص را ملاک عمل قرار نمی‌دهد. روشی که در این مقاله برای رتبه‌بندی شاخص‌های فنی در نظرگرفته شده مبتنی بر سیستم استنتاج فازی[۴] است. بنابراین قبل از ارائه‌ی مدل، توضیح مختصری درمورد سیستم استنتاج فازی ضروری به نظر می‌رسد.

۱.۳. سیستم استنتاج فازی

این سیستم قادر است با استفاده از منطق فازی، داده‌های ورودی را به اطلاعات مفهومی خروجی تبدیل کند. به‌عبارت دیگر، سیستم استنتاج فازی می‌کوشد تا با ارائه‌ی دستورالعمل‌های مبتنی بر منطق فازی، اطلاعات واردشده توسط کاربر را

www.SID.ir

Archive of SID

به نتایج مورد نیاز کاربران تبدیل کند. این سیستم تلاش می‌کند تا روند استنتاج انسان را به‌صورتی نظام‌مند در خود ایجاد کند (با استفاده از منطق فازی و ایجاد قوانین اگر ← آنگاه). به‌عنوان مثال در یک رستوران برای پرداخت انعام به گارسون می‌توان از این سیستم استنتاج استفاده کرد: «اگر سرویس‌دهی مناسب بود، حتی اگر کیفیت غذا نامناسب بود آنگاه انعام سخاوت‌مندانه باشد.» بنابراین در زمانی که پارامترهای تصمیم‌گیری فراوان‌اند و تصمیم‌گیری دشوار می‌شود، با تعریف قوانینی در سیستم استنتاج فازی می‌توان به تصمیمی قابل قبول دست یافت.[۱۹] سیستم استنتاج فازی به دو گروه تقسیم می‌شود: مستقیم و غیرمستقیم. روش مستقیم شامل ممدانی و سوجنو است که تفاوت این دو روش تنها در نحوه‌ی دریافت خروجی است. روش‌های غیر مستقیم که کم‌تر رایج‌اند پیچیده‌ترند و نیاز به تخصص بالاتری دارند. در این مقاله از سیستم استنتاج فازی ممدانی استفاده شده است.

۴. روش پیشنهادی

۱.۴. سیستم هوشمند

چنان که پیش از این ذکر شد به‌منظور استخراج اطلاعات ماتریس نهایی خانه‌ی کیفیت، سیستم هوشمندی مورد نیاز است که بتواند ضمن تجزیه و تحلیل این ماتریس، اطلاعات مفید آن را استخراج کند. ارائه‌ی روشی که بتواند به‌طور نظام‌مند این ماتریس با ارزش را تحلیل کند و اطلاعات ارزشمند آن را به تیم طراح منتقل کند یکی از چالش‌هایی بوده که سال‌ها ذهن پژوهش‌گران این حوزه را به خود مشغول داشته است.

مدمدلی که در این قسمت ارائه می‌شود یک سیستم هوشمند فازی‌محور[۵] است که هدف آن اولویت‌بندی شاخصه‌های فنی[۶] موجود در ماتریس خانه‌ی کیفیت است. شاخصه‌های فنی را می‌توان برمبنای معیارهای گوناگونی انتخاب کرد، اما نگرش غالب در این مقاله توجه به خواسته‌های مشتریان است؛ اگرچه محدودیت‌های فنی نیز در نظرگرفته می‌شوند. روش پیشنهادی مورد نظر متشکل از چهار فاز است که در نخستین فاز داده‌های ماتریس خانه‌ی کیفیت برای ورود به سیستم استنتاج فازی آماده می‌شود. در فاز دوم با استفاده از سیستم استنتاج فازی، روابط بین شاخصه‌های فنی در ماتریس اعمال می‌شود. در فاز سوم با استفاده از دومین استنتاج فازی، روابط بین یک شاخص فنی با چند شاخص فنی دیگر مورد بررسی قرار می‌گیرد. و نهایتاً در فاز آخر ارزش هر عامل فنی مشخص می‌شود و شاخص‌ها برحسب وزن‌شان اولویت‌بندی می‌شوند.

پیش از ارائه‌ی توضیحات تکمیلی درمورد مدل، ابتدا لازم است پارامترهای مورد استفاده در مدل معرفی شوند.

CR: خواسته‌های مشتریان؛

TC: شاخص‌های فنی؛

f_{ij}: رابطه‌ی بین CR_i و TC_j قبل از اعمال وزن مشتریان؛

S_{jk}: وابستگی بین شاخص‌های فنی TC_j و TC_k؛

W_i: وزن نسبی شاخص‌های فنی؛

f'_{ij}: رابطه‌ی بین CR_i و TC_j بعد از اعمال وزن مشتریان؛

f''_{ij}: رابطه‌ی بین CR_i و TC_j بعد از اعمال وزن مشتریان و نرمالیزه کردن؛

TCV_j: ارزش کلی هر شاخص فنی.

۲.۴. تشریح متدولوژی

الف) فاز ۱

گام ۱. تأثیر دادن خواسته‌های مشتریان روی ماتریس ارتباطات. در این گام با توجه به ماتریس ارتباطات نمادین، ماتریس روابط عددی تشکیل می‌شود و با توجه به روابط موجود در جدول رابطه‌ها، ماتریس روابط کمی‌سازی می‌شود. بدین منظور، وزن‌های اختصاص یافته به هر CR در داده‌های موجود در ماتریس روابط ضرب می‌شود.

$$f'_{ij} = f_{ij} \times W_i, \qquad i \in CR,\ j \in TC$$

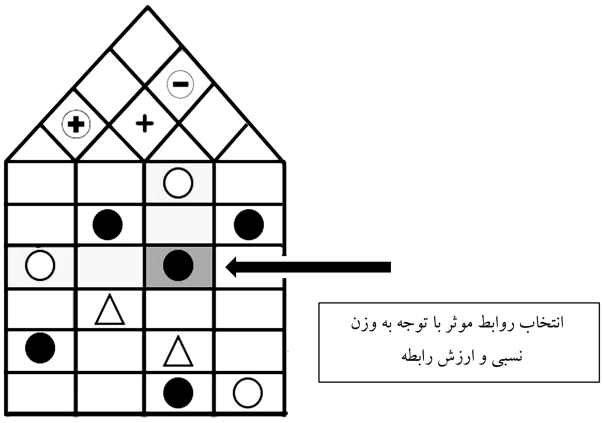
گام ۲. نرمالیزه کردن داده‌های موجود در ماتریس روابط. داده‌های به دست آمده از گام ۱ باید بین ۰ و ۱ قرار داشته باشد. برای این کار داده‌ها باید نرمال شوند. بدین‌منظور بزرگ‌ترین عدد موجود در ماتریس روابط مشخص شده و تمامی اعداد دیگر بر آن تقسیم می‌شود تا داده‌های این ماتریس بین ۰ و ۱ قرارگیرد.

$$f''_{ij} = f'_{ij}/\mathrm{Max}(f'_{ij}), \qquad i \in CR,\ j \in EC$$

گام ۳. تعیین درصدی از بهترین شاخص‌ها در فاز اول برای ورود به فاز دوم. برای هریک از خواسته‌های مشتریان باید به روابط آن با شاخص‌های فنی نیز توجه شود. هر شاخص فنی در ماتریس خانه‌ی کیفیت ممکن است با چند خواسته‌ی مشتری تقاطع داشته باشد. در این گام به دنبال درصدی از شاخص‌های فنی هستیم که بیشترین تأثیر را بر کیفیت محصول دارند. بنابراین با توجه به ماتریس نرمال شده و با نظر تیم طراحی، درصدی از بهترین شاخص‌ها انتخاب می‌شود. شکل ۲ نحوه‌ی انتخاب مؤثرترین روابط در خانه‌ی کیفیت را نشان می‌دهد.

ب) فاز ۲

رعایت وابستگی‌های موجود بین شاخص‌های فنی که در فاز اول به دست آمد از ضروریات است. بدین منظور با توجه به سقف خانه‌ی کیفیت، وابستگی‌های بین شاخص‌های فنی تحلیل می‌شود. وابستگی بین شاخص‌های فنی که روی سقف خانه‌ی کیفیت قرار دارد، نشان می‌دهد که شاخص‌های فنی یکدیگر را تقویت می‌کنند یا در جهت عکس هم حرکت می‌کنند. لذا در این مرحله و مرحله‌ی بعد با استفاده از سیستم استنتاج فازی، روابط میان شاخص‌های فنی بررسی می‌شود. در مرحله‌ی اول ارزش هر ستون و در مرحله‌ی دوم ارزش هریک از شاخص‌ها با توجه نوع وابستگی‌ها به دست می‌آید.



شکل ۲. انتخاب مؤثرترین شاخص‌ها در فاز ۱.

www.SID.ir

Archive of SID

گام ۱. محاسبه‌ی ارزش هر ستون: در این گام ارزش هر ستون محاسبه می‌شود. در شکل ۳، ستون سوم ماتریس روابط را در ۳ نقطه و با ارزش ۱ و ۵ قطع می‌کند. برای محاسبه‌ی ارزش هر ستون عملگر جبری[۷] (الجبریک) چنین تعریف می‌شود:

$$\text{Algebraic}(a, b) = a + b - a.b$$

$$۰/۵ + ۰/۱ - ۰/۵ \times ۰/۱ = ۰/۵۵$$

اگر اعضای مجموعه‌ی خواسته‌های مشتری از ۱ تا cr تعریف شود، عملگر جبری در این فاز عبارت است از:

$$TC_i = ۱ \quad \forall W_{i,j} = f''_{۱j}$$

$$W_{i,j} = W_{i-۱,j} + f''_{ij} - W_{i-۱,j}.f''_{ij}$$

$$TCV_j = f''_{ij} + W_{i-۱,j} - W_{i-۱,j}.f''_{ij}$$

گام ۲. اولین استنتاج فازی. سیستم استنتاج فازی ممدانی که برای این متدلوژی در نظرگرفته شده شامل دو ورودی است که این ورودی‌ها توسط یک سری از متغیرهای زبانی[۸] تعریف می‌شود. این متغیرها برمبنای محاسبات فاز ۱ تعریف می‌شوند. ماتریس وابستگی‌ها شامل ۴ نوع رابطه بین شاخص‌های فنی است که این روابط شامل بسیار مثبت، مثبت، منفی و بسیار منفی است. درگام قبل تعدادی از مؤثرترین شاخص‌های فنی انتخاب شد؛ در این گام ارزش مؤثر هریک از این شاخص‌ها با توجه به وابستگی هر شاخص با شاخص‌های دیگر محاسبه می‌شود.

چنان که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، اگر f''_{ij} با توجه به ارزش به دست آمده در مرحله‌ی قبل، به‌عنوان یک شاخص فنی مهم در ماتریس خانه‌ی کیفیت شناخته شود، باید روابط آن با سایر شاخص‌های فنی هم در تحلیل مورد توجه قرار گیرد. به‌طور مثال ممکن است یک رابطه‌ی قوی منفی در ماتریس روابط در سقف سبب شود تا از ارزش یک عنصر کاسته شود. در این مرحله با دو حالت عمومی متفاوت روبه‌رو هستیم. در حالت اول شاخص مربوط به نقطه‌ی انتخاب شده در ماتریس ارتباطات دارای یک یا چند رابطه با شاخص‌های دیگر است. در حالت دوم شاخص فنی انتخاب شده با هیچ عامل دیگری در ارتباط نیست.

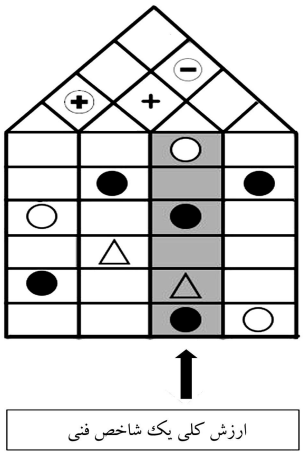
در حالت اول برای بررسی این موضوع با دو فاز جداگانه مواجه‌ایم که به‌صورت سیستم استنتاج مورد بررسی قرار می‌گیرند. بدین‌منظور ابتدا باید تأثیر رابطه‌ها را به‌طور جداگانه بررسی کرد و سپس تأثیر هم‌افزایی آن‌ها را مورد بررسی قرار داد؛ به‌طور مثال در شکل مورد بررسی f''_{ij} به‌عنوان نقطه‌یی کلیدی برای شروع بررسی انتخاب شده است. در این شرایط عنصر f''_{ij} با دو رابطه‌ی S_{jk} و S'_{jk} به دو ستون k و k' متصل است. در این مرحله ما به دنبال ارزش‌گذاری مجزا برای هریک از $TCV_j(f''_{ij}, S'_{jk})$، $TCV_j(f''_{ij}, S_{jk})$ و TCV'_j هستیم. سپس در مرحله‌ی بعد تأثیر هم‌زمان آن‌ها را بر روی هم مورد بررسی قرار می‌دهیم. اما در حالتی که f''_{ij} با عنصری در ارتباط نباشد صرفاً ارزش f''_{ij} را محاسبه می‌کنیم. باتوجه به دو حالت مطرح شده دو تابع در نظرگرفته شده عبارت‌اند از:

$$O = FIS۱ \quad (\text{ورودی ۱، نوع ارتباط، ورودی ۲})$$

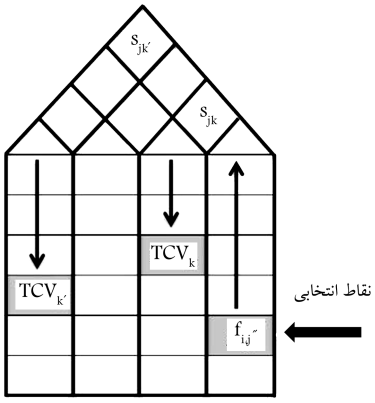
$$O = FIS۱ \quad (\text{ورودی ۱})$$

توابع عضویت ورودی‌های به سه حالت قوی، متوسط و ضعیف تعریف می‌شود (شکل ۵).

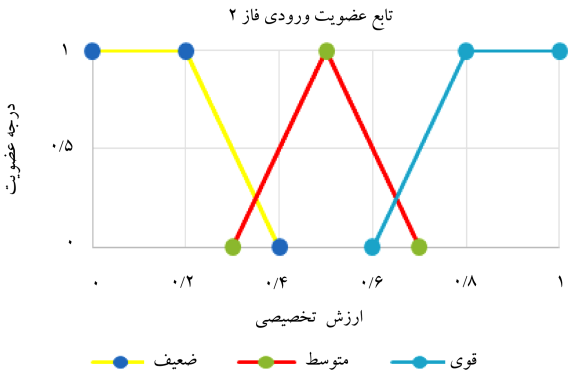
تابع عضویت عناصر خروجی سیستم استنتاج نیز در شکل ۶ نشان داده شده است. این تابع دارای ۵ عضو بسیار محتمل، محتمل، معمولی، با احتمال کم و غیر محتمل است.



شکل ۳. محاسبه‌ی ارزش هر ستون.



شکل ۴. آنالیز وابستگی بین شاخص‌های فنی.



شکل ۵. تابع عضویت ورودی.

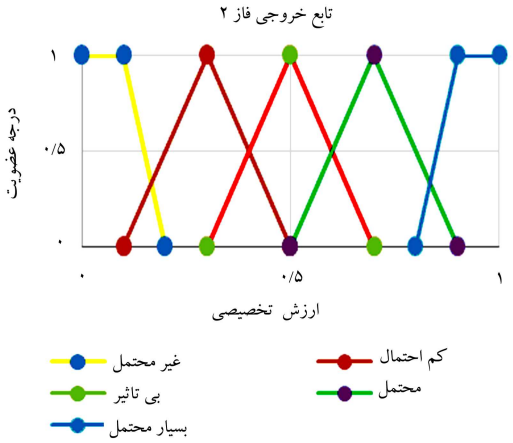
انتخاب این توابع عضویت و تعداد سطوح آن به‌دلیل ماهیت داده‌های ورودی به ماتریس خانه‌ی کیفیت است. (داده‌های ورودی خانه‌ی کیفیت بین ۰ و ۱ بوده و پراکندگی خاصی دارند). تعداد سطوح تابع عضویت نیز نه آن‌قدر کم انتخاب شده که دقت محاسبات را کاهش دهد و نه آن‌قدر زیاد است که محاسبات را پیچیده و دشوار کند.

در بررسی حالت وابستگی بین شاخص فنی مورد نظر و سایر شاخص‌ها، درصورت وجود ۴ نوع وابستگی ۴ نوع سیستم متمایز و در صورت نبود وابستگی ۱ نوع سیستم استنتاج تعریف می‌شود. در نتیجه نیاز به تعریف ۵ سیستم متمایز قوانین

www.SID.ir

Archive of SID

وجود دارد که در جدول ۱ به آن اشاره شده است. این جدول برمبنای مقایسه‌ی زوجی ارزیابی‌های انسانی شکل گرفته است. این روش، روشی شناخته شده در طراحی جدول استنتاج در سیستم‌های استنتاجی و خبره است. به‌عنوان مثال اگر یک شاخصه‌ی فنی رابطه‌یی بسیار قوی با یک شاخص فنی دیگر دارد و همچنین یک رابطه‌ی مثبت قوی بین این شاخص فنی و یک خواسته‌ی مشتری وجود دارد، به‌وضوح تصمیم‌گیری ساده‌تر از موقعیتی است که در آن یک شاخصه‌ی فنی رابطه‌یی منفی با شاخص دیگر دارد و همچنین برهمکنشی ضعیف با نیاز مشتری دارد. با مشخص کردن تمام حالت‌های تصمیم‌گیری براساس نوع رابطه‌ی بین شاخص‌ها و همچنین رابطه‌ی بین شاخص‌ها و خواسته‌های مشتریان، و مقایسه‌ی زوجی این



شکل ۶. تابع عضویت خروجی فاز ۲.

جدول ۱. بسته‌ی قوانین برای سیستم استنتاج فاز ۱.

	نوع وابستگی	f''_{ij}	TCV_j	خروجی
۱	سری قوانین بسیار مثبت	قوی	قوی	بسیار محتمل
۲		قوی	متوسط	بسیار محتمل
۳		متوسط	قوی	محتمل
۴		متوسط	متوسط	محتمل
۵		ضعیف	قوی	محتمل
۶		ضعیف	متوسط	بی تأثیر
۷	سری قوانین وابستگی مثبت	قوی	قوی	بسیار محتمل
۸		قوی	ضعیف	محتمل
۹		ضعیف	ضعیف	غیرمحتمل
۱۰		ضعیف	متوسط	بی تأثیر
۱۱	سری قوانین وابستگی منفی	قوی	قوی	بی تأثیر
۱۲		قوی	ضعیف	محتمل
۱۳		ضعیف	قوی	غیرمحتمل
۱۴		متوسط	متوسط	کم احتمال
۱۵	بسیار منفی	قوی	قوی	کم احتمال
۱۶		قوی	متوسط	بی تأثیر
۱۷		قوی	ضعیف	محتمل
۱۸		ضعیف	متوسط	غیرمحتمل
۱۹	بدون وابستگی	قوی		ساده
۲۰		متوسط		بی تأثیر
۲۱		ضعیف		کم احتمال

حالت‌ها می‌توان به جدول ۱ دست یافت.

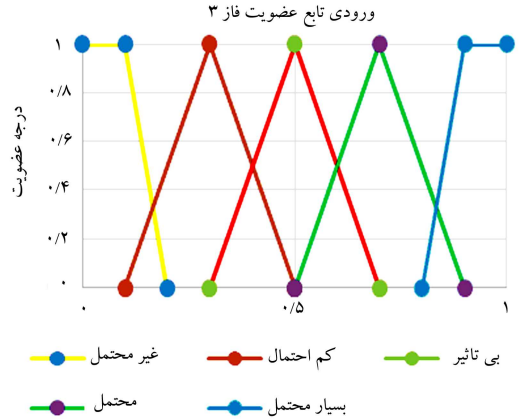
در حالت اول تا چهارم ورودی‌ها شامل دو عنصر بوده و در حالت آخر که تنها یک رابطه وجود دارد با یک عنصر ورودی ارتباط وجود دارد.

ج) فاز ۳

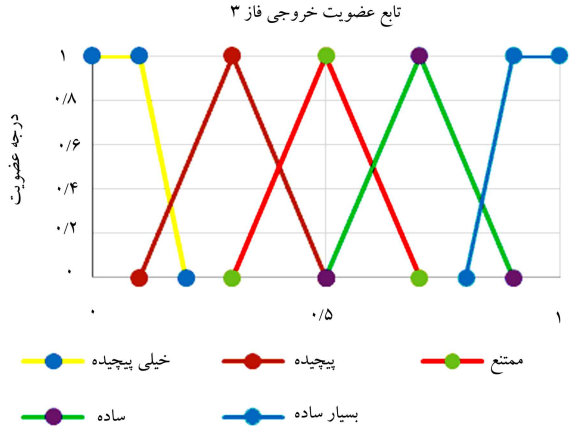
گام ۱. بررسی همزمان رابطه‌ی بین شاخص‌های فنی با استفاده از سیستم استنتاج فازی ۲: در این مرحله نیز با استفاده از سیستم استنتاج فازی، تأثیر وجود چند رابطه‌ی وابستگی را بررسی می‌کنیم. در این شرایط برای رعایت سادگی فرض شده که هر شاخص فنی بتواند حداکثر با دو شاخص دیگر وابستگی برقرار کند. با توجه به این که ورودی این مرحله خروجی مرحله‌ی قبل است، از تابع عضویت خروجی داده‌ها برای تشکیل سیستم استنتاج استفاده می‌کنیم. شکل ۷ تابع عضویت ورودی فاز ۲ را مشخص می‌کند.

در این شرایط دو حالت برای ورودی‌های این قسمت متصور است؛ در حالت اول TC انتخاب شده با هیچ شاخص فنی دیگری ارتباط ندارد، یا تنها با یک TC دیگر در ارتباط است. در این حالت ورودی سیستم استنتاج فاز ۲ شامل یک عنصر است و در حالت دوم TC مورد بررسی با دو TC دیگر در ارتباط است که حضور دو ورودی را در سیستم ضروری می‌سازد. در شکل ۸ روابط بین دو ورودی این فاز و تابع خروجی نشان داده شده است. همانند تابع ورودی، خروجی‌ها هم توسط متغیرهای زبانی ساده تعریف می‌شوند.

حال باید یک بسته‌ی قوانین برای سیستم استنتاج فاز ۳ تعریف شود. چنان



شکل ۷. تابع عضویت ورودی فاز ۲.



شکل ۸. تابع عضویت خروجی فاز ۳.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. بسته‌ی قوانین سیستم استنتاج فاز ۲.

	بسیار محتمل	محتمل	بی تأثیر	بدون رابطه	کم احتمال	غیر محتمل
بسیار محتمل	بسیار ساده	ساده	ساده	ساده	ممتنع	ممتنع
محتمل	ساده	ساده	ممتنع	ساده	ممتنع	پیچیده
بی تأثیر	ساده	ممتنع	ممتنع	ممتنع	پیچیده	پیچیده
بدون رابطه	ساده	ساده	ممتنع	...	پیچیده	خیلی پیچیده
کم احتمال	ممتنع	ممتنع	پیچیده	پیچیده	پیچیده	خیلی پیچیده
غیرمحتمل	ممتنع	پیچیده	پیچیده	بسیار پیچیده	خیلی پیچیده	خیلی پیچیده

که در جدول ۱ مشاهده شد، براساس دو ورودی و یک خروجی، ۵ بسته‌ی قوانین برای استنتاج در فاز ۲ تعریف شد: بسیار محتمل، محتمل، کم احتمال، غیرمحتمل و بی‌تأثیر خروجی‌هایی بودند که برمبنای ورودی‌های فاز ۲ تعریف می‌شدند. بنابراین در فاز ۳، ورودی‌های بسته‌ی قوانین همان خروجی سیستم استنتاج فاز ۲ است و کلیه‌ی این قوانین در جدول ۲ ثبت شده است. تعداد ورودی هر سطر براساس تعداد وابستگی موجود بین یک شاخص فنی و دیگر شاخص‌هاست که این تعداد می‌تواند حداقل صفر و حداکثر ۲ باشد. البته می‌توان درصورت نیاز بیش از دو وابستگی را نیز در نظر گرفت. عبارات داخل جدول در واقع درجه‌ی پیچیدگی تصمیم‌گیری را با توجه به خروجی فاز ۲ تعریف می‌کنند. تصمیم‌گیری می‌تواند بسیار ساده یا بسیار پیچیده باشد. بنابراین برمبنای تعداد و نوع روابط وابستگی موجود بین یک شاخص فنی و سایر شاخص‌ها، جدول قوانین سیستم استنتاج فاز ۳ مطابق جدول ۲ تعریف می‌شود.

د) فاز ۴

خروجی فاز ۳ ارزش هر شاخص فنی را با توجه به ماتریس رابطه‌ها و وابستگی‌ها نشان می‌دهد. به‌منظور به دست آوردن ارزش واحد برای هر ستون، از عملگر جبری که در فاز ۲ تعریف شد در جمع همه‌ی داده‌های مربوط به یک ستون استفاده می‌شود. در ماتریس‌های با ابعاد بزرگ چون تعداد ورودی‌های انتخاب شده در مرحله‌ی اول افزایش می‌یابد جمع اعداد جبری به مقدار ۱ نزدیک شده و تمایز آن‌ها دشوار می‌شود. برای برطرف کردن این مشکل دو راه وجود دارد: ۱. تعداد عناصر انتخابی از ماتریس اولیه را کاهش دهیم تا بدین‌ترتیب تمامی جواب‌ها شمرده نشود؛ ۲. تمام داده‌های خروجی مرحله‌ی سوم را بر عددی تقسیم کرده سپس از عملگر فازی استفاده کنیم. در نهایت ارزشی که برای هر TC به دست می‌آید نشان‌دهنده‌ی ارزش آن TC با توجه به دیدگاه مشتری و ماتریس ارتباط آن است. در این مدل از دو روش گفته شده استفاده کرده و جواب‌ها را مقایسه می‌کنیم. در نهایت با توجه به ارزشی که برای هر شاخص فنی به دست می‌آید ارزش کلی هر شاخص به دست آمده و شاخص‌های فنی براساس ارزش رتبه‌بندی می‌شوند. با این روش رتبه‌بندی نسبتاً جامعی برای شاخص‌های فنی حاصل می‌شود.

۵. مطالعه‌ی موردی

به‌دلیل اهمیت روزافزون نقش QFD در سیستم‌ها و خدمات، موردی که برای بررسی در این قسمت انتخاب شده، برخلاف اکثر نمونه‌ها که ماهیت تولیدی دارند، ماهیت خدماتی دارد. قرار است در یک دانشکده، یک دفتر گروه آموزشی احداث شود؛ لذا یک تیم طراحی از طرف ریاست دانشکده برگزیده شد تا فعالیت‌های مرتبط با احداث را بررسی کند.[۲۰] تیم طراح ابتدا نسبت به شناسایی ذی‌نفعان این گروه آموزشی ــ شامل مدیریت، دانشجویان، اساتید و کارکنان دانشکده ــ اقدام کرد و نظرات و خواسته‌های آنان را درمورد احداث این گروه آموزشی ثبت کرد. سپس این خواسته‌ها را سازمان‌دهی کرده و خواسته‌های قابل اجرا را لیست کرد. این تیم شاخص‌هایی تعریف کرد که با برآورده شدن آنها، خواسته‌های ذی‌نفعان تا حد زیادی ارضاء می‌شود. پس از این که نیازهای ذی‌نفعان فهرست شد، شاخص‌هایی تکنیکی که با اعمال آن این خواسته‌ها ارضاء می‌شود، روابط بین شاخص‌های تکنیکی و خواسته‌های ذی‌نفعان، و همچنین وابستگی بین شاخص‌های تکنیکی با هم مشخص شد. با انجام این فعالیت‌ها ماتریس خانه‌ی کیفیت مربوط به احداث این گروه آموزشی تکمیل شد. بعد از تکمیل خانه‌ی کیفیت، اکنون لازم است تا این ماتریس تحلیل و ارزیابی شود و شاخص‌های فنی آن رتبه‌بندی و امتیازدهی شوند تا تیم طراح عامل‌هایی را که باید بیشتر مد نظر داشت، به‌راحتی بشناسد.

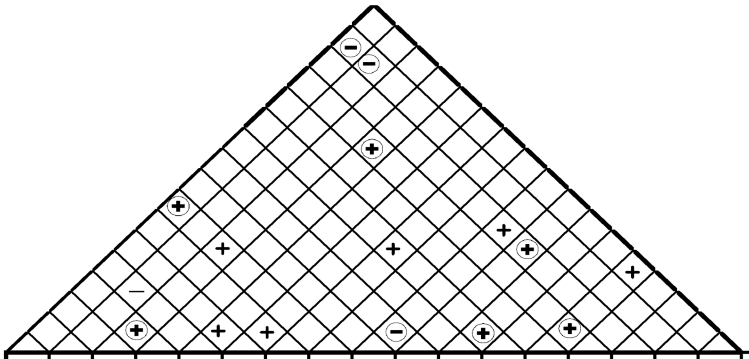
۵.۱. حل نمونه‌ی مورد مطالعه

چنان که ذکر شد، برای ارزیابی خانه‌ی کیفیت باید یک فرایند چهارفازی طی شود. به این منظور باید: ۱. ماتریس خانه‌ی کیفیت با توجه به وزنی که به هر نوع ارتباط داده می‌شود وزن‌دهی شود. بدین‌منظور برای روابط قوی در ماتریس خانه‌ی کیفیت وزن ۰٫۹ برای رابطه‌ی متوسط وزن ۰٫۵ و برای رابطه‌ی ضعیف وزن ۰٫۱ در نظر گرفته می‌شود. با این کار ماتریس خانه‌ی کیفیت از حالت نمادین به عددی تبدیل می‌شود و زمینه برای عملیات ریاضی روی آن فراهم می‌شود. سپس اعداد ستون سمت راست ماتریس که نشان‌گر نظر کارشناسان، و نیز ارزش هر خواسته‌ی ذی‌نفعان است در اعداد ماتریس خانه‌ی کیفیت ضرب می‌شود. اعداد هر سطر در عدد مربوط به آن سطر که در ستون سمت راست قرار دارد ضرب می‌شود. بعد از نرمالیزه کردن اعداد درون ماتریس ارتباطات، ماتریس نهایی خانه‌ی کیفیت آماده‌ی ورود به فاز دوم به دست می‌آید (شکل ۹). ۲. ارزش هر شاخص فنی با توجه به تعداد و نوع رابطه‌یی که این شاخص در ماتریس ارتباطات دارد، و با استفاده از عملگر جبری به دست می‌آید. جدول ۳ ارزش هر شاخص فنی را با توجه به ماتریس ارتباطات نشان می‌دهد.

چنان که در جدول ۳ مشاهده می‌شود به تعداد شاخص‌های فنی، ۱۷ عدد که نشان‌گر ارزش شاخص‌هاست به دست می‌آید. در مرحله‌ی دوم فاز ۲ به دنبال به دست آوردن ارزش یک شاخص با توجه به وابستگی آن با یک TC دیگر هستیم. با توجه به تعداد عناصر ماتریس رابطه‌ها و تعداد وابستگی‌ها ۲۰۲ رابطه‌ی متفاوت

www.SID.ir

Archive of SID



			شاخص های فنی																			
			اعتبار عمومی	تجهیزات آزمایشگاهی	امکانات کامپیوتری کلاس ها	تجهیزات کامپیوتری	سیستم ارزیابی آموزشی	سیستم ارتقا آموزش	پیش نیاز ها	نسبت امکانات به دانشجویان	یکپارچه سازی سیستم تدریس یار ها	دروس تخصصی	دروس پیشرفته	تنوع دوره های موجود	مهارت های ارتباطی	مهارت های کامپیوتری	اعتبار گواهی دانشگاه	زمان های فعال دانشگاه	جو عمومی دانشگاه	وزن نسبی
			۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	
خواسته های مشتریان	۱	دانش عمومی اساتید و کادر اداری	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۵۵۶	۰.۵۵۶	۰	۰	۰	۰.۱۱۱	۱	۰	۰	۵
	۲	توانایی انتقال درس اساتید	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰.۵۵۶	۰.۱۱۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۵۵۶	۰.۱۱۱	۰.۵۵۶	۵
	۳	توانایی تدریس استاد یار ها	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰.۵۵۶	۰.۵۵۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۵۵۶	۰.۱۱۱	۰.۵۵۶	۵
	۴	ساعت ها مناسب کلاس ها	۰.۴	۰	۰	۰.۰۴۴	۰.۰۴۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۴۴	۰	۰	۰	۲
	۵	فرصت های همکاری	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۲	۰.۰۲۲	۰	۰	۰	۰	۰.۱۱۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱
	۶	برنامه ی مشترک با سایر نهاد ها	۰.۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۲	۰	۰	۰	۰.۱۱۱	۰.۲	۰	۰	۰	۰	۰	۱
	۷	انعطاف پذیری برنامه ی درسی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۶۷	۰	۰	۰.۶	۰.۶	۰.۶	۰	۰.۳۳۳	۰	۰	۰	۳
	۸	مهارت های نوشتاری	۰	۰	۰.۰۸۹	۰.۰۸۹	۰	۰.۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۸	۰.۰۸۹	۰	۰	۰	۴
	۹	مهارت های گفتاری	۰	۰	۰	۰	۰.۶	۰.۳۳۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۶	۰	۰	۰	۰	۳
	۱۰	دوره های کارآموزی	۰.۴	۰	۰	۰	۰	۰.۴	۰.۰۴۴	۰	۰	۰	۰	۰.۲۲۲	۰	۰	۰	۰	۰	۲
	۱۱	کتابخانه	۰	۰	۰.۲۲۲	۰	۰	۰	۰	۰.۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲
	۱۲	ساعت های کاری اداری	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۵
	۱۳	مهارت های تفکر	۰	۰	۰	۰	۰.۸	۰.۸	۰	۰	۰	۰	۰.۰۸۹	۰	۰	۰	۰.۰۸۹	۰	۰	۴
	۱۴	مهارت های یادگیری	۰	۰	۰	۰	۰.۴۴۴	۰.۴۴۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۴۴۴	۰	۰.۰۸۹	۰	۰	۴
	۱۵	مهارت های مورد نیاز بازار	۰	۱	۰.۰۱۱۱	۰.۵۵۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۵۵۶	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۵
	۱۶	توانایی های آزمایشگاهی	۰	۰.۸	۰.۴۴۴	۰	۰	۰.۴۴۴	۰	۰.۰۸۹	۰	۰.۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴
	۱۷	سیستم آموزش متمرکز	۰.۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۲	۰	۰.۲	۰	۰	۰	۰	۰	۱
	۱۸	مهارت های حل مسئله	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۳۳۳	۰	۰	۰	۰	۳
	۱۹	سیستم مشاوره ی مناسب	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۱۱۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۵۵۶	۰.۱۱۱	۰	۵
	۲۰	امکان انتخاب دروس بیشتر	۰.۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۸	۰.۸	۰.۴۴۴	۰	۰	۰.۴۴۴	۰	۰	۴
	۲۱	مدت زمان مجاز فارغ التحصیلی	۰.۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۶	۰	۰	۰.۳۳۳	۰.۳۳۳	۰.۶	۰	۰	۰	۰	۰	۳
	۲۲	تجهیزات چند رسانه ای	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۴	۰	۰.۰۴۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۴۴	۰	۲
	۲۳	ظرفیت های سخت افزاری	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵
	۲۴	ظرفیت های نرم افزاری	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵
	۲۵	حذف موازی کاری های	۰	۰	۰	۰	۰.۱۱۱	۰.۱۱۱	۰.۵۵۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵
	۲۶	سیستم مطالعات آزاد	۰.۲۲۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۰۴۴	۰.۲۲۲	۰.۰۴۴	۰	۰	۰	۰	۰	۲
	۲۷	منابع مهارتی	۰	۰	۰	۰	۰.۸	۰	۰	۰	۰	۰.۴۴۴	۰	۰	۰.۴۴۴	۰	۰	۰	۰	۴
	۲۸	پشتیبانی نرم افزاری	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۱۱۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰.۱۱۱	۰	۵

شکل ۹. ماتریس خانه‌ی کیفیت و مقدار ارزش‌گذاری شده‌ی ورودی به فاز ۲.

www.SID.ir

Archive of SID

تولید می‌شود. چنان که گفته شد در اینجا می‌توان دو دیدگاه در نظر داشت: الف) درصدی از داده‌های برتر را انتخاب کرد؛ ب) تمامی نقاط را برای بررسی انتخاب کرد. در جدول ۴ تعداد ۳۰ رابطه‌ی برتر ذکر شده است.

در فاز سوم تأثیر همزمان چند وابستگی روی یک شاخص بررسی می‌شود. به‌طور مثال در سطر اول و دوم مشاهده می‌شود که انتخاب سطر اول تلاقی با شاخص ۱۵ را به وجود آورده است. علاوه بر این شاخص شماره‌ی ۱۵ در دو نقطه در ماتریس وابستگی‌ها با عناصر ۹ و ۱۰ تلاقی دارد. بنابراین خروجی‌های سطر اول و دوم به‌عنوان دو ورودی برای فاز سوم سیستم فازی به‌حساب می‌آید. همچنین در سطر ۴۳ که عنصر مربوط با شاخص ۱۱ ارتباط دارد و این شاخص تنها با شاخص فنی شماره‌ی ۱۲ مرتبط است، تنها یک ورودی برای فاز سوم وجود دارد. خروجی اطلاعات فاز سوم در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۳. ارزش شاخص‌های فنی در فاز ۲.

شاخص	ارزش	شاخص	ارزش
۱	۰٫۹۸۹۰۶۳	۱۰	۰٫۹۸۷۸۴۵
۲	۰٫۷۵	۱۱	۰٫۹۲۲۲۸۵
۳	۰٫۹۰۰۷۷۵	۱۲	۰٫۹۸۰۷۰۶
۴	۰٫۸۵۸۲۵	۱۳	۰٫۹۵۷۱۲۵
۵	۰٫۹۸۲۲۸۱	۱۴	۰٫۷۴۴۸۵
۶	۰٫۹۹۸۷۹۴	۱۵	۰٫۹۰۲۷۶
۷	۰٫۸۷۲۴۲۵	۱۶	۰٫۷۰۴۷۵۵
۸	۰٫۸۲۱۳۹۵	۱۷	۰٫۵۱
۹	۰٫۵۵۹		

مرحله‌ی نهایی مدل، به انتخاب و بررسی وضعیت TCهای مختلف و مقایسه‌ی آنها با یکدیگر است. در این شرایط به‌منظور به دست آوردن ارزشی واحد برای هر TC تمامی اعدادِ مربوط به آن TC با استفاده از عملگر جمع فازی جبری جمع زده می‌شوند. هرچه تعداد روابط افزایش یابد اعداد بیشتر به ۱ نزدیک می‌شود و تفکیک بهینه‌بودن جواب‌ها دشوارتر خواهد شد. بدین‌منظور چنان که اشاره شد دو راه کار وجود دارد: ۱. در ماتریس به دست آمده از فاز اول عناصری انتخاب شوند که در مقایسه با سایر عناصر از ارزش بیشتری برخوردارند؛ ۲. تمامی خروجی‌های فاز سوم بر عددی مفروض تقسیم شوند تا اختلاف داده‌ها به‌صورت مؤثر محاسبه شود. این عدد با توجه به نظر تصمیم‌گیرندگان انتخاب می‌شود. در این قسمت مسئله با توجه به حالت اول حل می‌شود؛ بدین‌صورت که تعدادی از عناصر با نمره‌ی بالاتر انتخاب و عملیات روی آنها انجام می‌گیرد. در نهایت چنان که در جدول ۶ مشخص است شاخص‌های فنی شماره ۶، ۵ و ۴ به‌ترتیب دارای بیشترین ارزش براساس سیستم هوشمند ارائه شده در این مقاله هستند. تیم طراح با توجه به رتبه‌بندی شاخص‌های فنی و ارزش هریک از این شاخص‌ها می‌تواند نسبت به بهبود طرح مورد نظر اقدام کند.

۶. مقایسه‌ی یک روش ساده با مدل پیشنهادی

در اینجا ممکن است این سوال پیش آید که چرا از این مدل نسبتاً پیچیده برای تحلیل خانه‌ی کیفیت استفاده شد و چرا از یک مدل ساده‌تر بدون عملگرهای فازی و... استفاده نشده است. به‌عبارت دیگر چه تضمینی وجود دارد که با وجود انجام این محاسبات پیچیده، دقت جواب نهایی بیشتر از مدل‌های ساده‌ی گذشته باشد؟ برای پاسخ به این پرسش باید به فلسفه‌ی وجودی QFD رجوع کرد. هدف این ابزار،

جدول ۴. ارزش شاخص‌های فنی با ارزش بالا در فاز ۲.

سطر	CR	f''_{ij}	ارزش هر شاخص	سیستم استنتاج ۱	سطر	CR	f''_{ij}	ارزش هر شاخص	سیستم استنتاج ۱
۱	۱	۱۵	۹	۰٫۹۱۸۹۳۹	۱۶	۱۵	۳	۴	۰٫۹۲۴۸۳۹
۲	۱	۱۵	۱۰	۰٫۹۲۴۸۳۹	۱۷	۱۵	۳	۸	۰٫۹۲۴۸۳۹
۳	۲	۵	۲	۰٫۵	۱۸	۱۵	۴	۳	۰٫۹۲۴۸۳۹
۴	۲	۵	۶	۰٫۹۲۴۸۳۹	۱۹	۲۳	۴	۱۴	۰٫۹۱۹۳۷
۵	۲	۶	۵	۰٫۹۲۴۸۳۹	۲۰	۲۳	۶	۵	۰٫۹۲۴۸۳۹
۶	۲	۶	۷	۰٫۹۲۴۸۳۹	۲۱	۲۳	۶	۷	۰٫۹۲۴۸۳۹
۷	۳	۵	۲	۰٫۵	۲۲	۲۳	۱۳	۱۴	۰٫۹۱۹۳۷
۸	۳	۵	۶	۰٫۹۲۴۸۳۹	۲۳	۲۴	۱۳	۱۷	۰٫۹۲۳۹۱۳
۹	۳	۶	۵	۰٫۹۲۴۸۳۹	۲۴	۲۴	۵	۲	۰٫۵
۱۰	۳	۶	۷	۰٫۹۲۴۸۳۹	۲۵	۲۴	۵	۶	۰٫۹۲۴۸۳۹
۱۱	۴	۱۶	۱	۰٫۳	۲۶	۲۴	۶	۵	۰٫۹۲۴۸۳۹
۱۲	۱۲	۱۶	۲	۰٫۳	۲۷	۸	۶	۷	۰٫۹۲۴۸۳۹
۱۳	۱۵	۲	۵	۰٫۵	۲۸	۸	۲	۵	۰٫۵
۱۴	۱۵	۲	۱۶	۰٫۳۴۴۵۶۳	۲۹	۸	۲	۱۶	۰٫۳
۱۵	۱۵	۱۳	۱۴	۰٫۹۱۹۳۷	۳۰	۸	۱۰	۹	۰٫۵

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. خروجی فاز ۳.

سطر	CR	f''_{ij}	TCV_j	TCV'_j	استنتاج ۱	سطر	CR	f''_{ij}	TCV_j	TCV'_j	استنتاج ۲
۱	۱	۹	۱۵	۱۰	۰٫۵	۳۱	۱۴	۵	۶	۲	۰٫۵
۲	۱	۱۰	۱۵	۹	۰٫۵	۳۲	۱۴	۶	۷	۵	۰٫۷
۳	۱	۱۴	۱۳	۴	۰٫۷	۳۳	۱۴	۱۳	۱۷	۱۴	۰٫۵۸۳۲۴۸
۴	۱	۱۵	۱۰	۹	۰٫۷۸۰۲۴۵	۳۴	۱۴	۱۵	۱۰	۹	۰٫۵۸۳۲۴۸
۵	۲	۵	۶	۲	۰٫۶۷۶۱۵۲	۳۵	۱۵	۲	۱۶	۵	۰٫۵۸۳۲۴۸
۶	۲	۶	۷	۵	۰٫۷۸۰۲۴۵	۳۶	۱۵	۳	۸	۴	۰٫۵۸۳۲۴۸
۷	۲	۸	۳	۱	۰٫۷	۳۷	۱۵	۴	۱۴	۳	۰٫۷
۸	۲	۹	۱۵	۱۰	۰٫۳۰۵۹۶۴	۳۸	۱۵	۱۰	۱۵	۹	۰٫۵
۹	۲	۱۵	۱۰	۹	۰٫۵۸۳۲۴۸	۳۹	۱۵	۱۳	۱۷	۱۴	۰٫۷۸۰۲۴۵
۱۰	۲	۱۶	۲	۱	۰٫۸۵۹۰۷	۴۰	۱۵	۱۴	۱۳	۴	۰٫۷۸۰۲۴۵
۱۱	۲	۱۷	۱۳	۰	۰٫۳۹۴۸۵	۴۱	۱۶	۲	۶	۵	۰٫۳۸۳۲۴۸
۱۲	۳	۵	۶	۲	۰٫۶۱۶۷۲۵	۴۲	۱۶	۳	۸	۴	۰٫۷
۱۳	۳	۶	۷	۵	۰٫۷۸۰۲۴۵	۴۳	۱۶	۶	۷	۵	۰٫۷
۱۴	۳	۸	۳	۱	۰٫۷	۴۴	۱۶	۸	۳	۱	۰٫۵۸۳۲۴۸
۱۵	۳	۹	۱۵	۱۰	۰٫۵	۴۵	۱۶	۱۰	۱۵	۹	۰٫۶۱۶۷۲۵
۱۶	۳	۱۵	۱۰	۹	۰٫۵۸۳۲۴۸	۴۶	۱۷	۱	۱۶	۸	۰٫۳۸۴۸۴۲
۱۷	۴	۱۶	۲	۱	۰٫۰۸۵۹۰۷	۴۷	۱۷	۱۰	۱۵	۹	۰٫۳۸۴۸۴۲
۱۸	۴	۱	۱۶	۸	۰٫۵	۴۸	۱۷	۱۲	۱۱	۷	۰٫۵۸۳۲۴۸
۱۹	۴	۴	۱۴	۳	۰٫۷	۴۹	۱۸	۶	۷	۵	۰٫۷
۲۰	۴	۵	۶	۲	۰٫۳۸۳۲۴۸	۵۰	۱۸	۱۳	۱۷	۱۴	۰٫۵۸۳۲۴۸
۲۱	۴	۱۴	۱۳	۴	۰٫۷	۵۱	۱۹	۸	۳	۱	۰٫۵۸۳۲۴۸
۲۲	۵	۶	۷	۵	۰٫۵	۵۲	۱۹	۱۵	۱۰	۹	۰٫۵۸۳۲۴۸
۲۳	۵	۷	۱۲	۶	۰٫۵	۵۳	۱۹	۱۶	۲	۱	۰٫۰۸۵۹۰۷
۲۴	۵	۱۲	۱۱	۷	۰٫۵۸۳۲۴۸	۵۴	۲۰	۱	۱۶	۸	۰٫۵
۲۵	۶	۱	۱۶	۸	۰٫۳۸۴۸۴۲	۵۵	۲۰	۱۰	۱۵	۹	۰٫۶۱۶۷۲۵
۲۶	۶	۷	۱۲	۶	۰٫۵	۵۶	۲۰	۱۱	۱۲	۰	۰٫۳۹۴۸۵
۲۷	۶	۱۱	۱۲	۰	۰٫۳۹۴۸۵	۵۷	۲۰	۱۲	۱۱	۷	۰٫۷
۲۸	۶	۱۲	۱۱	۷	۰٫۵۸۳۲۴۸	۵۸	۲۰	۱۵	۱۰	۹	۰٫۵۸۳۲۴۸
۲۹	۷	۷	۱۲	۶	۰٫۵	۵۹	۲۱	۱	۱۶	۸	۰٫۵
۳۰	۷	۱۰	۱۵	۹	۰٫۵	۶۰	۲۱	۷	۱۲	۶	۰٫۷

جدول ۶. ارزش نهایی و رتبه‌بندی شاخص‌های فنی.

TC	ارزش	رتبه	TC	ارزش	رتبه
۱	۰٫۷۵	۱۲	۱۰	۰٫۹۸۱۶۴	۵
۲	۰٫۶۱۹۶۱۷	۱۵	۱۱	۰٫۶۳۳۷۹۳	۱۴
۳	۰٫۹۵۱۷۰۸	۷	۱۲	۰٫۹۱	۸
۴	۰٫۹۸۵۵۱۲	۳	۱۳	۰٫۹۷۹۸۷۴	۶
۵	۰٫۹۸۹۲۱۳	۲	۱۴	۰٫۷۸۰۲۴۵	۱۱
۶	۰٫۹۹۹۳	۱	۱۵	۰٫۹۸۴۰۹۴	۴
۷	۰٫۹۱	۸	۱۶	۰٫۳	۱۷
۸	۰٫۹۱	۸	۱۷	۰٫۳۹۴۸۵	۱۶
۹	۰٫۷۵	۱۲			

اطمینان از شنیده شدن ندای مشتریان توسط طراحان محصول است. بنابراین هرچه بیشتر به خواسته‌های آنان توجه شود، به موفقیت محصول یا خدمت کمک خواهد کرد. از آنجا که روابط بین شاخص‌های فنی و همچنین بدنه‌ی ماتریسی خانه‌ی کیفیت کیفی و نمادین است، به‌منظور کمی‌کردن آن ناگزیر به استفاده از عملگرهای فازی و... هستیم. البته شاید بتوان با روش‌های ساده‌تری ماتریس را تحلیل کرد، اما از آنجا که روش‌های ساده قادر به در نظر گرفتن روابط بین شاخصه‌های فنی و همچنین ارتباط بین شاخص‌ها و خواسته‌های مشتریان نیستند، از دقت کم‌تری برخوردارند. بنابراین باید بین دقت و پیچیدگی محاسبات موازنه برقرار کرد. به‌ویژه در بعضی محصولات حساس و مهم، اشتباهی کوچکی در محاسبات و در نظر گرفتن برهمکنش بین شاخصه‌های فنی منجر به شکست کل محصول خواهد شد. بنابراین معیار مناسب بودن مدل این است که چون مدل مذکور، کلیه‌ی عوامل و پارامترهای مؤثر در طراحی محصول را محاسبه و در تحلیل نهایی لحاظ می‌دارد، دقت محاسبات و نتایج نهایی نیز قطعاً افزایش چشمگیری خواهد داشت.

www.SID.ir

Archive of SID

۷. نتیجه‌گیری

در این مقاله سعی شد تا یک سیستم هوشمند فازی برای تحلیل خانه‌ی کیفیت ارائه شود. همچنین یک مطالعه‌ی موردی هم برای تشریح عملکرد سیستم مذکور ارائه شد. در سیستم مذکور از سیستم استنتاج فازی به‌منظور محاسبه‌ی ارزش نسبی هر شاخص فنی با توجه به وابستگی یک شاخص با سایر شاخص‌ها و همچنین ارتباطاتی که شاخص مذکور با خواسته‌های مشتریان و ذی‌نفعان دارد استفاده شد. به این‌ترتیب تعدادی از شاخص‌هایی که باید تغییر یابند تا کیفیت محصول یا سیستم بهبود یابد مشخص می‌شود. مهم‌ترین مزیت سیستم مذکور این است که با تغییر شاخص‌های انتخاب شده می‌توان تا حدود زیادی اطمینان حاصل کرد که کیفیت محصول یا سیستم در حد خواست مشتریان خواهد بود و به این ترتیب رضایت آنان حاصل خواهد شد. مزیت دیگر این روش این است که با انتخاب شاخص‌های با امتیاز بالاتر، محصول با کیفیت و قابلیت اطمینان بیشتری تولید خواهد شد. با استفاده از این روش، تیم طراحی به‌راحتی می‌تواند شاخص‌های فنی مهم را که در کیفیت محصول بیشترین نقش را دارند شناسایی، و با بهبود این شاخص‌ها، کیفیت محصول خود را بیشینه کند.

پانوشت‌ها

1. voice of customer
2. quality function deployment (QFD)
3. house of quality (HOQ)
4. fuzzy inference system (FIS)
5. fuzzy-based expert system
6. technical characteristics
7. algabric operator
8. linguistic variables

منابع (References)

1. 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 (Apr. 2005).
2. Ramasamy, N.R. and Selladurai, V. "Fuzzy logic approach to priorities engineering characteristics in quality function deployment (FL-QFD)", *Int. J. Qual. Reliable. Manage*, **21**(9), pp. 1012-1023 (Dec. 2004).
3. Chan, L.K., Kao, H.P. and Wu, M.L. "Rating the importance of customer needs in quality function deployment by fuzzy and entropy methods", *Int. J. Prod. Res.*, **37**(11), pp. 2499-2518 (1999).
4. Shen, X.X., Tan, K.C. and Xie, M. "The implementation of quality function deployment based on linguistic data", *J. Intell. Manuf.*, **12**(1), pp. 65-75 (Mar. 2001).
5. Armacost, R.L., Componation, P.J., Mullens, M.A. and Swart, W.W. "An Ahp framework for prioritizing customer requirements in Qfd: An industrialized housing application", *IIE Trans.*, **26**(4), pp. 72-79 (1994).
6. Ertay, T., Akyol, D.E. and Araz, C. "An integrated fuzzy approach for determining engineering characteristics in concrete industry", *Appl. Artif. Intell.*, **25**(4), pp. 305-327 (2011).
7. Martins, A. and Aspinwall, E.M. "Quality function deployment: An empirical study in the UK", *Total Qual. Manag.*, **12**(5), pp. 575-588 (2001).
8. Carnevalli, J.A. and Miguel, P.C. "Review, analysis and classification of the literature on QFD—Types of research, difficulties and benefits," *Int. J. Prod. Econ.*, **114**(2), pp. 737-754 (Aug. 2008).
9. Hauser, J.R and Clausing, D. "The house of quality - harvard business review", Harvard Business Review, 1988. [Online]. Available: http://hbr.org/1988/05/the-house-of-quality/ar/1. [Accessed: 28-Jan-2013].
10. Han, C.H., Kim, J.K. and Choi, S.H. "Prioritizing engineering characteristics in quality function deployment with incomplete information: A linear partial ordering approach", *Int. J. Prod. Econ.*, **91**(3), pp. 235-249 (Oct. 2004).
11. Kwong, C.K., Chen, Y., Bai, H. and Chan, D.S.K. "A methodology of determining aggregated importance of engineering characteristics in QFD", *Comput. Ind. Eng.*, **53**(4), pp. 667-679 (Nov. 2007).
12. Geng, X., Chu, X., Xue, D. and Zhang, Z. "An integrated approach for rating engineering characteristics' final importance in product-service system development", *Comput. Ind. Eng.*, **59**(4), pp. 585-594 (Nov. 2010).
13. Hsiao, S.-W. "Concurrent design method for developing a new product", *Int. J. Ind. Ergon.*, **29**(1), pp. 41-55 (Jan. 2002).
14. Ansari A. and Modarress, B. "Quality function deployment: The role of suppliers", *Int. J. Purch. Mater. Manag.*, **30**(3), pp. 27-35 (1994).
15. Guinta, L.R. and Praizler, N.C., *The QFD Book: The Team Approach to Solving Problems and Satisfying Customers Through Quality Function Deployment*, NW York, AMACOM, Distributed by Quality Resources (1993).

www.SID.ir

Archive of SID

16. Cohen, L., *Quality Function Deployment: How to Make QFD Work for You*, 1st ed. Prentice Hall (1995).

17. Prasad, B. "Review of QFD and related deployment techniques", *J. Manuf. Syst.*, **17**(3), pp. 221-234 (1998).

18. Bossert, J.L., *Quality Function Deployment: A Practitioner's Approach*, ASQC Quality Press (1991).

19. Liu H.-T. and Wang, C.-H. "An advanced quality function deployment model using fuzzy analytic network process", *Appl. Math. Model.*, **34**(11), pp. 3333-3351 (Nov. 2010).

20. Fine, C.H. and Hax, A.C. "Manufacturing strategy: A methodology and an illustration", *Interfaces*, **15**(6), pp. 28-46 (Nov. 1985).

www.SID.ir