یک رویکرد تلفیقی برای ارزیابی و رتبه بندی اهمیت نسبی الزامات فنی محصول- مطالعه موردی صنعت کاشی و سرامیک یزد

■ یحیی زارع مهرجردی *+
دانشیار دانشکده صنایع دانشگاه یزد
■ محمد صالح اولیاء [1]
دانشیار دانشکده صنایع دانشگاه یزد
■ امیر تنها درودزنی [2]
مهندسی صنایع دانشکده صنایع دانشگاه یزد

چکیده

این مقاله به دنبال برآورد اهمیت نسبی الزامات فنی محصول در ماتریس QFD با در نظر گرفتن نیازمندی‌های مشتریان و محدودیت‌های پیش روی تولیدکنندگان است. با توجه به اینکه ماتریس QFD فقط خواسته‌های مشتریان را در الزامات فنی دخیل می‌داند، لذا این مقاله به دنبال روشی جهت بررسی محدودیت‌های موجود در طراحی محصول علاوه بر نیازمندی‌ها است. از این رو مدل DEA که یک مدل برنامه ریزی خطی است، پیشنهاد می‌شود. در این راستا، در آغاز به بررسی ادبیات موضوع در زمینه‌های QFD و DEA پرداخته خواهد شد و پس از تشریح فرآیند تلفیق دو مدل با یکدیگر، مطالعه موردی بررسی می‌شود. برآورد نیازمندی‌های مشتریان و اهمیت نسبی آنها، محدودیت‌های پیش روی تولیدکنندگان و مشخصات فنی در صنعت کاشی و سرامیک یزد نیز مدنظر قرار خواهد گرفت. همچنین رابطه بین نیازمندی‌ها با مشخصات فنی از یک سو و محدودیت‌های پیش روی تولیدکنندگان و مشخصات فنی از سوی دیگر برآورده می‌شود. در نهایت با ساخت مدل DEA و محدودیت‌های آن، اهمیت نسبی الزامات فنی در صنعت کاشی و سرامیک یزد حاصل خواهد شد.

واژگان کلیدی: گسترش عملکرد کیفیت (QFD)، تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)، نیازمندی‌های مشتریان، الزامات طراحی، اهمیت نسبی، صنعت کاشی و سرامیک یزد.

* عهده دار مکاتبات
+ شماره نمابر: ۰۳۵۱-۸۲۱۰۶۹۹ و آدرس پست الکترونیکی: Yazm2000@yahoo.com
۱ شماره نمابر: ۰۳۵۱-۸۲۱۰۶۹۹ و آدرس پست الکترونیکی: Owliams@gmail.com
۲ شماره نمابر: ۰۳۵۱-۸۲۱۰۶۹۹ و آدرس پست الکترونیکی: Atanha63@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

با استفاده از QFD ضمن بهبود کیفیت محصول امکان کاهش زمان و هزینه تولید نیز بوجود می‌آید. در محیط پرتلاطم و رقابتی امروز، سازمان‌هایی در عرصه رقابت پیشرو خواهند بود که در برآوردن نیازها و خواسته‌های مشتریان گوی سبقت را از سایر رقبای بازار بربایند. مشتری و مشتری مداری از جمله مباحث پر اهمیت و از موضوعات جالب توجه در ادبیات مدیریت است. بنا به تعریفی که از یوجی آکائو[3] بنیانگذار روش QFD بیان شده، QFD مترجم نیازها و انتظارات مشتری در قبال یک محصول است که تبدیل به ویژگی‌های محصول می‌گردد؛ هدف از اجرای QFD برآورده کردن خواسته‌های مشتری در قالب شی-ای ملموس است به طوری که بتواند مطلوبیت مورد نظر مشتری را به وی ارائه دهد[۵]. در تعریفی دیگر که پیتمن[4] و همکاران ارائه نمودند؛ گسترش عملکرد کیفیت، یک سیستم تضمین کیفیت است که در به وضوح شنیدن صدای مشتری به ما کمک می‌نماید و همچنین با استفاده از این فرآیند از گسترش کالا و خدمات اطمینان حاصل می‌شود[۷]. در تعریف دیگری که از اسپراش[5] ارائه شد، به مشارکت اعضاء نیز تاکید شده است؛ به این صورت که QFD سیستمی است که از آن برای طراحی کالا یا خدمات بر مبنای خواسته‌های مشتری و همه اعضای سازمان تولید کننده استفاده می‌شود[۸].

ایجاد رضایت در مشتریان و حتی به شوق درآوردن آنها از کیفیت محصولات و خدمات، در مرحله اول نیازمند شناخت نیازها و خواسته‌های آنها و سپس انتقال این خواسته‌ها به موقعیتی است که محصولات و خدمات تولید می‌شوند[۱]. همیشه انتظارات مشتریان با توجه به رشد روز افزون علم بالاست و منابع بسیاری از سازمان‌ها محدود است. همچنین اگر در نظر گرفتن و دخیل کردن صدای مشتری در محصول لحاظ شود، نه تنها سود چندانی عاید سازمان نمی‌شود، بلکه سازمان را در مسیر ورشکستگی قرار می‌دهد. بنابراین سازمان‌ها برای تولید محصول نهایی خود، نیازمند آشکار سازی خواسته‌های مشتریان و محدودیت‌های پیش روی خود هستند. خانه کیفیت به عنوان مهمترین بخش QFD، می‌تواند خواسته‌های مشتری را با ویژگی-های فنی مرتبط سازد. بنابراین، برای در نظر گرفتن خواسته‌های مشتریان در محصول نهایی از ماتریس QFD استفاده می‌شود.

3 Yoji Akao
4 Geln Pitman
5 Einsprush

این مقاله به دنبال آن است که علاوه بر نیازمندی‌های مشتریان، محدودیت‌های پیش روی تولیدکنندگان این صنعت را در طراحی محصولات وارد نماید. مسلم است که استفاده از ماتریس QFD سنتی نمی‌تواند پاسخگوی این امر باشد. لذا از مدل DEA برای انجام این مساله استفاده می‌شود. علت پذیرش گسترده این روش نسبت به سایر روش‌ها، امکان بررسی روابط پیچیده و اغلب نامعلوم بین چندین ورودی و چندین خروجی (معمولا اندازه ناپذیر) است که در این فعالیت‌ها وجود دارد. این روش امکان نگرش به فعالیت‌هایی که در گذشته به روش‌های دیگر ارزیابی شده‌اند را فراهم می‌نماید[۳]. در این تحقیق برای برآورد اهمیت نسبی الزامات طراحی محصول در صنعت کاشی و سرامیک، هنگامی که نیازمند دخیل نمودن نیازمندی‌های مشتریان و محدودیت‌های پیش روی تولیدکنندگان است، از مدل DEA استفاده می‌شود. در زمینه ادبیات موضوع و کاربرد این دو مدل در بخش‌های مختلف صنعت مقالات متعدد و گسترده‌ای وجود دارد. ابتدا شرح مختصری از ادبیات موضوع این دو روش ارائه می‌گردد و در ادامه، در مورد روش تلفیق این دو مدل و چگونگی کاربرد آن در صنعت کاشی و سرامیک بحث خواهد شد.

عمده‌ترین روش برای برقراری ارتباط سازمان با مشتریان عبارت است از: رفتن به محل واقعی مصرف محصول و انجام مصاحبه، ارسال پرسشنامه، کارت‌های اظهارنظر نصب شده بر روی محصول، پیگیری شکایت مشتریان و ایجاد خطوط تلفن رایگان. QFD در اصل وسیله‌ای برای جمع آوری و تجزیه و تحلیل صدای مشتری جهت توسعه محصولات با کیفیت مطابق و یا حتی فراتر از انتظارات مشتری معرفی شده است[۱ و ۲]. شناسایی و درک خواسته‌ها، انتظارات و نیازمندی‌های مشتریان، از جمله مراحل انجام پروژه QFD است. برای درک بهتر خواسته مشتری خود به محل استفاده از محصول بروید، نحوه استفاده از محصول را مشاهده، لمس و خلاصه آنکه مدتی را همراه مشتریان خود و همانند آنها زندگی نمایید. اولین گام برای بررسی یک پروژه QFD شناسایی مشتریان محصول است که شامل تمامی افراد حقیقی و حقوقی متاثر از ویژگی‌های محصول است. این کار از طریق مصاحبه و تلفن، گزارش مراجع قانونی، شکایات مشتریان و پرسشنامه از طریق تحقیقات کمی و کیفی امکان پذیر است. نیازها و انتظارات اساسی مشتریان، جمع آوری و در ماتریس خانه کیفیت[6](HOQ) بکار برده خواهد شد و بدین وسیله ندای مشتری حاصل می‌شود. در نهایت نظریه‌هایی در

6 House Of Quality

www.SID.ir

مورد ندای آینده مشتریان تعیین می‌گردد[۴]. ساختار خانه کیفیت با اعمال تقاضای مشتریان آغاز می شود که اغلب (WHATs) نامیده می‌شود که صدای مشتری یا مشخصه‌های کیفیت نیز نامیده می‌شود. این لیست معمولا شامل تحقیقات کیفی از بازار است. خواسته‌ها و نیازمندی‌های مشتری به صورت کلمه به کلمه در ستون (VOC) قید می‌شود. ثبت دقیق مکالمات مشتری به صورت زیر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است:

- چه کاربردی؟ (WHAT): موارد استفاده محصول و کاربردهای آن چیست؟ موارد استفاده آنها در آینده چیست؟ مشاهده شما از کاربردهای فعلی محصول چیست؟
- زمان استفاده (WHEN): محصول در چه مواقعی استفاده می‌شود؟ مواقع استفاده احتمالی محصول در آینده چیست؟
- محل استفاده (WHERE): محل استفاده از محصول کجاست؟ مکان‌های احتمالی استفاده محصول در آینده کجاست؟ شرایط آب و هوایی و مناطق جغرافیایی و ... به چه صورت خواهد بود؟
- علت انتخاب (WHY): علت انتخاب محصول از سوی مشتری چیست؟ علت استفاده مشتری از محصول مورد استفاده در مقایسه با محصولات مشابه چیست؟
- چگونگی استفاده (HOW): محصول مورد بررسی چگونه مصرف می‌شود؟ استفاده آن در آینده به چه صورت خواهد بود؟

هدف از تلفیق این ستون‌ها با ستون (VOC)، کسب اطمینان از عدم حذف و فراموشی خواسته مشتری است. این خواسته‌های مشتریان به کمیت‌های مهم در فرایند ساخت محصول ارزیابی و تبدیل می‌شود. در نهایت، برآورد اهمیت نسبی از آنها می‌تواند به شناسایی اولویت الزامات طراحی برای فرایند ساخت محصول و فراهم نمودن رهنمودهایی برای اختصاص منابع لازم کمک کند[۲۳، ۲۴ و ۲۵].

۲- گسترش عملکرد کیفیت

از اواسط دهه ۱۹۵۰ میلادی، گسترش عملکرد کیفیت مورد توجه قرار گرفت و در همه بخش‌های سازمان‌ها، به عنوان یک ابزار مدیریتی شناخته شد. اصطلاح QFD در مفاهیم و روش‌های توسعه محصولات جدید[۷](NPD) و در سایه مدیریت کیفیت جامع (TQM)[۸] ایجاد شد[۶]. شرکت تویوتا[۹] در سال ۱۹۷۷ به توسعه آن اقدام نمود و در توسعه محصولات خود بکار گرفت. نقطه عطف تکامل روش QFD در سال ۱۹۷۸ با انتشار کتابی با عنوان "گسترش عملکرد کیفیت"، از سوی دکتر یوجی آکائو و شیگرو میزونو همراه بود[۷]. این روش برای توسعه محصولات و از ابتدای دهه ۱۹۸۰ میلادی در صنایع آمریکایی مورد استفاده قرارگرفت. صنایع خودروسازی، اولین‌گروه از صنایعی بودند که در ایالات متحده به استفاده از QFD روی آوردند. اما به‌زودی سایر صنایع و بویژه صنایع خدماتی نیز از آن استفاده نمودند[۸].

هنگامی که از QFD برای توسعه محصول استفاده می‌شود، انتظارات مشتریان مربوط به ویژگی‌های اصلی طراحی محصول در ماتریس اصلی خانه کیفیت (HOQ)[۱۰] بکار برده می‌شود[۹]. HOQ ماتریسی است شامل ورودی‌های عددی که مهمترین نیازمندی‌های مشتریان (CRs)[۱۱]، الزامات فنی محصول (DRs)[۱۲]، ارتباط بین CRها و DRها (ارتباط بین نیازمندی‌های مشتریان و الزامات فنی محصول) و همچنین ارتباط بین خود الزامات فنی محصول، DRها، را نشان می‌دهد[۹]. ابتدا برای ورود به خانه کیفیت، شاخص‌های کیفی که از ندای مشتری و همچنین ارتباط بین CRها و DRها با نظرات متخصصین و ابزارهای جمع آوری داده[۱۳] بدست آمده، به مقادیر عددی تبدیل می‌شود. در حالت کلی ماتریس خانه کیفیت، دربردارنده ۶ قسمت اصلی است که در شکل شماره ۱ مشخص شده است[۱۰]. پس از شناسایی نیازهای کیفی مشتریان با روش‌های آماری[۱۴] (همچنین استفاده از درجه بندی‌های متفاوت مانند ۵-۱ یا ۱۰-۱)، که با درک مناسب از نظرات مشتریان و افراد با تجربه سازمان همراه است، می‌توان میزان اهمیت نسبی را به دست آورد. این اهمیت نسبی[۱۵] ممکن است با روش‌های ساده‌ای همچون، نرخ مستقیم[۱۶] یا با روش‌های پیچیده‌تری همچون روش نوسانی[۱۷]، برنامه ریزی سلسله مراتبی[۱۸] یا فرآیند شبکه تحلیلی[۱۹] محاسبه شود[۱۱] که این بخش مربوط به ماتریس A می‌شود. الزامات فنی در ماتریس B فهرست شده و درجه رابطه

7 New Product Development
8 Total Quality Management

9 Toyota
10 House Of Quality
11 Customer Requirements
12 Design Requirements
13 Data
14 Statistical Methods
15 Relative Importance
16 Direct Rating,
17 Oscillation Method
18 Analytic Hierarchy Process
19 Analytic Network Process

Archive of SID
www.SID.ir

بین CRها و DRها در ماتریس C با نظر متخصصان اندازه‌گیری می‌شود. این ارتباط معمولا با استفاده از چهار سطح رابطه بکار گرفته شده است: بدون رابطه، رابطه ضعیف/کم، ارتباط متوسط/میانه رو و ارتباط قوی و معمولا با استفاده از علائمی شبیه به علائم ذکر شده در جدول شماره ۱ مشخص می‌شوند. این علائم با سنجش داخلی به عدد تبدیل شده که معمولا این علائم را با اعداد (۰، ۱، ۳، ۵) و به تازگی با اعداد (۰، ۱، ۳، ۹) نمایش می‌دهند. بخش D ماتریس مربوط به همبستگی میان الزامات طراحی محصول است؛ زیرا بعضی از الزامات طراحی به هم وابسته و در این ماتریس میزان ارتباط آنها سنجیده می‌شود و درجه همبستگی آنها با استفاده از همان علائم نمادین جدول شماره ۱ شبیه به آنچه برای ماتریس C در نظر گرفته شد، بکار گرفته می‌شود. هنگامی که رابطه یا اهمیت نسبی DRها، به وسیله ماتریس D نشان داده می‌شود، این اطلاعات باید به صورت عادی در ورودی ماتریس C مورد استفاده قرار گیرد. واسرمن روش ذیل را جهت دستیابی به این هدف پیشنهاد کرده است [۱۲]:

$$R_{ij}^{norm} = \frac{\sum_{k=1}^{N} Rik \cdot Ykj}{\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{N} Rik \cdot Ykj} \qquad (۱)$$

که در آن:

R_{ik}: عناصر ماتریس C هستند که ارتباط بین CR_i و DR_k را به نمایش می‌گذارند.

Ykj؛ عناصر ماتریس همبستگی فنی D که رابطه متقابل بین DR_k و DR_j را نشان می‌دهد.

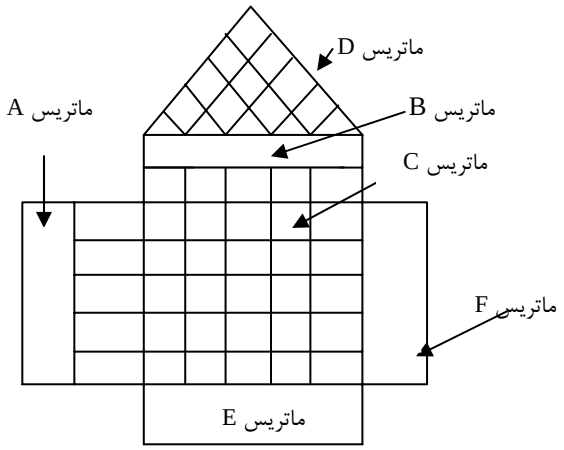
K: عناصر (CRs)

N: تعداد اعضای DR است.

R_{ij}^{norm} از ماتریس نرمال C حاصل شده و C^{norm}ها را نمایش می‌دهد.

باید به این نکته توجه شود که C^{norm}، زمانی نیاز به محاسبه دارد که رابطه متقابل بین DRها وجود داشته باشد.

اهمیت نسبی و قطعی DRها در ماتریس E محاسبه می‌شود. به عنوان مثال، برای محاسبه اهمیت قطعی DR_1[20]، اهمیت نسبی به دست آمده از نیازمندی‌های مشتریان در روابطی که به صورت عددی بین DR_1 و CRها وجود دارد، ضرب می‌شود. حال برای برآورد اهمیت نسبی DR_1[21]، میزان اهمیت قطعی بدست آمده بر حاصل جمع اهمیت قطعی بدست آمده از DRها، تقسیم می‌شود.



شکل ۱ : ماتریس خانه کیفیت

جدول ۱: روابط اشکال و میزان اهمیت آنها

رابطه	قوی و خیلی قوی	متوسط	کم	بدون رابطه
اشکال	●	▲	○	

به منظور کسب اطمینان از صحت و درستی و کامل بودن مشخصات فنی استخراج شده، موارد ذیل توصیه می‌گردد:

- استفاده از افراد داخل سازمان و تجارب فنی اعضای تیم QFD در مورد محصول، به منظور تهیه و توسعه فهرستی جامع از مشخصات و الزامات فنی؛
- استفاده از روش های طوفان ذهنی به منظور کسب اطمینان از لحاظ نمودن تمام مشخصات فنی؛
- استفاده از نمودار وابستگی بین عوامل به منظور سازماندهی و باز نگری داده‌های خام؛
- استفاده از نمودار درختی به منظور توسعه و تشریح واضح‌تر اطلاعات موجود؛
- تعیین و تبین تعاریفی مشخص و پذیرفته شده از طرف تمام اعضای تیم QFD برای ترجمه خواسته‌های کیفی به الزامات فنی؛
- عدم لحاظ نمودن ویژگی قطعات و زیر مجموعه‌های محصول[۵].

مهمترین فواید قابل انتظار در صورت استفاده مناسب از QFD در سطح سازمان عبارتند از:

۱. کوتاه‌تر شدن زمان توسعه محصول (۳۰ تا ۵۰ درصد)؛
۲. کاهش تعداد دفعات تغییر در طرح‌های مهندسی (۲۵ تا ۵۰ درصد)؛
۳. کاهش هزینه‌های اولیه معرفی محصول به بازار؛
۴. رضایت مشتریان از تامین خواسته‌ها و الزامات آنها؛
۵. بهبود قابلیت‌های ساخت محصول؛

20 Absolute Importance
21 Relative Importance

www.SID.ir
Archive of SID

۶. ایجاد یک زبان مشترک بین واحدهای مختلف سازمان؛
۷. ترویج فرهنگ کار گروهی و افزایش ارتباطات سازمانی؛
۸. آگاهی واحدهای مختلف از معیارها، اهداف، منابع و محدودیت‌های واحدها و بخش‌های دیگر در مورد حل مشکلات سازمان؛
۹. بررسی، تحلیل و اولویت بندی خواسته‌ها و نیازمندی‌های کیفی مشتریان؛
۱۰. سادگی و دقت در تصمیم‌گیری‌های چند معیاره؛
۱۱. جمع‌آوری اطلاعات از واحدهای مختلف سازمانی با رویکرد مشتری‌مداری و اولویت‌دهی به انتظارات مشتری. این امر به نوبه خود موجب وحدت افقی درون سازمانی و افزایش کارایی و بهره‌وری سازمانی می‌شود؛
۱۲. تعیین اهداف کوتاه مدت و راهبردی سازمان با توجه به محدودیت منابع موجود؛
۱۳. ایجاد یک بانک اطلاعاتی مناسب برای استفاده و کاربردهای آتی [۲۶].

نیاز به ابزاری چون QFD و استفاده از آن، از توجه به دو هدف مرتبط با هم نشات گرفته است. این دو هدف با مصرف کننده (مشتری) یک محصول آغاز شده و با تولید کننده آن خاتمه می‌یابد. این اهداف عبارتند از:

۱. تبدیل خواسته‌های مصرف کننده (ندای مشتری[۲۲]) از محصول به مشخصه‌های کیفی در مرحله طراحی؛
۲. گسترش مشخصه‌های کیفی شناسایی شده (بهسازی کیفیت[۲۳]) در مرحله طراحی به سایر فرآیندهای تولید و تکوین محصول با استفاده از تعیین و برقراری نقاط کنترلی و بازرسی قبل از شروع تولید واقعی [۲۳، ۲۴ و ۲۷].

۳- تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها

محدودیت منابع و امکانات تولید از زمان‌های گذشته تاکنون که عصر اطلاعات، فرا مدرن و توسعه چشمگیر علم و فن است، همواره مطرح بوده و در آینده نیز با شدت بیشتری خود را بر شرایط اقتصادی تحمیل خواهد کرد. از این رو استفاده بهینه از امکانات و منابع در دسترس و ارتقاء کارایی جهت دستیابی به رفاه و پاسخگویی به نیازهای رو به رشد، به یک مساله بسیار مهم تبدیل شده است [۳ و ۱۳]. در واقع، سنجش کارایی از آنجا ضرورت می‌یابد که با توجه به کمبود منابع و امکانات در شرایط کنونی این منابع باید به گونه‌ای تخصیص داده شود که سازمان یا نهاد مورد نظر بتواند حداکثر تولیدات یا خدمات را از طریق آن منابع عرضه نماید. از این رو برای بدست آوردن میزان کارایی سازمان‌ها از مدل تحلیل پوششی داده‌ها استفاده می‌شود.

در سال‌های اخیر در اغلب کشورهای جهان برای ارزیابی عملکرد نهادها و دیگر فعالیت‌های رایج در زمینه‌های مختلف، کاربردهای متفاوتی از تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) دیده شده است. علت مقبولیت گسترده روش (DEA) نسبت به سایر روش‌ها، امکان بررسی روابط پیچیده و اغلب نامعلوم بین چندین ورودی و چندین خروجی (معمولا اندازه ناپذیر) است که در این فعالیت‌ها وجود دارد. این نوع کاربردها به ارزیابی عملکرد شهرها، مناطق و کشورها، با انواع مختلف ورودی، از قبیل هزینه‌های اجتماعی، شبکه‌های ایمنی و انواع خروجی از قبیل ابعاد مختلف کیفیت زندگی نیز قابل گسترش هستند. این روش، امکان نگرش به فعالیت‌هایی را که در گذشته به روش‌های دیگر ارزیابی شده‌اند، فراهم می‌کند. تجزیه و تحلیل پوششی داده‌ها که برای اولین بار به وسیله چارنز[۲۴] توسعه یافت، در توسعه تصمیمات و مدیریت و همچنین بدست آوردن فرآیندهای غیرمنتظره در نظریه و منطق و موارد کاربردی گسترده در رتبه بندی تمام جوانب علمی، موثر است[۱۳].

تحلیل پوششی داده‌ها، یک روش برنامه ریزی خطی است که با استفاده از اطلاعات سازمان‌ها و واحدهای تولیدی به عنوان واحدهای تصمیم گیرنده اقدام به ساخت مرز کارایی می‌نماید. مرز فوق بر اساس اطلاعات در قالب نهاده‌ها و ستاده‌ها و بر اساس نتایج برنامه‌ریزی خطی متوالی ساخته می‌شود و در واقع درجه عدم کارایی هر واحد تصمیم گیرنده به میزان فاصله واحد مزبور تا مرز کارایی است [۱۴]. در واقع تلاش برای تابعی کردن رابطه بین نهاده‌ها و ستاده‌ها و تعیین حداکثر ستاده قابل حصول از نهاده‌ها، منجر به طرح توابع تولید پارامتری در سیر مطالعات اقتصادی گردید. توابعی مانند کاب داگلاس[۲۵]، لیون تیف[۲۶]، کششی ثابت [۲۷]و ... در نظریه‌های اقتصاد خرد با این انگیزه ایجاد شده‌اند. فارل نخستین بار در سال ۱۹۵۷ با ارائه روش مرزی به نام مرز کارایی فارل[۲۸]، مرز غیر کارایی را تعریف کرد. او با استفاده از روابط ریاضی، ملاک دور افتادگی واحد تصمیم گیرنده

22 Voice of Customer
23 Quality Eployment

24 Charnes
25 Cobb Douglas
26 Lean Tyef
27 Strength Constant
28 Farell Efficiency Frontier

Archive of SID
www.SID.ir

(DMU)[۲۹] از مرز فوق را به عنوان کارایی آن واحد، اندازه گیری نمود[۱۵]. در سال ۱۹۷۸ چارنز، کوپر[۳۰] و رودز[۳۱] با معرفی مدل CCR[۳۲] بر اساس مدل‌های ریاضی توسعه یافته، آن را به عنوان تحلیل پوششی داده‌ها معرفی نمودند. شش سال پس از ارائه مدل CCR، دومین مدل از این نوع توسط بنکر[۳۳]، چارنز و کوپر به نام BCC[۳۴] ساخته شد که براساس بازده به مقیاس[۳۵] متغیر طراحی شده بود.

در بررسی فرآیند مدل، اگر تعدادی واحد همگن وجود داشته باشد، می‌توان کارایی را برای این واحدها به صورت نسبت خروجی‌ها به ورودی‌ها به شکل زیر تعریف نمود:

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{Outputs}}{\text{Inputs}} \qquad (۲)$$

فارل در سال ۱۹۶۲ پیشنهاد اضافه نمودن ضرایب وزنی را به ورودی و خروجی‌ها برای محاسبه کارایی ارائه داد:

$$\text{Efficiency} = \frac{\textit{Weighted SUM oF Outputs}}{\textit{Weighted SUM oF Inputs}} = \frac{\text{مجموع ستاده های موزون}}{\text{مجموع نهاده های موزون}} \qquad (۳)$$

در ضمن برای اندازه گیری یک واحد تصمیم گیری می‌توان رابطه فوق را به صورت زیر نوشت:

$$\text{Efficiency of Unit}_j = \frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \cdots}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \cdots} \qquad (۴)$$

که در آن:

u_1: وزن داده شده به خروجی شماره ۱

Y_{1J}: مقدار خروجی شماره ۱ از واحد J

V_1: وزن داده شده به ورودی شماره ۱

X_{1j}: مقدار ورودی شماره ۱ به واحد j

چنانچه بتوان این نسبت را برای هر یک از واحدهای تصمیم‌گیری در مقایسه با سایر آنها حل نمود، می‌توان به مقایسه این واحدها از نقطه نظر کارایی پرداخت و واحدهای کارا را در برابر واحدهای فاقد کارایی مشخص نمود و آنگاه درصدد افزایش کارایی واحدهای ناکارا بود.

چارنز، کوپر و رودز مدل زیر را برای اندازه گیری کارایی واحد J_0 در مقایسه با مجموعه‌ای از واحدها ارائه نمودند[۱۷]:

$$Max\ h_0 = \frac{\sum_r u_r y_{rj_0}}{\sum_i v_i x_{ij_0}} \quad \text{s.t.} \qquad (۵)$$

$$\frac{\sum_r u_r y_{rj}}{\sum_i v_i x_{ij}} \le 1 \quad \text{برای هر واحد j}$$

$$u_r, v_i \ge \varepsilon$$

که در آن:

y_{rj}: مقدار خروجی r از واحد jام

x_{ij}: مقدار ورودی i به واحد jام

u_r: وزن تخصیص داده شده به خروجی r

v_i: وزن تخصیص داده شده به ورودی i

n: تعداد واحدها

s: تعداد ستاده‌ها

m: تعداد نهاده‌ها

ε: یک مقدار غیر منفی و بسیار کوچک.

اگر $h_0 = 1$، می‌گوییم واحدJ_0 نسبت به سایر واحدهای مورد مقایسه کارا است. ولی اگر این مقدار کوچکتر از ۱ باشد، این واحد نسبت به سایر واحدها از کارایی کمتری برخوردار است. مدل ۵، یک مدل غیرخطی کسری است که برای حل باید به یک مدل خطی معمولی تبدیل شود.

بر اساس مدل ۷ در پیوست (الف) چنانچه یک واحد تصمیم گیری بتواند با منبع مصرفی کمتری خروجی بیشتری نسبت به دیگر واحدها داشته باشد، به آن یک واحد کارا می‌گویند و آنگاه بر اساس نتایج بدست آمده برای بقیه واحدها آنها را به ترتیب دسته بندی می‌کنند.

مهمترین فواید استفاده از مدل DEA:

۱. از مزیت‌های این روش، عدم محدودیت در استفاده از محصولات و نهاده‌های گوناگون و متنوع سازمان یا موسسه مورد بررسی است.
۲. در این روش، واحد اندازه گیری حساس نبوده و نهاده‌ها می‌توانند دارای واحدهای مختلفی باشند.
۳. روش DEA یک روش مدیریتی است که کارآیی واحدها را به طور نسبی اندازه گیری کرده و راهکارهای مدیریتی ارائه می‌دهد.
۴. در حالتی که واحد اقتصادی دارای چند نهاده در فرآیند ایجاد ستاده باشد، روش برنامه ریزی خطی، به راحتی می‌تواند ترکیب بهینه ستاده و نهاده را برای یک واحد کاراً تعیین کند.
۵. روش DEA به مقایسه واحدها با یکدیگر می‌پردازد و از ایده‌آل‌گرایی محض به دور است.
۶. روش DEA بیش از سایر روش‌ها، قابلیت تعمیم پذیری و گسترش دارد و بکارگیری آن در یک واحد برای یک موضوع، می‌تواند زمینه را برای کارهای بعدی نیز فراهم کند.

29 Decision Making Unit
30 Cooper
31 Rhodes
32 Charnes, Cooper, Rhodes
33 Banker
34 Banker, Charnes, Cooper
35 Returns-To-Scale

Archive of SID
www.SID.ir

۷. روش DEA فقط کارآیی را مشخص کرده و نقطه ضعف سایر سیستم‌های اندازه گیری را که نوعی، مطلق گرایی را دنبال می‌کنند، ندارد. کارآ بودن در این الگو یک کمیت دست یافتنی است.

۸. تحلیل پوششی داده‌ها، قابلیت بسیار بالایی در رتبه بندی کامل واحدهای تصمیم گیرنده مورد مطالعه فراهم می‌آورد. الگوهایی مانند اندرسن -پترسن[۳۶] وجود دارند که می‌توانند، بنگاه‌های کارآ را نیز رتبه بندی کرده و کارارین بنگاه را، از میان بنگاه‌های کارا برگزینند[۳].

تحلیل پوششی داده‌ها دارای ویژگی‌های منحصر به فردی است که آن را از سایر مدل‌های کلاسیک و پارامتریک اندازه گیری کارایی متمایز می‌سازد. این ویژگی ها به صورت زیر است:

- ارزیابی واقع بینانه؛
- ارزیابی همزمان مجموعه عوامل؛
- عدم نیاز به وزن‌های از قبل تعیین شده؛
- در نظر گرفتن تعداد دلخواه ورودی و خروجی برای هر سازمان؛
- جبرانی بودن؛
- ارزیابی با گرایش مرزی به جای گرایش‌های مرکزی؛
- تصویر کردن بهترین وضعیت عملکردی به جای وضعیت مطلوب.

علاوه بر ویژگی‌های ذکر شده در بعد عملی، روش فوق دارای قابلیت‌های غیر قابل رقابت بوده که این قابلیت‌های اساسی عبارتند از [۳، ۱۸ و ۱۹]:

- رتبه بندی واحدهای تصمیم گیری؛
- ارائه واحدهای نشانه[۳۷]؛
- ارائه واحدها با بیشترین مقیاس بهره وری (MPSS)[۳۸] و تخمین بازده به مقیاس (RTS)[۳۹]؛
- ارائه راهکارهای توسعه‌ای شامل انبساط و انقباض واحدها؛
- تعیین پیشرفت و پسرفت فنی واحدها؛
- تعیین تراکم در نهاده‌ها؛
- تخصیص بهینه منابع؛
- تعیین پتانسیل‌های عملکردی؛
- ارزیابی پویای کارایی.

محدودیت‌های الگوی DEA در مقایسه با سایر الگوها:

- چون DEA یک روش ریاضی و عددی محض است، از این رو خطاهای اندازه‌گیری ممکن است تغییرات عمده‌ای در نتایج به همراه داشته باشد؛ از این رو می‌بایست پس از شناسایی واحد کارآ به کنترل مجدد داده‌ها و ستاده‌ها اقدام و از صحت آن اطمینان حاصل کرد؛
- این روش صرفاً یک روش ریاضی و براساس برنامه ریزی خطی است و توانایی مقایسه متغیرهای کیفی واحدهای تصمیم گیری را ندارد؛
- اگر تنها یکی از داده‌ها و ستاده‌های واحدهای تصمیم گیری تغییر کند، تغییرات اساسی در درجه کارآیی واحدهای تصمیم گیری پیش خواهد آمد؛
- در این روش توافق کلی در مورد انتخاب داده‌ها و ستاده‌ها وجود ندارد[۳ و ۱۳].

۴- یک رویکرد تلفیقی

گسترش عملکرد کیفیت (QFD) در زمینه‌های مختلفی همچون تعیین نیازهای مشتریان، گسترش اولویت‌ها، فرموله کردن سیاست‌های سالانه و تعیین راهکارهای ارزیابی مقایسه‌ای و تصمیم گیری محیطی استفاده شده است. ترکیبی از AHP و QFD به عنوان یک ابزار برای انتخاب روبات توسط باتاکاریا[۴۰][۲۸] استفاده گردیده است. محققی به نام هانومایا[۴۱] [۲۹] تحقیقی را در رابطه با انتخاب فرآیند ابزار اجرا کرد که از ترکیب AHP و QFD استفاده شده بود. اجیتمن و کاکسل[۴۲] [۳۰] یک رویکرد AHP – QFD ترکیبی را برای بهبود کیفیت آموزشی در بخش مهندسی صنایع در دانشگاه فنی خاورمیانه بکار گرفته‌اند. زئو و لام[۴۳] [۳۱] QFD– AHP ترکیبی را برای شناسایی روش‌های مناسب تدریس، استفاده کرده‌اند. در یک مطالعه دیگر که توسط کریستیانو[۴۴] [۳۲] صورت پذیرفت، بیش از ۴۰۰ شرکت در آمریکا و ژاپن که گسترش عملکرد کیفیت را بکار بسته‌اند، مورد بررسی قرار گرفتند. در تحقیقی که به تازگی زارع مهرجردی[۲۰ و ۲۱] و زارعی و زارع مهرجردی[۲۲] به انجام رسانیده‌اند به موردهای تلفیقی زیر اشاره شده است:

۱. AHP و QFD؛

36 Anderson-Paterson
37 Benchmark
38 Most Productive Scale Size
39 Return to Scale

40 Bhattacharya
41 Hanumaiah
42 Egitman & Koksal
43 Zhao & Lam
44 Cristiano

Archive of SID
www.SID.ir

۲. QFD فازی؛
۳. QFD آماری؛
۴. QFD پویا.

با بررسی ساختار و خانه کیفیت، این سوال مطرح می‌شود که آیا در این خانه و پس از محاسبه اهمیت نسبی الزامات طراحی محصول، DRهایی که بیشترین مقدار اهمیت نسبی را دارا هستند، با افزودن عاملی همچون هزینه نیز با اهمیت هستند؟ در صنعت رو به رشد امروز، توجه به نیازهای مشتریان از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است و برای کسب مزیت رقابتی، هر سازمان باید به این نکته توجه کند. اما مسلما همیشه انتظارات مشتری با توجه به رشد روز افزون علم بالاست و منابع بسیاری از سازمان‌ها محدود است. در اینجا لازم است سایر عواملی که می‌توانند در تولید محصول نهایی تاثیرگذار باشند را در خانه کیفیت وارد کرد. با مطالعات کتابخانه‌ای، استفاده از نظرات خبرگان، مصاحبه و ... می‌توان این عوامل را شناسایی کرد. این عوامل نیز همانند صدای مشتری باید در جدول خانه کیفیت به عنوان عوامل تاثیرگذار وارد شوند. به این ترتیب بدست آوردن اهمیت نسبی الزامات طراحی، مستلزم نیازهای مشتری و فاکتورهای اضافی است. برای بدست آوردن اهمیت نسبی الزامات طراحی می‌توان از مدل DEA که در دریافت ورودی‌ها و خروجی‌ها محدودیتی ندارد، استفاده نمود. برای تلفیق مدل QFD در مدل DEA، DRها که باید اهمیت نسبی آنها برآورد شود، به عنوان DMUها در نظر گرفته می‌شود. امتیاز کارایی یک DR، همان مقدار اهمیت نسبی پیشنهاد می‌شود. بنابراین یک DR، با کارایی بالاتر، با اهمیت‌تر است[۹]. برای طبقه بندی تمامی خواسته‌های مشتریان و محدودیت‌ها به صورت عناصر ورودی و خروجی، با توجه به ادعای گلانی[۴۵] و رول[۴۶] پرسشی به صورت زیر مطرح است: آیا یک DR برحسب یک عامل (برای مثال هزینه)، با مقدار بالا با اهمیت‌تر مطرح می‌شود؟ اگر جواب آری است، آن فاکتور به عنوان عامل خروجی در نظر گرفته می‌شود، در غیر این صورت یک عامل ورودی است[۱۹]. با این توضیح مشخص می‌شود که DR با مقدار بالای نیازمندی‌های مشتری با اهمیت‌تر است و به عکس DR با مقدار پایین هزینه مقدم‌تر می‌شود. بنابراین، نیازمندی‌های مشتریان فاکتورهای خروجی و هزینه فاکتور ورودی است. در صورتی که عاملی به عنوان ورودی وجود نداشته باشد، در این مدل باید یک ورودی ساختگی به تعداد الزامات طراحی وارد کرد که مقدار آن به تعداد این الزامات عدد ۱ است. لازم به ذکر است که این ورودی ساختگی تاثیری در محاسبات نهایی ندارد.

نکته دیگر این که، در محاسبات QFD از برآوردهای نسبی CRها در هنگام محاسبه اهمیت مطلق DRها استفاده شده است. حال در مدل DEA این برآوردها با استفاده از روش ناحیه اطمینان[۴۷] بدست می‌آید. این کار با افزودن محدودیت‌های دیگری که روابط میان ضرایب را مشخص می‌کند (U_{mi} و V_{mj}) در مدل DEA اصلی انجام می‌شود. اهمیت CRها را در ضرایب و با استفاده از فرمول $U_{ro} = d_r u_{1o}$ برای تمام ($r = 1,2, \dots, k$ and $d_1 = 1$) می‌توان بدست آورد. برای مثال، اگر CR_2 و CR_3 به ترتیب، نیم و سه برابر بزرگتر از CR_1 باشند، آنگاه $d_2 = 0.5$ و $d_3 = 3$ است[۹]. حال فرآیند مرحله به مرحله برای انجام تحقیق بیان خواهد شد.

۴-۱- مراحل گام به گام مدل:

۱- تمام CRها، DRها و دیگر عواملی که برای برآورد اهمیت نسبی مقادیر DRها بررسی شده‌اند را لیست کنید.
۲- درجه روابط بین DRها و CRها (ماتریس C در شکل شماره ۱)، ماتریس همبستگی فنی D و امتیازات DRها برحسب عوامل اضافی با استفاده از رویه منظم بکار گرفته شده در هر مرحله از اجرای QFD را بدست آورید.
۳- مقادیر عددی مناسب را به ورودی‌های ماتریس D و C تخصیص دهید، هنگامی که همبستگی کافی میان DRها به عنوان ورودی‌های ماتریس D ایجاد شود، ماتریس C^{norm} محاسبه می‌شود.
۴- برای ساخت مدل DEA، ورودی‌های ماتریس A و C (اگر همبستگی میان DRها وجود نداشته باشد)، یا C^{norm} (اگر همبستگی کافی وجود نداشته باشد) و امتیازات DRها مربوط به فاکتورهای اضافی مورد نیاز است. در نتیجه امتیازات کارایی محاسبه شده با استفاده از DEA می‌تواند به عنوان اهمیت نسبی DRها استفاده شود.

روشن است که استفاده از DEA به جای محاسبات ساده QFD حس خوبی را ایجاد نمی‌کند، اما فرآیند QFD سنتی فقط می‌تواند در موارد QFD ساده هنگامی که بحث کاربرد عوامل اضافی مطرح نباشد و هنگامی که فقط یک عامل اضافی مطرح است، استفاده شود. با استفاده از DEA این محدودیت حل شده

45 Golany
46 Roll
47 Assurance Region

www.SID.ir
Archive of SID

و می‌توان هر عاملی را در این مدل برآورد نمود[۹].

۵- کاربرد رویکرد در صنعت کاشی و سرامیک

در این تحقیق با توجه به موارد ذکر شده در بحث ادبیات موضوع، ابتدا به بررسی نیازمندی‌های مشتریان در صنعت کاشی و سرامیک پرداخته خواهد شد، این کار با مراجعه متعدد به نمایندگی‌ها، پیمانکاران، کارخانه‌ها، عمده فروشان، خرده فروشان و خبرگان در این صنعت در دو شهر یزد و شیراز انجام شد. پس از مطالعات و بررسی‌های انجام شده، مهمترین نیازمندی‌های مشتریان به عنوان گام اول در این صنعت به صورت ذیل لیست شد:

CR1=رنگ،
CR2= طرح،
CR3= مقاومت و استحکام کاشی،
CR4= نشانه،
CR5=تنوع،
CR6= یکنواختی سطح،
CR7= هماهنگی و مطابقت ابعاد و محتوا،
CR8= عدم سایش و صافی سطوح،
CR9= سهولت نصب و
CR10= خدمات پس از فروش.

پس از شناسایی نیازمندی‌ها، نوبت به برآورد میزان اهمیت نسبی آنها است. این کار با طراحی پرسشنامه و توزیع ابتدایی آن بین نمایندگی‌ها (خرده فروشان و عمده فروشان) این صنعت انجام گرفت. با توجه به اینکه نمایندگی‌ها ارتباط مستمری با مشتریان دارند و بهتر می‌توانند نیازمندی‌ها را درک کنند، لذا جامعه آماری برای برآورد اهمیت نسبی نیازمندی‌های مشتریان این گروه انتخاب شدند. پس از جمع آوری پرسشنامه‌های ابتدایی و بررسی میزان روایی و پایایی آن با نظرات خبرگان و تحلیل‌های آماری، توزیع گسترده آن بین نمایندگی‌ها آغاز شد. پس از جمع آوری نهایی پرسشنامه‌ها، میزان اهمیت هر کدام از مشخصه‌ها به صورت زیر مشخص شد:

امتیازات پرسشنامه به صورت، ۱= اهمیت خیلی کم، ۲= اهمیت کم، ۳= اهمیت تا حدودی، ۴= اهمیت زیاد و ۵= اهمیت خیلی زیاد بود.

با توجه به جدول شماره ۳، طرح و رنگ به عنوان مهمترین مشخصه‌های کیفی مورد نیاز مشتریان و خدمات پس از فروش به عنوان کم اهمیت‌ترین عامل مشخص شد. پس از شناسایی و برآورد نیازمندی‌ها و اهمیت نسبی آنها، قدم دوم شناسایی محدودیت‌های پیش روی تولیدکنندگان در این صنعت است. در این مرحله نیز با مطالعات کتابخانه‌ای، مراجعه به سایت‌های اینترنتی و مصاحبه با خبرگان در این زمینه، مهمترین محدودیت‌های پیش روی تولیدکنندگان در این صنعت به صورت زیر بیان شد:

جدول ۲: اهمیت نسبی نیازمندی‌های مشتریان در صنعت کاشی و سرامیک

نیازمندی‌ها	میزان اهمیت	نیازمندی‌ها	میزان اهمیت
رنگ	۴,۲	یکنواختی سطح	۳,۵۶
طرح	۴,۳۶	هماهنگی و مطابقت	۳,۸
مقاومت و استحکام	۳,۵	عدم سایش و صافی سطح	۳,۱۶
مارک	۲,۸۶	سهولت نصب	۲۰۸
تنوع	۳,۳	خدمات پس از فروش	۲,۱

- هزینه و قیمت شامل (هزینه‌های مواد اولیه، حمل و نقل، فرآیند تولید، بازگشتی، مالیات، قیمت پایین محصول و ...)
- عوامل محیطی (سرما، گرما، تغییرات جوی، نقاط مختلف آب و هوایی و ...)
- توسعه پذیری (افزایش و بروز کردن روش‌های تولید و ایجاد نوآوری و ...)
- توانایی تولید (بالا بردن میزان ظرفیت تولید با افزایش نوبت-های کاری و ...)
- کاربرد و پیاده سازی آسان (روش‌های جدید برای بکارگیری بهتر و ...)
- گام دوم در این تحقیق شناسایی مشخصات فنی در صنعت کاشی و سرامیک است که این کار نیز با مراجعه به موسسه استاندارد ایران و مصاحبه با خبرگان صنعت انجام شد و مهمترین مشخصه‌ها به صورت زیر لیست شد:
  - DR1= منظم بودن ابعاد و ضخامت،
  - DR2= رنگ ناپذیری و تغییر رنگ،
  - DR3= کیفیت سطح،
  - DR4= تعیین سایش عمق و سطح،
  - DR5= تعیین مدول گسیختگی و ضریب شکست،
  - DR6= مقاومت در برابر یخ زدگی،
  - DR7= جذب آب کاشی،
  - DR8= تعیین مقاومت شیمیایی،

Archive of SID
www.SID.ir

- DR9= انبساط رطوبتی،
- DR10= ضریب انبساط حرارتی خطی،
- DR11= سختی سطح در برابر شوک حرارتی و
- DR12= بسته بندی و نشانه گذاری.

جدول۳: برآورد رابطه بین نیازمندی ها و محدودیت ها با الزامات طراحی

		DR1	DR2	DR3	DR4	DR5	DR6	DR7	DR8	DR9	DR10	DR11	DR12
CR1	۴,۲		▲	●		▲							☺
CR2	۴,۳۶	▲	●	▲									●
CR3	۳,۵	▲		☺	▲	●	▲	●	▲	●	●	▲	☺
CR4	۲,۸۶	☺		●									▲
CR5	۳,۳	●	☺	☺	☺			☺					▲
CR6	۳,۵۶	●	▲	●	▲	☺	▲	☺		☺	☺	▲	
CR7	۳,۸	●	▲	☺				☺					
CR8	۳,۱۶		▲	●	●	▲	▲	▲	☺	☺	☺	▲	
CR9	۲,۸	▲		▲			☺	▲		☺			▲
CR10	۲,۱	☺		▲	☺	☺	▲						
هزینه		۳	۴	۴	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۲	۲	۳
عوامل محیطی		۱	۴	۱	۴	۳	۵	۴	۴	۴	۵	۴	۱
توسعه پذیری		۵	۲	۴	۳	۳	۳	۴	۳	۳	۳	۲	۴
توانایی تولید		۴	۴	۴	۲	۳	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۱
کاربرد و پیاده		۵	۴	۴	۱	۱	۳	۴	۱	۱	۱	۲	۴

پس از شناسایی مهمترین شاخصه‌ها، گام سوم در این تحقیق برآورد میزان رابطه بین نیازمندی‌ها و مشخصات فنی از یک سو و محدودیت‌های پیش روی تولیدکنندگان و مشخصات فنی از سوی دیگر است. برای انجام این کار پرسشنامه‌ای شامل جداولی برای برآورد رابطه میان این ویژگی‌ها در اختیار مدیران بخش تولید و طراحی و مدیران آزمایشگاه‌ها قرار داده شد و از آنها درخواست شد تا رابطه بین نیازمندی‌ها و مشخصات فنی را با اعداد زیر نشان دهند:

0= اگر هیچ ارتباطی بین نیازمندی‌ها و مشخصات فنی وجود نداشته باشد.

۱= اگر ارتباط خیلی کمی بین نیازمندی‌ها و مشخصات فنی وجود داشته باشد.

۳= اگر ارتباط متوسطی بین نیازمندی‌ها و مشخصات فنی وجود داشته باشد.

۹= اگر ارتباط خوب، یا خیلی خوبی بین نیازمندی‌ها و مشخصات فنی وجود داشته باشد. همچنین از آنها درخواست شد، رابطه بین محدودیت‌های پیش روی تولیدکنندگان و مشخصات فنی را با اعداد زیر مشخص کنند:

۱=خیلی کم، ۲= کم، ۳= تا حدودی، ۴= زیاد و ۵= خیلی زیاد.

برای بهتر به انجام رساندن این مرحله، پرسشنامه بین ۱۰ کارخانه معتبر کاشی و سرامیک در سطح شهرهای یزد و میبد که دارای گواهینامه بین المللی (استاندارد مدیریت کیفیت) ISO 9001-2000 هستند، توزیع شد. پس از بررسی، نتایج این روابط به صورت جدول شماره ۳ در ماتریس خانه کیفیت وارد شد. در این جدول که از نتایج پرسشنامه‌های جمع آوری شده در سطح کارخانه‌ها بدست آمده است، رابطه میان عناصر مشخص می‌شود.

آخرین مرحله محاسباتی تحقیق، برآورد اهمیت نسبی الزامات فنی با استفاده از مدل DEA است. طبق توضیحات داده شده در قسمت سوم این مقاله، برای ساخت مدل DEA به تعدادی ورودی و خروجی نیاز است که با توجه به گفته گلانی و رول، ورودی‌ها و خروجی‌ها در صنعت کاشی و سرامیک به صورت زیر لیست می‌شود[۱۹]:

نیازمندی‌های مشتریان و کاربرد و پیاده سازی آسان به عنوان عوامل خروجی و هزینه، عوامل محیطی، توسعه پذیری و توانایی تولید بعنوان عوامل ورودی در مدل DEA، در نظر گرفته می‌شود. با این توضیحات مدل ساخته شده DEA برای DR1 به صورت زیر است؛

Archive of SID
www.SID.ir

$$\max \quad 0u_{11}+3u_{21}+3u_{31}+1u_{41}+9u_{51}+9u_{61}+9u_{71}+0u_{81}+3u_{91}+1u_{10,1}+5u_{11,1}$$

s.t.

$$3v_{11}+1v_{21}+5v_{31}+4v_{41}=1$$

$$3u_{21}+3u_{31}+1u_{41}+9u_{51}+9u_{61}+9u_{71}+3u_{91}+1u_{10,1}+5u_{11,1}-3v_{11}-1v_{21}-5v_{31}-4v_{41}\le 0$$

$$3u_{11}+9u_{21}+1u_{51}+3u_{61}+3u_{71}+3u_{81}+4u_{11,1}-3v_{11}-4v_{21}-2v_{31}-4v_{41}\le 0$$

$$9u_{11}+3u_{21}+1u_{31}+9u_{41}+1u_{51}+9u_{61}+1u_{71}+9u_{81}+3u_{91}+3u_{10,1}+4u_{11,1}-4v_{11}-1v_{21}-4v_{31}-4v_{41}\le 0$$

$$3u_{31}+1u_{51}+3u_{61}+9u_{81}+1u_{10,1}+1u_{11,1}-2v_{11}-4v_{21}-3v_{31}-2v_{41}\le 0$$

$$3u_{11}+9u_{31}+1u_{61}+3u_{81}+1u_{10,1}+1u_{11,1}-2v_{11}-3v_{21}-3v_{31}-3v_{41}\le 0$$

$$3u_{31}+3u_{61}+3u_{81}+1u_{91}+3u_{10,1}+3u_{11,1}-2v_{11}-5v_{21}-3v_{31}-2v_{41}\le 0$$

$$9u_{31}+1u_{51}+1u_{61}+1u_{71}+3u_{81}+3u_{91}+4u_{11,1}-2v_{11}-4v_{21}-4v_{31}-2v_{41}\le 0$$

$$3u_{31}+1u_{81}+1u_{11,1}-3v_{11}-4v_{21}-3v_{31}-2v_{41}\le 0$$

$$9u_{31}+1u_{61}+1u_{81}+1u_{91}+1u_{11,1}-3v_{11}-4v_{21}-3v_{31}-2v_{41}\le 0$$

$$9u_{31}+1u_{61}+1u_{81}+1u_{11,1}-2v_{11}-5v_{21}-3v_{31}-2v_{41}\le 0$$

$$3u_{31}+3u_{61}+3u_{81}+2u_{11,1}-2v_{11}-4v_{21}-2v_{31}-2v_{41}\le 0$$

$$1u_{11}+9u_{21}+1u_{31}+3u_{41}+3u_{51}+3u_{91}+4u_{11,1}-3v_{11}-1v_{21}-4v_{31}-1v_{41}\le 0$$

$$1.038u_{11}-u_{21}=0 \quad 0.83u_{11}-u_{31}=0 \quad ,0.68u_{11}-u_{41}=0 \quad ,0.79u_{11}-u_{51}=0$$

$$0.85u_{11}-u_{61}=0 \quad ,0.9u_{11}-u_{71}=0 \quad ,0.86u_{11}-u_{81}=0 \quad ,0.66u_{11}-u_{91}=0 \quad ,0.5u_{11}-u_{10,1}=0$$

$$u_{11},u_{21},u_{31},u_{41},u_{51},u_{61},u_{71},u_{81},u_{91},u_{10,1},u_{11,1},v_{11},v_{21},v_{31},v_{41}\ge 0$$

برای محاسبه اهمیت نسبی دیگر DRها محدودیت‌ها به همین صورت بدست می‌آیند و تنها توابع هدف و محدودیت اول مربوط به ورودی متناسب با ستون مربوط به همان DR تغییر می‌کند. حال با استفاده از نرم افزار Win-QSB مقادیر اهمیت نسبی الزامات فنی به صورت زیر بدست می‌آیند.

جدول ۴: برآورد اهمیت نسبی الزامات فنی با نرم افزار Win-QSB

الزامات فنی	اهمیت نسبی	الزامات فنی	اهمیت نسبی	الزامات فنی	اهمیت نسبی
DR1	1.000	DR5	0.690	DR9	0.44
DR2	1.000	DR6	0.88	DR10	0.47
DR3	1.000	DR7	1.000	DR11	0.71
DR4	0.710	DR8	0.27	DR12	1.000

با توجه به جدول شماره ۴، اهمیت نسبی تمامی الزامات فنی در صنعت کاشی و سرامیک مشخص شد. براساس این جدول منظم بودن ابعاد و ضخامت، رنگ ناپذیری و تغییر رنگ، کیفیت سطح، جذب آب کاشی و بسته بندی و نشانه گذاری به عنوان مهمترین الزامات شناخته شدند. در این رتبه بندی، تعیین مقاومت شیمیایی به عنوان کم اهمیت‌ترین الزام برآورد شد. این نتایج صنعتگران را بر آن می‌دارد تا توجه خاصی به الزامات بااهمیت‌تر داشته باشند. در این تحقیق با در نظر گرفتن محدودیت‌های پیش روی تولیدکنندگان و دخیل کردن آنها به همراه نیازمندی‌های مشتریان در الزامات طراحی، دغدغه‌های مدیران نسبت به محدودیت‌ها برداشته می‌شود و مدیران می‌توانند با کم شدن هزینه‌ها در بخش‌های غیر ضروری، بودجه بیشتری در جهت اصلاح و کارکرد بهتر الزامات اختصاص دهند. برنامه‌ریزی در بخش صنعت نباید یک جانبه باشد، یا به عبارتی یک سازمان فقط به خواسته‌های مشتریان توجه کرده و هیچ نگاهی به سایر موارد سازمان نداشته باشد، یا اینکه فقط بر حسب منابع خود تولید کرده و به نیازهای مشتریان اهمیتی ندهد. در محیط رقابتی امروز در نظر گرفتن همه جوانب در طراحی محصول باعث مدیریت دقیق در این بخش شده و سازمان‌ها می‌توانند وقت و درآمد بیشتری به طرح‌های نو و بروز اختصاص دهند. استفاده از روش بکار گرفته شده در این تحقیق، یک روش موثر برای مدیریت دقیق در بخش طراحی محصول به حساب می‌آید. همچنین برای بهبود در بخش الزامات طراحی، ماتریس‌های ایجاد شده در مراحل بعدی خانه کیفیت پیشنهاد می‌شود. این ماتریس‌ها با مشخص کردن ویژگی‌های مهم محصول، فرآیندهای سازمان و مشخصات قطعات و ... می‌توانند کمک بیشتری در بهبود بخش طراحی محصول ارائه دهند.

۶- نتیجه گیری

گسترش عملکرد کیفیت (QFD)، ابزاری قدرتمند جهت ارتقای رضایت مشتری از طریق بهبود محصول و خدمات است. از طریق مدل QFD ورود خواسته‌های مشتریان در محصولات نهایی به آسانی انجام می‌پذیرد. اما با توجه به محدودیت‌های پیش روی تولیدکنندگان صنعت، این صنایع مایلند علاوه بر لحاظ نمودن نیازمندی‌های مشتریان در محصولات، به محدودیت‌های منابع خود نیز توجه نمایند. مدل DEA که یک مدل برنامه ریزی خطی ریاضی است، حل این مساله را آسان می‌کند. از آن جهت که این مدل محدودیتی در تعداد ورودی و

Archive of SID
www.SID.ir

خروجی ندارد، روشی مناسب برای ارزیابی و رتبه بندی الزامات فنی است. در این تحقیق، با مشخص کردن نیازمندی‌های مشتریان در صنعت کاشی و سرامیک و برآورد اهمیت نسبی آنها در مرحله اول، شناسایی مشخصه‌های فنی و محدودیت‌های پیش روی تولیدکنندگان در مرحله دوم، برآورد رابطه میان الزامات فنی و نیازمندی‌های مشتریان و برآورد رابطه بین الزامات فنی و محدودیت‌های پیش روی تولیدکنندگان در مرحله سوم و در نهایت تبدیل مقادیر کیفی به کمی، مدل برنامه‌ریزی خطی این منابع با توجه به ورودی‌ها و خروجی‌های ماتریس حاصل شد. این مدل شامل تعدادی محدودیت است که با مشخص شدن ورودی-ها و خروجی‌ها مطابق مطالب ذکر شده در این مقاله بدست آمد. در انتها به کمک نرم افزار DEA اهمیت نسبی الزامات فنی حاصل گردیده که مهمترین الزامات فنی رنگ ناپذیری و تغییر رنگ، منظم بودن ابعاد و ضخامت، کیفیت سطح، جذب آب کاشی و بسته بندی و نشانه گذاری برآورد شدند. تعیین مقاومت شیمیایی به عنوان کم اهمیت‌ترین الزام شناسایی شد. این نتایج و اهمیت‌ها، شرایطی را برای صنعتگران بوجود می‌آورد که با استفاده از آن و بدون دغدغه در مورد محدودیت‌ها، می‌توانند توجه بیشتر به الزاماتی داشته باشند که به نیازهای مشتریان اهمیت داده و محدودیت‌ها را در نظر می‌گیرد. ترکیب این دو مدل یک بحث کارا و موثر در بخش مدیریت است که می‌توان با برنامه‌ریزی دقیق در بخش طراحی محصول در هزینه و زمان صرفه جویی کرد. برای بهبود این منابع می‌توان از ماتریس‌های مراحل بعدی QFD استفاده کرد که به عمق مهمترین مشخصه‌ها وارد شده و آنها را مورد مطالعه قرار می‌دهند. این مدل برای تمامی پروژه‌هایی که در آنها قابلیت تبدیل مقادیر کیفی به کمی وجود دارد، می‌تواند مثمرثمر واقع شود.

تاریخ دریافت: ۹۰/۱/۱۵ و تاریخ پذیرش: ۹۰/۶/۱۱

فهرست منابع

[۱] منصوری، علی رضا؛ یاوری، زهرا؛ **"QFD ابزاری برای انتقال صدای مشتری به فرایند طراحی و توسعه محصول"**، مجله پژوهشی شیخ بهایی، بهار، ۱۳۸۲.

[2] Lai-Kow Chan; Ming-Lu Wu 1; *"Quality function deployment: A literature review"*, European Journal of Operational Research, 143, 463–497, 2002.

[۳] کوپر، ویلیام؛ کوراتن، لورنس سیفورد(مترجم: میرحسینی، سید علی)؛ **تحلیل پوششی داده‌ها، مدل‌ها و کاربردها**، سید علی میر حسینی، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳۸۷.

[4] Baki, Birdogan; Sahin Basfirinci, Cigdem; Cilingir, Zuhal; Murat AR, Ilker; *"An application of integrating SERVQUAL and Kano's model into QFD for logistics services"*, The current issue and full text archive of this journal, Accepted August 2008.

[۵] رضایی، کامران؛ حسینی آشتیانی، محمدرضا؛ هوشیار، محمد؛ **QFD رویکرد مشتری مداربه طرح ریزی و بهبود کیفیت محصول**، انتشارات شرکت مشارکتی ار-وِ-توف ایران، ۱۳۸۰.

[6] Jui-Chin Jiang; Ming-Li Shiu; Mao-Hsiung Tu; *"Quality function deployment (QFD) technology designed for contract manufacturing"*, The TQM Magazine, No. 4, Vol. 19, pp. 291-307, 2007.

[۷] برادران کاظم زاده، رضا؛ بشیری، مهدی؛ **گسترش عملکرد کیفیت**، انتشارات کیفیت ایران، تهران، چاپ اول، ۱۳۸۰.

[8] Edit M. Einsprush; *"Quality F unction Deployment (QFD): Application to Rehabilitation Services"*, International journal Of Health Care Quality Assurance, No. 3, Vol. 9, p.p. 41-46, 1996.

[9] Ramanathana, Ramakrishnan; Yunfengb, Jiang; *"Incorporating cost and environmental factors in quality function deployment using data envelopment analysis"*, The International Journal Of Management Science, Omega, No. 37, p.p. 711-723, 2009.

[10] Chan L-K, Wu M-L; "*Quality function deployment: a comprehensive review of its concepts and methods*", Quality Engineering, No. 1, Vol. 15, p.p. 23-35, 2002.

[11] Partovi FY.; "*An analytic model for locating facilities strategically*", Omega, No. 1, Vol. 34, p.p. 41-55, 2006.

[12] Wasserman GS.; "*On how to prioritize design requirements during the QFD planning process*", IIE Transactions, No. 3, Vol. 25, p.p. 59-65, 1993.

[13] Charnes, A.; Cooper, W.W.; Rhodes, E.; "*Measuring the efficiency of decision making units"*, European J. Oper. Res., No. 2, p.p. 429-444, 1978.

[14] prasada Rao, D.S; ODonnell, Christopher j.; Battese, George E.; *Metaferontier Functions for the study of Inter-regional Productivity Differeneces*, University of New England, p.p.1-6, 2003.

[15] Farell, R.; Grosskopf, S.; lovell, C.; "*The measurement of efficiency of production*", Boston: Kluwer Nijhoff, 1985.

Archive of SID
www.SID.ir

[16] Koster, M.B.M. de; Balk, B.M.; van Nus, W.T.I.; "*On using DEA for benchmarking container terminals*", International Journal of Operations & Production Management, No. 11, Vol. 29, p.p. 1140-1155, 2009.
[17] Farrel, M.; "*The measurement Of Production Efficiency*", Journal Of Royal Statistical Society, Series A (General), Vol. 120, p.p. 253-281, 1975.
[18] Charnes, A.; W.W. Cooper, A.; Lewin, Y.; Seiford, L.M.; *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Application*, Boston: Kluwer Academic Publishers, 1994.
[19] Golany B.; Roll Y.; "*An application procedure for DEA*", Omega, No. 3, Vol. 17, p.p. 237-250, 1989.
[20] Zare Mehrjerdi, Yahia; "*Quality function deployment and its extensions*", International Journal of Quality & Reliability Management, No. 6, Vol. 27, pp. 616-640, 2010.
[21] Zare Mehrjerdi, Yahia; *Applications and extensions of quality function deployment*, Assembly Automation 30/4, p.p. 388–403, 2010.
[22] Zarei Mahnaz; Zare Mehrjerdi, Yahia; "*Agile Supply Chain by AHP-Fuzzy-QFD Employment*", 7th international Industrial Engineering conference, Isfahan University of Technology, 6-7 October 2010.
[23] Hauser, J.R.; Clausing , D.; *The House of Quality*, Harvard Business Review, May –June 1988.
[24] Walker, Mike; "*Customer–Driven Break-through Using QFD and Policy*", Deployment, Management Decision, No. 3, Vol. 40, p.p. 248-256, 2002.
[25] Bennera, M.; Linnemanna, A.R.; Jongena, W.M.F.; Folstara, P.; "*Quality Function Deployment (QFD)—can it be used to develop food products?*", Food Quality and Preference, No.14, p.p. 327–339, 2003.
[26] Chen, Jacob; Chen, C. Joseph; "*QFD Based Technical Textbook Evaluation– Procedure and A Case Study*", Journal of INDUSTRIAL TECHNOLOGY, No. 1, Vol. 18, p.p. 54-58, 2002.
[27] Revelle, J. B.; Moran, J. W.; Cox, C.A.; *The QFD Handbook*, Gohn Wiley & Sons, 1998.
[28] Bhattacharya, A.; Sarkar, B.; Mukherjee, S.K.; "*Integrating AHP with QFD for robot selection under requirement perspective*", International Journal of Production Research, No. 17, Vol. 43, p.p. 3671-3685, 2005.
[29] Hanumaiah, N.; Ravi, B.; Mukherjee, N.P.; "*Rapid hard tooling process selection using QFD-AHP methodology*", Journal of Manufacturing Technology Management, No. 3, Vol. 17, p.p. 332-50, 2006.
[30] Koksal, G.; Egitman, A.; "*Planning and design of industrial engineering education quality*", Computers and Industrial Engineering, Nos 3/4, Vol. 35, p.p. 639-42, 1998.
[31] Lam, K.; Zhao, X.; "*An application of quality function deployment to improve the quality of teaching*", International Journal of Quality & Reliability Management, No. 4, Vol. 15, p.p. 389-413, 1998.
[32] Cristiano, J.J.; Liker, J.K.; White, C.C.; "*III Key factors in the successful application of quality function deployment (QFD)*", IEEE Transactions on Engineering Management, No. 1, Vol. 48, p.p. 81-95, 2001.

Archive of SID

www.SID.ir

۷- پیوست

۷-۱- پیوست الف

این کار به صورت زیر انجام می‌شود[۱۸]:

برنامه اولیه:

Primal model: (۶)

$$Max\ h_0 = \sum_r u_r y_{rj_0} \quad \text{s.t.}$$
$$\sum_i v_i y_{ij_0} = 1 \text{ (say)}$$
$$\sum_r u_r y_{rj} - \sum_i v_i y_{ij} \le 0 \quad j = 1,2,3,\dots n$$
$$-V_i \le -\varepsilon \qquad i = 1,2,\dots,m \qquad s_r^+$$
$$-U_r \le -\varepsilon \qquad r = 1,2,\dots,t \qquad s_r^-$$

برنامه ثانویه:

Dual Model: (۷)

$$Min\ 1\, Z_0 - \varepsilon \sum_r \varepsilon_r^+ - \varepsilon \sum \varepsilon_i^-$$
$$\text{s.t.}$$
$$x_{ij_0} Z_0 - S_i^- - \sum_j x_{ij}\lambda_j = 0 \qquad i = 1,\dots,m$$
$$-s_r^+ + \sum_j y_{rj}\lambda_j = y_{rj_0} \qquad r = 1,\dots,t$$
$$\lambda_j, s_r^+, s_i^- \ge 0, Z_0 \text{ unconstrained}$$

۷-۲- پیوست ب: تشریح مدل‌های مختلف DEA برای محاسبه این روش

۱- اهمیت نسبی DRها هنگامی که هیچ عامل اضافی وارد نمی‌شود؛

برای این حالت، ابتدا اهمیت میان CRها مشخص شده و اهمیت آنها در مدل DEA به وسیله محدودیت‌های دیگر مشروط در ضرایب استفاده می‌شود و هنگامی که هیچ فاکتور اضافی دیگری در QFD مطرح نباشد، اهمیت نسبی DRها به وسیله DEA، نسبت به حاصل‌جمع وزن‌های درجه بندی شده DRها نسبت به CRها محاسبه می‌شوند.

قضیه ۱: فرض می‌کنیم تعداد DRها مساوی n و تعداد CRها مساوی k و همچنین a یک ورودی ساختگی با مقدار ثابت ۱ باشد، حال نسبت DRها به CRها به وسیله ماتریس زیر محاسبه می‌شود[۹].

$$\begin{bmatrix} y_{11} & y_{21} \cdots & y_{k1} \\ y_{12} & y_{22} \cdots & y_{k2} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{1n} & y_{2n} \cdots & y_{kn} \end{bmatrix}$$

y_{rj}؛ در جه بندی jامین DR نسبت به rامین CR است.

اگر اهمیت CRها در این فرم به وسیله ضرایب $U_{ro} = d_r u_{1o}$ و به ازای همه $(d_1 = 1, r = 1,2 \dots k)$ بدست آید، آنگاه اهمیت نسبی DRها با استفاده از DEA نسبت به حاصل جمع وزنی $\sum_{r=1}^{K} d_r y_{ro} for DR_o$ حاصل می‌شود. برای اثبات این امر از مدل CCR ذکر شده در بخش قبل (مدل ۶)، استفاده می‌شود. برای محاسبه وزن نهایی DR_o، مدل به صورت زیر دنبال می‌شود.

$$max\ \sum_{r=1}^{k} u_{ro} y_{ro} \qquad (۸)$$
$$s.t.$$
$$v_o = 1,\ \sum_{r=1}^{k} u_{ro} y_{rj} - v_o \le 0,$$
$$j = 1,2,\dots,n,\ u_{ro}, v_o \ge 0,\ r = 1,2,\dots,k,$$

که ضرایب برای ورودی فرضی ثابت v_o، ۱ و ضرایب u_{ro} نشان داده شده برای اهمیت نسبی k، CR است. هنگامی که اهمیت CRها به وسیله محدودیت‌های اضافی با استفاده از فرم $U_{ro} = d_r u_{1o}$ در مدل ۶ وارد شد، مدل نهایی می‌تواند به صورت زیر نوشته شود:

$$\max \quad u_{1o} \sum_{r=1}^{k} d_r y_{ro} \qquad (۹)$$
$$s.t. \quad u_{1o} \sum_{r=1}^{k} d_r y_{rj} \le 1,$$
$$j = \quad 1,2,\dots,n, \quad u_{1o}, v_o \ge 0$$

مدل ۹ مقدار u_{1o} را به گونه‌ای انتخاب می‌کند که

$$u_{1o} \sum_{r=1}^{k} d_r y_{rj} = 1$$
$$j = 1,2,\dots,n$$

از آنجایی که این محدودیت‌ها به ازای n فرمول DEA برای یافتن کارایی DMUها (در اینجا همان DRها) و به ازای تمامی nها یکسان هستند، مقدار u_{1o} برای تمامی برنامه‌های DEA یکسان است. بنابراین نمره کارایی DMU_o متناسب با $\sum_{r=1}^{k} d_r y_{ro}$ است.

۲- اهمیت نسبی DRها هنگامی که فاکتور اضافی (ورودی) مطرح است؛

هنگامی که اهمیت CRها در مدل DEA به وسیله محدودیت‌های دیگر متناسب با مقادیر ضرایب استفاده شده و هنگامی که یک عامل اضافی ورودی (همانند هزینه) مطرح می‌شود، اهمیت نسبی DRها به وسیله DEA نسبت به درجه حاصل‌جمع وزنی نشان داده شده در فرمول قبل، بنابر مقدار عامل ورودی محاسبه می‌شود.

قضیه ۲: فرض می‌کنیم تعداد DRها مساوی n و تعداد CRها مساوی k و یک عامل ورودی اضافی وجود دارد. همچنین اهمیت DRها در مقایسه با عامل ورودی اضافی، به وسیله ماتریس زیر نشان داده شده است[۹].

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

که در آن x_o ضریب DR_O بر حسب فاکتور اضافی است.

Archive of SID
www.SID.ir

اگر میزان اهمیت CRها (کـه در قسـمت قبـل در مـورد آن بحث شد) استفاده شود، اهمیت نسبی DRها با استفاده از DEA متناسب با نسبت زیر برای DR_O بدست می‌آید.

$$\left(\frac{\sum_{r=1}^{k} d_r y_{ro}}{x_o}\right)$$

برای اثبات این قضیه از منطق بخش قبل استفاده شده است. با ورود یک فاکتور ورودی، مدل ۹ به صورت زیر اصلاح می شود؛

$$\max \quad \sum_{r=1}^{k} u_{ro} y_{ro} \qquad (۱۰)$$
$$v_o x_o = 1, \quad \sum_{r=1}^{k} u_{ro} y_{rj} - v_o x_j \le 0, \; s.t.$$
$$j = 1,2,\dots,n, \; u_{ro}, v_o \ge 0, \; r = 1,2,\dots,k,$$

که در آن v_o ضریب برای عامل ورودی اضافی و u_{ro} ضـرایب نشان داده شـده بـرای اهمیـت نسـبی CR اسـت. در اینجـا نیـز هنگامی که اهمیت CRها به وسیله قیود اضافی با استفاده از فرم $U_{ro} = d_r u_{1o}$ در مدل قبل بدست آید، مدل می‌تواند بـه صـورت زیر دنبال شود؛

$$\max \quad u_{1o} \sum_{r=1}^{k} d_r y_{ro} \qquad (۱۱)$$
$$s.t.$$
$$v_o x_o = 1, \quad \frac{u_{1o} \sum_{r=1}^{k} d_r y_{rj}}{v_o x_j} \le 1,$$
$$j = 1,2,\dots,n, \; u_{ro} v_o \ge 0, \; r = \qquad 1,2,\dots,k.$$

از آنجایی که $v_o x_o = 1$ اسـت، در مـدل یـک جابجـایی بـه صورت $v_o = \frac{1}{x_o}$ انجام داده و مدل نهایی به صورت زیر به دسـت می‌آید؛

$$\max \quad u_{1o} \sum_{r=1}^{k} d_r y_{ro} \qquad (۱۲)$$
$$s.t. \quad u_{1o} x_o \left(\frac{\sum_{r=1}^{k} d_r y_{rj}}{x_j}\right) \le 1,$$
$$j = 1,2,\dots,n, \; u_{1o}, v_o \ge 0.$$

باید توجه داشت که x_o بـرای DR_O ثابـت اسـت. ایـن مـدل مقادیری بـرای عبـارت $u_{1o} x_o$، بدسـت مـی‌آورد بـه طـوری کـه بیشترین مقدار محدودیت $u_{1o} x_o \left(\frac{\sum_{r=1}^{k} d_r y_{rj}}{x_j}\right)$ برابـر بـا ۱، بـه ازای j=1,2,…,n اسـت. از آنجـائی کـه معـادلات DEA در ایـن محدودیت‌ها به ازای تمامی nها یکسانند؛ لـذا بـرای پیـدا کـردن کارایی تمام DMUها، حاصـل مقـدار $u_{1o} x_o$ بـرای تمـام مسـائل DEA یکسان است. بنـابراین نمـره کـارایی DMU_o متناسـب بـا نسبت $\left(\frac{\sum_{r=1}^{k} d_r y_{rj}}{x_j}\right)$ است.

Archive of SID

www.SID.ir