

به کارگیری مدل DEA در QFD به منظور طراحی محصول در صنایع تولید تلویزیون (مطالعه موردی شرکت پارس الکترونیک)

محمد مهدی مظفری^۱، مجید کاوسی^{۲*}

^۱دانشکده علوم اجتماعی_ دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)

^۲دانشکده علوم اجتماعی_ دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) (عهده دار مکاتبات)

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۸۹. تاریخ داوری: مرداد ۱۳۸۹. تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۸۹

چکیده

توسعه عملکرد کیفیت (QFD) روش توسعه، گسترش ویژگی‌ها و کارکردهایی است که به کالا یا خدمت، با توجه به نیازهای مشتریان، کیفیت می‌بخشد. اما سازمان‌ها و موسسات بدون در نظر گرفتن محدودیت‌های موجود در پیش رو، هرگز قادر به توسعه محصولات یا خدمات نمی‌باشند. تاکنون مطالعات زیادی بر لزوم در نظر گرفتن عواملی همچون هزینه و سهولت پیاده‌سازی، برای محاسبه اهمیت نسبی مشخصه‌های فنی در QFD تاکید کرده‌اند. با این حال مطالعات کمی در این زمینه صورت گرفته است و یا اگر هم مطالعه‌ای وجود دارد، تنها یکی از این عوامل (هزینه، سهولت پیاده‌سازی، محدودیت‌های تولید و...) را در محاسبات خود در نظر گرفته است.

در این مقاله به منظور دستیابی به هدف مذکور، یعنی انتخاب مشخصه‌های فنی مناسب، با در نظر گرفتن چند عامل اضافی در طراحی محصول، از روش DEA در QFD در قالب یک مطالعه موردی در صنعت تلویزیون (مطالعه موردی: شرکت پارس الکترونیک) استفاده شده است.

کلمات کلیدی: مشخصه فنی، نیازهای مشتریان، توسعه عملکرد کیفیت، تحلیل پوششی داده‌ها، خانه کیفیت.

۱- مقدمه

گوناگونی است که شامل اهمیت نیازهای مشتریان و رابطه بین این نیازها و مشخصه‌های فنی و همبستگی بین مشخصه‌های فنی مختلف (با یکدیگر) است.

معمولاً برای جمع کردن نسبت‌های مشخصه‌های فنی مرتبط با نیازها (ماتریس C)، روش جمع حسابی وزنی ساده^۲ به کار برده می‌شود. نتیجه‌ی وزن‌های مشخصه‌های فنی می‌تواند به‌عنوان اهمیت نسبی‌شان در برآورده ساختن نیازهای مشتریان، تفسیر گردد.

فرآیند QFD که در بالا شرح داده شد، به‌طور واضح یکپارچگی عوامل مالی را در نظر نمی‌گیرد [۱۱و۱۲و۱۳و۱۹]. برخی از مطالعات، سطوح مختلف دشواری پیاده‌سازی مشخصه‌های فنی [۱۱] و هزینه [۲] را برای تعدیل اهمیت نسبی مشخصه‌های فنی مورد توجه قرار داده‌اند. به هر حال در این مطالعات تنها یکی از عوامل جانبی^۳ را در تجزیه و تحلیل‌هایشان مورد بررسی قرار داده‌اند [۱۱و۱۸] رتبه‌بندی مشخصه‌های فنی در خانه کیفیت معمولاً براساس میزان تاثیرگذاری هر یک در برآورده ساختن خواسته‌های مشتری انجام می‌شود، حال آنکه معیارهای دیگری مانند هزینه، زمان، دشواری تکنیکی و موقعیت بازار

شرکت‌هایی که به کیفیت و نیازهای مشتریان توجه می‌کنند، در صف مقدم رقابت قرار گرفته و می‌توانند در این بازار رقابتی به بقا ادامه دهند. برای رسیدن به این هدف ابزارهای مختلفی در دسترس سازمان‌ها قرار دارد. توسعه عملکرد کیفیت (QFD) یکی از مهم‌ترین ابزار مدیریت کیفیت است که برای طراحی و توسعه محصول مفید است.

همواره در طی مطالعات گوناگون برای بهتر شدن عملکرد این تکنیک و حل برخی از مشکلات موجود در QFD سعی شده تا با استفاده از ترکیب روش‌های مختلف با QFD و یا ابداع راهکارهای ابتکاری بر این مشکلات غلبه کنند [۶]. در این مقاله از روش پیشنهاد شده توسط راماناتان و یان فنگ^۱ (۲۰۰۹) برای انتخاب مشخصه‌های فنی، با در نظر گیری چند عامل اضافی مناسب در طراحی محصول که مطابق با نیازهای مصرف کننده ایرانی باشد، استفاده شده است.

زمانی که QFD برای طراحی محصول استفاده شود، ارتباط بین نیازهای مشتریان و مشخصه‌های فنی طراحی از طریق ماتریس خانه کیفیت برقرار می‌گردد. ماتریس خانه کیفیت شامل ورودی‌های

2 Simple Weighted Arithmetic Aggregation Procedure
3 Additional Factors

* Majidkavosi@yahoo.com
1 Ramanathan and Yunfeng

به واسطه‌ی این نرمال‌سازی، مجموع اهمیت نسبی برابر ۱ یا ۱۰۰٪ می‌گردد. این مقادیر اهمیت نسبی یک رتبه‌بندی از DR های مرتبط با CRها را فراهم می‌کند. در نتیجه مشخصه‌ای که دارای اهمیت نسبی بالاتری است، باید مورد توجه قرار بگیرد. اغلب در QFD این مقادیر اهمیت نسبی برای تجزیه و تحلیل‌های بیشتری استفاده می‌گردد. برای مثال در مورد تصمیم‌گیری برای تخصیص منابع محدود بودجه، یعنی اینکه برای توسعه محصول به کدام DR، بودجه تخصیص یابد [۴]. برخی اوقات اهمیت نسبی DR ها می‌تواند به‌عنوان ورودی یک ماتریس خانه کیفیت دیگر مورد استفاده قرار بگیرد [۳].

فرایند QFD که در بالا تشریح شد، به خاطر تک بعدی بودن مورد نقد قرار گرفته است. چرا که تنها به رضایت مشتری توجه می‌کند و عوامل مهم دیگر همانند هزینه پیاده‌سازی مشخصه فنی که برای شرکت محدودیت ایجاد می‌کند را مد نظر قرار نمی‌دهد. به غیر از ارتباط DR ها با CR ها در ارزیابی فرایند QFD، یکپارچه‌سازی عوامل دیگر مثل هزینه، تاثیرات آن مشخصه بر روی محیط، سهولت پیاده سازی DR، توسعه پذیری و تولید پذیری، دارای اهمیت بالایی هستند [۲ و ۸ و ۱۲ و ۱۳ و ۲۲].

یک مدل برنامه‌ریزی که در آن اهمیت نسبی DR ها به‌عنوان ضریبی از تابع هدف و محدودیت‌های منابع در دسترس که در QFD برای یکپارچه سازی عوامل مالی مورد استفاده قرار می‌گیرد، در نظر بگیرید. بود و فانگ^۷ (۱۹۹۸) نشان دادند که یک چنین مسئله برنامه‌ریزی ریاضی تلاش می‌کند تا منابع محدود بودجه‌ای را بر اساس اولویت، هزینه‌ی هر DR را تخصیص دهد. برای مثال فرض کنید که هزینه‌های اجرایی چهار DR و همچنین مقدار هزینه هر یک، به‌صورت آنچه که در نگاره ۱ نشان داده شده است، باشد. بنابراین DR ها به ترتیب نزولی از لحاظ مقادیر نسبت عبارتند از DR₁, DR₂, DR₃, DR₄. همانگونه که واسرمن (۱۹۹۳)، بود و فانگ (۱۹۹۸) پیشنهاد کردند، وقتی که یک بودجه محدود (\$۳۵۰۰۰) که کمتر از هزینه‌های مورد نیاز برای توسعه تمامی چهار DR است: یعنی (\$۴۱۰۰۰) برای توسعه DR ها موجود باشد، مدل برنامه‌ریزی ریاضی در ابتدا به DR₁ و سپس DR₂ و DR₃ و نهایتاً DR₄، منابع در دسترس را اختصاص می‌دهد.

نیز وجود دارند که باید در رتبه‌بندی مشخصه‌های فنی لحاظ شود. این عوامل با توجه به محدودیت‌های منابع هر سازمان، میزان توسعه پذیری و قابلیت ساخت مشخصه‌های فنی محصول، تاثیر زیادی در تصمیم‌گیری مدیر برای اجرای نظرات مشتریان می‌گذارد. بنابر این ما در این پژوهش به بررسی نیازهای مشتریان و تعیین ارتباط آن با مشخصه‌های فنی، با در نظر گرفتن عوامل هزینه، سهولت پیاده‌سازی مشخصه و تاثیرات مضر مشخصه فنی برای محیط خواهیم پرداخت. برای این منظور از روش DEA استفاده شده است.

۲- روش تحقیق

۲-۱- توسعه عملکرد کیفیت (QFD)

اگرچه QFD یک ابزار شناخته شده است و کاربردهای وسیعی دارد، با این وجود اصطلاحات نویسندگان مختلف در ادبیات QFD بطور گسترده‌ای با هم متفاوت است. در این پژوهش نیازهای مشتریان تحت عنوان CR^۴ و مشخصه‌های فنی تحت عنوان DR^۵ نامیده می‌شوند. عموماً یک خانه کیفیت معمولی از شش بخش تشکیل شده است (ماتریس A تا F)، که در شکل ۱ نشان داده شده است. در بخش A، نیازهای مشتریان شناسایی شده و اهمیت نسبی نیازهای فردی با نظرخواهی از مشتریان تعیین می‌شود. اهمیت نسبی جمعی مشتریان ممکن است با استفاده از روش ساده مثل نرخ مستقیم^۶ و یا روش‌های پیچیده‌تر مثل تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی [۱۷]، تحلیل شبکه‌ای [۱۴] به‌دست آید. مشخصه‌های فنی در ماتریس B لیست می‌شود و درجه ارتباط بین نیازهای مشتریان و مشخصه‌های فنی در ماتریس C اندازه‌گیری می‌شود. روابط به‌دست آمده در چهار سطح دسته‌بندی می‌شوند (بی‌ارتباط، رابطه ضعیف / ممکن، رابطه متوسط، رابطه قوی) و با شمایی که در پایین نگاره ۱ آمده است، این روابط نشان داده می‌شوند. این شمایی به ترتیب معادل این اعداد هستند: (۹ و ۰.۱، ۳). هرچند اعداد ۳، ۱، ۰ و ۵ هم در ادبیات QFD استفاده می‌گردد.

اهمیت مطلق و نسبی DR در ماتریس E محاسبه می‌گردد. ماتریس F هم برای الگوبرداری مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این پژوهش بر روی ماتریس E تمرکز می‌کنیم. طبق نگاره شماره ۱ در صورتی که رابطه‌ی مهمی در ماتریس D وجود نداشته باشد، اهمیت مطلق DR₁ بصورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$D = [(0.3 * 9) + (0.1 * 1) + (0.05 * 1) + (0.4 * 1) + (0.15 * 1)] = 3.4$$

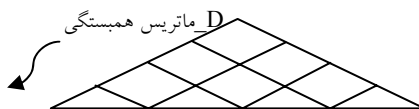
وقتی اهمیت مطلق DR را یکسان‌سازی کنیم، مقادیر اهمیت نسبی حاصل می‌شود. بنابراین اهمیت نسبی DR₁ برابر است با:

$$3.4 / (3.4 + 1.45 + 1.9 + 0.35) = 0.4789$$

4 Customer Requirement

5 Design Requirement

6 Direct Rating



اهمیت نسبی نیازها		B_ مشخصه‌های فنی				F_ الگوهای رقابتی			
		DR1	DR2	DR3	DR4				
نیاز های مشتریان A_	CR1	0.3	☺	△	⊙	⊙	BC	A	
	CR2	0.1	⊙	⊙	☺			BC	A
	CR3	0.05	⊙	⊙	△	⊙	C	A	B
	CR4	0.4	⊙	⊙	⊙		B	C	A
	CR5	0.15	⊙		⊙		B	C	A
اهمیت مطلق			3.4	1.45	1.90	0.35			
اهمیت نسبی			47.89%	20.42%	26.76%	4.93%			
رتبه			1	3	2	4			
هزینه			4	5	7	15			
اهمیت نسبی با در نظر گرفتن هزینه			11.97	4.08	3.82	0.33			
رتبه			1	2	3	4			

☺ ارتباط قوی (۹)
 △ ارتباط متوسط (۳)
 ⊙ ارتباط ضعیف (۱)

شکل (۱): ماتریس خانه کیفیت: برگرفته از مقاله راماناتان و یان فنگ (۲۰۰۹)

هزینه، سهولت پیاده‌سازی و تاثیرات مضر محیطی در انتخاب مشخصه فنی استفاده کردند. در تحقیقی دیگر کاوسی و کیانی ماوی (۲۰۱۱) از تاپسیس و تحلیل سلسله مراتبی در محیط فازی به منظور دستیابی به هدف فوق استفاده کرده‌اند [۱۰ و ۹]. در این تحقیق روش پیشنهادی راماناتان و یان فنگ به منظور رتبه‌بندی مشخصه‌های فنی در طراحی تلویزیون شرکت پارس الکترونیک استفاده شده است.

۲-۲- تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)

تحلیل پوششی داده‌ها به‌عنوان ابزاری مهم برای ارزیابی و بهبود عملکرد عملیات تولیدی و خدماتی شناخته شده است. این روش هر بخش را به‌عنوان یک واحد تصمیم‌گیری در نظر می‌گیرد و برای انجام آنالیز و محاسبه کارایی نیاز به یکسری ورودی و خروجی دارد. فرض می‌کنیم که n واحد تصمیم‌گیری^۱ (DMU) وجود دارد، هر یک از DMUها m ورودی را به s خروجی تبدیل می‌کنند. یعنی O

طبیعتاً وقتی که منابع محدود هستند، DR_4 که اهمیت نسبی پایین‌تری را داراست ممکن است مقدار منبع لازم را دریافت نکند. اگرچه تعداد اندکی مطالعات در زمینه‌ی در نظر گرفتن عوامل مختلف، بعد از محاسبه اهمیت نسب DR ها انجام شده است، اما اکثر آنها تنها یک عامل اضافی را در نظر گرفته‌اند. برای مثال لو و سایرین^۸ (۱۹۹۴) تنها سهولت پیاده‌سازی را در نظر گرفته است. در حالی که بود و فانگ (۱۹۹۸) و همچنین تانگ و سایرین^۹ (۲۰۰۲) تنها از عامل هزینه در تعدیل اهمیت نسبی DR ها برای تصمیم‌گیری نهایی استفاده کرده است. مطالعات انجام شده به‌منظور محاسبه تاثیرات چند عامل سازمانی در انتخاب مشخصه فنی، بسیار می‌باشند. اولین پژوهش توسط راماناتان و یان فنگ (۲۰۰۹) در یک شرکت قفل‌سازی انجام شده است. کاوسی و دیگران (۲۰۱۰) از تاپسیس برای محاسبه تاثیر عواملی همچون

8 Lu, Madu, Kuei, Winokur
9 Tang, Fung, Xu, Wang

$$\text{Max } Z_o = \sum_{r=1}^s u_{ro} y_{ro} \quad \text{مدل شماره ۲}$$

st:

$$\sum_{r=1}^s u_{ro} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{io} x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^m v_{io} x_{io} = 1 \quad r = 1, 2, \dots, s, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

در ادبیات DEA به تعداد زیاد این چنین مدل‌های ساده وجود دارد. در مطالعات بسیاری تحلیل پوششی داده‌ها با دیگر ابزارها و مدل‌ها هم ترکیب شده است. برای مثال ترکیب این روش با تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی [۱۵]، تجزیه و تحلیل گروهی [۷] و تاپسیس [۹ و ۱۰]. در این پژوهش ترکیب مدل DEA (مدل شماره ۲) با روش QFD مورد بررسی قرار گرفته است.

۳- یکپارچه سازی عوامل اضافی در QFD

در این پژوهش هر یک از DR ها به عنوان واحدهای تصمیم‌گیری هستند. نمره‌ی کارایی هر یک از DR ها همانند معیار اهمیت نسبی‌شان خواهد بود. بنابراین یک DR با نمره‌ی کارایی بالاتر دارای اهمیت بالاتری است.

معمولا محاسبات DEA نیازمند مقداری ورودی و مقداری خروجی است. وقتی DEA در محاسبات QFD بکار می‌رود، تعیین ورودی و خروجی حائز اهمیت است. برای استفاده از DEA در QFD تنها کافی است، اعداد ماتریس خانه کیفیت به صورت ورودی و خروجی تعریف گردند. طبق پیشنهاد گولانی و رول^{۱۲} (۱۹۸۹) طرح این سوال می‌تواند در انتخاب ورودی و خروجی مفید باشد:

آیا یک عامل یا مشخصه فنی با نمره بالاتر، ترجیح بالاتری دارد؟

اگر جواب سوال بالا مثبت باشد، عامل به عنوان خروجی طبقه بندی می‌گردد. طبق این منطق نسبت DR ها به CR معمولا به عنوان خروجی طبقه بندی می‌گردند، درحالی که هزینه به عنوان ورودی در نظر گرفته می‌شود. سهولت پیاده‌سازی به عنوان یک عامل خروجی در نظر می‌گیریم، سطح مشکل بودن به عنوان یک عامل ورودی در نظر گرفته می‌شود (اگرچه تنها یکی از این دو باید با توجه به کاربردهای معینی از QFD به کار بروند). تاثیرات مضر محیطی DR ها هم به عنوان ورودی تعیین می‌گردد. روش پیشنهادی نه تنها نسبت DRها را در ارتباط با CR مورد بررسی قرار می‌دهد، بلکه دیگر عوامل مرتبط، همچون هزینه و تاثیرات محیطی را نیز در نظر می‌گیرد.

در محاسبات QFD سنجش اهمیت CRها زمانی استفاده می‌شود که اهمیت مطلق CRها را محاسبه کنیم. سنجش اهمیت CR می‌تواند با

امین DMU (DMU₀) با استفاده از ورودی‌های X_{io} خروجی‌های Y_{ro} را ایجاد می‌کند. امتیاز کارایی نسبی یک DMU₀ مورد بررسی بوسیله حل مدل ارائه شده چارنز و سایرین^{۱۱} (۱۹۷۸) از فرمول زیر بدست می‌آید:

$$\text{Max } Z_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_{ro} y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_{io} x_{io}} \quad \text{مدل شماره ۱}$$

st:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_{ro} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_{io} x_{ij}} \leq 1 \quad (r = 1, 2, \dots, s), (i = 1, 2, \dots, m), (j = 0, 1, \dots, n)$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

این مدل تحت عنوان مدل کسری CCR معروف می‌باشد که در آن داریم:

i تعداد ورودی و r تعداد خروجی هاست، z هم تعداد DMU می‌باشد.

y_{rj} مقدار خروجی z ام تولید شده بوسیله DMU_i، x_{ij} مقدار ورودی z ام تولید شده بوسیله DMU_i

u_r وزن داده شده به خروجی r ام، v_i وزن داده شده به خروجی i ام. با استفاده از یک اصلاح جزئی می‌توان تابع بالا را ساده نمود و به یک مدل خطی ورودی محور و یا خروجی محور تبدیل نمود: اگر تنها مخرج یا صورت کسر را مساوی یک قرار دهیم. برای مثال اگر مخرج را مساوی یک قرار دهیم، یک مسئله برنامه‌ریزی خطی در جهت بیشینه سازی خروجی‌ها بدست می‌آید. اگر صورت کسر را مساوی یک قرار دهیم، یک مسئله برنامه‌ریزی خطی کمینه‌سازی ورودی حاصل می‌گردد [۱۶].

در تبدیل مدل کسری CCR به مدل برنامه‌ریزی خطی استدلال بر این است که برای حداکثر نمودن مقدار یک عبارت کسری کافی است که مخرج کسر یک عدد ثابت در نظر گرفته شود و صورت کسر حداکثر شود. براین اساس مخرج کسر را معادل یک قرار داده و مدل جدیدی بدست می‌آید که بنام مدل مضربی CCR معروف می‌باشد. این مدل از آنجا که تعداد متغیرهای آن کمتر از تعداد متغیرهای مدل قبلی است مدلی متفاوت و جدید به حساب می‌آید. در دیگر مسائل برنامه‌ریزی تحلیل پوششی داده‌ها، تابع هدف و محدودیت دوم تغییر می‌یابد، در حالی که محدودیت‌های دیگر ثابت باقی می‌ماند.

عامل دیگر با نام تاثیرات مضر محیطی به‌عنوان ورودی در محاسبات QFD داشته باشیم. این محاسبات با استفاده از چارچوب DEA معرفی شده به سادگی امکان‌پذیر است. مدل کامل DEA برای محاسبه اهمیت نسبی DR در ضمیمه آمده است. نتایج اهمیت نسبی در جدول (۱) آمده است. بنابراین DEA یک چارچوب ساده و مناسبی را برای یکپارچه سازی عوامل اضافی در محاسبات QFD فراهم سازد.

۴- مطالعه موردی

صنعت الکترونیک به‌عنوان یک صنعت با ارزش افزوده بالا محسوب می‌شود که صنعت تلویزیون به‌عنوان یکی از مهمترین ارکان آن، جایگاه ویژه‌ای را در کل صنعت کشور دارد. صنعت کپی‌سازی محصولات خارجی بدون توجه به لزوم تطبیق آن با خصوصیات و نیازهای مصرف کننده ایرانی یکی از مشکلات این صنعت می‌باشد. از آنجایی که مشتری راضی ضامن موفقیت سازمان‌ها است و مدل QFD، مناسب‌ترین انتخاب مدیران سازمان برای افزایش رضایتمندی مشتریان را ارائه می‌دهد، در این پژوهش از این تکنیک برای طراحی محصول استفاده شده است. شرکت پارس الکترونیک در زمینه‌های طراحی و ساخت محصولات صوتی، تصویری و مانیتور کامپیوتر فعالیت می‌کند. شرکت برای نظرات مشتریان و تولید براساس نیازهای آنان اهمیت بالایی قایل است. اما با توجه به محدودیت‌های منابع این شرکت و با توجه به اینکه توسعه‌پذیری و قابلیت ساخت هر مشخصه فنی محصول با یکدیگر متفاوت بوده و هر کدام به نوعی بر رضایت مشتری تاثیرگذار است. از طرفی دیگر مدل کلاسیک QFD ممکن است راه‌حلهایی را بدون توجه به محدودیت‌های سازمان ارائه دهد که نهایتاً سازمان قادر به پیاده‌سازی آن نتواند باشد. برای رفع این مشکلات، روشی را که در بالا تشریح شد را به شرکت پیشنهاد کردیم، تا با ارائه راه‌حل‌های سنجیده و لحاظ کردن محدودیت‌های سازمانی بتواند بهترین گزینه را در اختیار مدیران قرار دهد.

۴-۱- روش گام به گام

در این بخش نیز از همان رویه گام به گام که در بخش ۳-۱ تشریح شد استفاده کردیم. برای پیاده‌سازی این تکنیک در شرکت پارس الکترونیک قبل از شروع کار تیم QFD متشکل از چند کارمند بخش فروش و بازاریابی، خدمات پس از فروش، کیفیت و مهندسی تعیین شد. گام اول: تعیین نیازهای مشتریان از جمله مهمترین مراحل یک پروژه QFD می‌باشد. پس از برگزاری چندین جلسه طوفان فکری با تیم QFD برای تعیین نیازهای مشتریان و مشخصه‌های فنی محصول، سرانجام ۷ نیاز و ۱۲ مشخصه فنی برای محصول مورد نظر مشخص شد (نگاره ۲).

استفاده از روش منطقه اطمینان^{۱۳} در DEA اعمال گردد [۲۰]. این عمل با افزودن محدودیت‌ها در مدل اصلی DEA که رابطه بین ضرایب را مشخص و واضح می‌گرداند، انجام می‌شود (مثلاً U_{mi}, V_{mi}, \dots). به‌طور مشخص اهمیت هر یک از CR ها می‌تواند (در مدل ۲) به شکل ضرایب $U_{r0} = d_r U_{r0}$ محاسبه گردد (که در آن $r = 1, 2, 3, \dots, k$ و $d_1 = 1$). برای مثال اگر CR_2 و CR_3 به ترتیب، نصف و سه برابر CR_1 دارای اهمیت هستند، می‌نویسیم $d_2 = 0.5$ و $d_3 = 3$.

۳-۱- روش گام به گام

وقتی از DEA برای محاسبه مقادیر اهمیت نسبی DRها استفاده می‌شود، گام‌های زیر باید به ترتیب انجام شود:

گام اول: لیست کردن تمام CRها و DRها و تمامی عواملی که در تصمیم‌گیری درباره‌ی میزان اهمیت نسبی DRها باید در نظر بگیریم.

گام دوم: میزان ارتباط بین CR و DRها (همان ماتریس C در نگاره ۱)، ارتباط فنی ماتریس D و نرخ‌های (نسبت‌های) DR بصورت عوامل اضافی و با استفاده از رویه‌های منظمی که در مثال‌ها وجود دارد، کسب گردد. برای مثال سطوح مختلف ارتباط ذکر شده در نگاره ۱ می‌تواند برای این هدف استفاده گردد.

گام سوم: ارزش‌های عددی مناسب برای تمامی ماتریس C و D اختصاص دهید.

گام چهارم: تمامی ماتریس‌های A، C و نرخ‌های R در ارتباط با دیگر عوامل اضافی برای توسعه مدل DEA استفاده می‌گردد.

گام پنجم: حل مدل. نتایج مربوط به نمره‌ی کارایی که با استفاده از DEA محاسبه می‌گردد را به‌عنوان اهمیت نسبی DRها در نظر می‌گیریم.

۳-۲- مثال عددی

در این بخش استفاده از DEA در ایجاد اهمیت نسبی DRها برای مقادیر عددی نشان داده شده در نگاره ۱، ارائه شده است. نمای DEA مربوط به ماتریس C نگاره ۱، در جدول ۱ نشان داده شده است.

مثال اول: زمانی که یک عامل اضافی به‌عنوان ورودی در نظر گرفته شود.

نتایج در جدول ۱ نشان داده شده است. برای DR_1 تا DR_4 داریم (۱ و ۰.۳۴۱ و ۰.۳۱۹ و ۰.۰۲۷). وقتی که تمامی اعداد بر بزرگترین عدد (۱۱.۹۷) تقسیم گردد، می‌توانید تناسب بین داده‌های حاصله از DEA با داده‌های به‌دست آمده از مدل ساده QFD در جدول یک مشاهده کنید (۱۱.۹۷ و ۴.۰۸ و ۳.۸۲ و ۰.۳۳).

مثال دوم:

زمانی که تعداد زیادی عوامل اضافی به‌عنوان ورودی و خروجی برای محاسبه‌ی اهمیت نسبی DRها مد نظر قرار گرفته شود.

برای مثال فرض کنید عامل سهولت پیاده‌سازی به‌عنوان خروجی و یک

جدول (۱): محاسبه اهمیت نسبی DRها با استفاده از DEA

DMU1(DR1)	DMU2(DR2)	DMU3(DMU3)	DMU4(DR4)	
				میزان ارتباط بین CR و DR (ماتریس C):
۱	۱	۳	۹	خروجی ۱ (CR1)
۰	۹	۱	۱	خروجی ۲ (CR2)
۱	۳	۱	۱	خروجی ۳ (CR3)
۰	۱	۱	۱	خروجی ۴ (CR4)
۰	۱	۰	۱	خروجی ۵ (CR5)
۱۵	۷	۵	۴	هزینه (عامل ورودی)
۰.۰۲۷	۰.۳۱۹	۰.۳۴۱	۱.۰۰۰	اهمیت نسبی با استفاده از DEA
۱	۹	۱	۵	سهولت پیاده سازی (عامل خروجی) ۵
۹	۳	۷	۱	تأثیرات مضر محیطی (ورودی)
				اهمیت نسبی مشخصه
۰.۰۵۲	۱.۰۰۰	۰.۳۴۱	1.000	با استفاده از DEA (ضمیمه A)

مشخص شد (نگاره ۲).

گام سوم: در نگاره ۳ خانه کیفیت نمایش داده شده است. از آنجایی که در ماتریس D ارتباط مهمی بین DRها وجود ندارد، نیازی به محاسبه ماتریس \tilde{C} نمی باشد. با استفاده از داده های ماتریس با استفاده از داده های ماتریس A، C، D دو عامل ورودی اضافی (هزینه و

گام دوم: اهمیت نیازمندیها با نظرسنجی ۳۰ نفر از مشتریان و میانگین گیری از میزان اهمیت هر نیازمندی، تعیین شد. ارتباط بین CRها و DRها و میزان همبستگی بین DRها هم با برگزاری چند جلسه توسط اعضای تیم QFD مشخص شد. همچنین برای هر یک از DRها مقادیر سه عامل هزینه، سهولت پیاده سازی و تأثیرات مضر محیطی

اهمیت نیازها		سگرین	میزان درایت سیگنال	شدت صدا	راندمان بلندگو	بویز	تعداد خروجی ها	تعداد تیونر ها	تعداد صفحه تصویر در هر ثانیه	تعداد آشکار ساز رنگ	کافظه	وزن تلویزیون	میزان ضربه پذیری
شفافیت تصویر	۱۰	😊	△					⊙	△	△	⊙		
شفافیت صدا	۱۰		△	😊	△	△		⊙			⊙		
قابلیت اتصال به دوربین یا کامپیوتر	۶						😊						
نمایش همزمان چند کانال	۸		△					△	△	△	△		
ثابت نگاه داشتن تصویر	۶								⊙	△	😊		
حمل و نقل آسان	۷											😊	
مقاوم بودن کابینت	۱۰												😊
هزینه (هزینه بالا ۵، هزینه پایین ۱)		4	3	5	3	4	5	1	3	5	3	2	3
سهولت پیاده سازی (آسان ۵، سخت ۱)		2	2	2	3	2	1	2	3	4	1	5	2
تأثیرات بد محیطی (مضر ۵، بی تاثیر ۱)		1	1	4	3	5	2	1	5	2	4	4	1
نمره کارایی		1	1	.86	.55	.41	1	.66	1	.95	1	.75	.88
رتبه بندی نهایی		1	1	4	7	8	1	6	1	2	1	5	3

شکل (۲): خانه کیفیت مربوط به مطالعه موردی

همچنین با دو مثال ساده عددی روش پیشنهادی، تشریح شد. مطالعه موردی در شرکت پارس الکترونیک انجام شد و به کمک این روش میزان اهمیت نسبی هر یک از مشخصه‌های فنی محاسبه شد. از آنجایی که نمره کارایی مشخصه‌های فنی «میزان دریافت سیگنال»، «اسکرین»، «تعداد خروجی‌ها»، «تعداد صفحات در هر ثانیه» و «میزان حافظه» برابر یک شده است، پیشنهاد می‌گردد که مطالعه بر روی این موارد نسبت به موارد دیگر در اولویت قرار گیرد و با توجه به بودجه شرکت، دیگر موارد با توجه به نمره کارایی‌شان در اولویت‌های بعدی قرار می‌گیرند.

در پایان به منظور استفاده بیشتر از مفاهیم و اصطلاحات خود مشتریان و مدل‌سازی بهتر و واقعی‌تر مسئله می‌توان این مدل تلفیقی را در محیط فازی به کار گرفت و همچنین چگونگی توسعه‌ی تکنیک‌های دیگر مدیریتی مثل تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی در مدل تلفیقی مورد بررسی قرار بگیرد.

۶- ضمیمه

زمانی که چند عامل اضافی به‌عنوان ورودی و خروجی برای محاسبه‌ی اهمیت نسبی DRها مد نظر قرار گرفته شود. برای مثال فرض کنید عامل سهولت پیاده‌سازی به‌عنوان خروجی و یک عامل دیگر با نام تأثیرات مضر محیطی به‌عنوان ورودی در محاسبات QFD داشته باشیم.

$$\begin{array}{l}
 \max \quad 9u_{11} + u_{21} + u_{31} + u_{41} + u_{51} + 5u_{61} \\
 \text{s.t.} \\
 4v_{11} + v_{21} = 1, \\
 9u_{11} + u_{21} + u_{31} + u_{41} + u_{51} + 5u_{61} - 4v_{11} - v_{21} \leq 0, \\
 3u_{11} + u_{21} + u_{31} + u_{41} + u_{61} - 5v_{11} - 7v_{21} \leq 0, \\
 u_{11} + 9u_{21} + 3u_{31} + u_{41} + u_{51} + 9u_{61} - 7v_{11} - 3v_{21} \leq 0, \\
 u_{11} + u_{61} - 15v_{11} - 9v_{21} \leq 0, \\
 \frac{1}{3}u_{11} - u_{21} = 0, \\
 \frac{1}{6}u_{11} - u_{31} = 0, \\
 \frac{4}{3}u_{11} - u_{41} = 0, \\
 \frac{1}{2}u_{11} - u_{51} = 0, \\
 u_{11}, u_{21}, u_{31}, u_{41}, u_{51}, u_{61}, v_{11}, v_{21} \geq 0.
 \end{array}$$

- [2] Bode J, Fung RYK (1998). Cost engineering with quality function deployment. *Computers & Industrial Engineering*;35(3-4):587-90.
- [3] Chan L-K, M-L Wu (2005). A systematic approach to quality function deployment with a full illustrative example. *Omega*;33(2):119-39.
- [4] Charnes, A., Cooper, W. W., Rhodes, E (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*. 2(1): 429-444.
- [5] Golany B, Roll Y (1989). An application procedure for DEA. *Omega*;17(3):237-50.
- [6] van de Poel, I., (2007). Methodological problems in QFD and directions for future development. *Res Eng Design* ;18(1):21-36

تأثیرات مضر محیطی) و یک عامل خروجی اضافی (سهولت پیاده‌سازی) کارایی هر یک از DRها محاسبه گردید. در این پژوهش با استفاده از نرم افزار DEA_Solver کارایی هر یک از DRها محاسبه گردیده است.

۵- نتیجه گیری

توسعه عملکرد کیفیت با استفاده از محاسبات ساده میزان اهمیت نسبی مشخصه‌ای فنی محصول را به کمک تشکیل ماتریس ارتباطات به دست می‌آورد. اما با استفاده از این محاسبات ساده، اهمیت نسبی مشخصه‌های فنی محصول را برای وقتی که چند عامل، به غیر از عامل «میزان ارتباط بین نیازهای مشتری و مشخصه‌ای فنی»، مثل هزینه پیاده‌سازی، سهولت پیاده‌سازی و غیره مورد توجه محقق قرار می‌گیرد، نمی‌توان محاسبه نمود. زمانی که یک شرکت با توجه به نیاز خود بخواهد، با استفاده از توسعه عملکرد کیفیت چند عامل را در انتخاب یک مشخصه فنی برای توسعه محصول دخیل کند، نیازمند ایجاد تغییراتی در روش کلاسیک توسعه عملکرد کیفیت خواهد بود. در این مطالعه موردی تحلیل پوششی داده‌ها به‌عنوان مکمل مناسبی برای حل این مشکل پیشنهاد شده است. همان‌طور که نشان دادیم اهمیت نسبی به دست آمده با استفاده از تحلیل پوششی داده‌ها برای زمانی که تنها یک عامل «میزان ارتباط بین نیازهای مشتری و مشخصه‌های فنی» مورد بررسی قرار می‌گرفت، کاملاً متناسب با اهمیت نسبی به دست آمده با استفاده از روش توسعه عملکرد کیفیت کلاسیک می‌باشد.

در اینجا $U_{11}, U_{21}, U_{31}, U_{41}, U_{51}$ و U_{61} معادل ضرایب CR_1 تا CR_5 می‌باشد U_{61} به‌عنوان ضریب "سهولت پیاده‌سازی" می‌باشد که به‌عنوان خروجی در نظر گرفته ایم. متغیرهای V_{11} و V_{21} به ترتیب به‌عنوان ضرایب هزینه و تأثیرات مضر محیطی می‌باشند.

۷- منابع و ماخذ

- [1] Akao Y (1990). Quality function deployment: integrating customer requirements into product design. Cambridge, MA: Productivity Press.

- [7] Kao C, Hung H-T (2008). Efficiency analysis of university departments: an empirical study. *Omega*;36(4):653-64.
- [8] 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(1):171-90.
- [9] Kavosi M., Kiani Mavi R. (2011). 'Fuzzy quality function deployment approach using TOPSIS and AHP methods', *Int. J. Productivity and Quality Management*, Vol.7, No.3, (Accept manuscript).
- [10] Kavosi, M., Mozaffari, M.M. and Kiani Mavi, R. (2011) 'Incorporating cost and environmental factors in quality function deployment using TOPSIS method', *Int. J. Quality Engineering and Technology*, Vol. 1, No.2, 63-
- [11] King B (1987). *Better designs in half the time: implementing QFD in America*. Methuen, MA: Goal/QPC.
- [12] Lu MH, Madu CN, Kuei C-h, Winokur D (1994). Integrating QFD, AHP and benchmarking in strategic marketing. *Journal of Business & Industrial Marketing*;9(1):41-50.
- [13] Park T, Kim K-J (1998). Determination of an optimal set of design requirements using house of quality. *Journal of Operational Management*;16(1):569-581.
- [14] Partovi FY (2006). An analytic model for locating facilities strategically. *Omega*;34(1):41-55.
- [15] Ramanathan R., (2006). Data envelopment analysis for weight derivation and aggregation in the analytic hierarchy process. *Computers & Operations Research*;33(5):1289-307.
- [16] Ramanathanan, R., Yunfeng, J (2009). Incorporating cost and environmental factors in quality function deployment using data envelopment analysis. *Omega*. 37(1):711 - 723
- [17] Saaty TL (1980). *The analytic hierarchy process: planning, priority setting and resource allocation*. New York: McGraw-Hill.
- [18] Sullivan LP (1986). Quality function deployment. *Quality Progress*;19(6):39-50.
- [19] Tang J, Fung FYK, Xu B, Wang D (2002). A new approach to quality function deployment planning with financial consideration. *Computers & Operations Research*;29(2):1447-1463.
- [20] Thompson RG, Singleton Jr FD, Thrall RM, Smith BA (1986). Comparative site evaluations for locating a high-energy physics lab in Texas. *Interfaces*;16:35-49.
- [21] Wasserman, GS. (1993) On how to prioritize design requirements during the QFD planning process. *IIE Transactions*. 25(3):59-65.
- [22] Zhang Y, Wang H-P, Zhang C. Green QFD-II(1999): a life cycle approach for environmentally conscious manufacturing by integrating LCA and LCC into QFD matrices. *International Journal of Production Research*;37(5):1075-1091.