چشم‌انداز مدیریت صنعتی
سال نهم، شماره ۳۴، تابستان ۱۳۹۸
شاپا چاپی: ۹۸۷۴-۲۲۵۱، شاپا الکترونیکی: ۴۱۶۵-۲۶۴۵
ص‌ص ۱۷۹ – ۱۵۳

توسعه محصول جدید با ارزیابی و رتبه‌بندی الزامات فنی-مهندسی بر اساس رویکردی ترکیبی از روش‌های QFD، DEMATEL – ANP فازی و DEA

حسین حسین‌پور*، مهدی یزدانی**

چکیده

امروزه با توجه به رقابتی‌شدن تجارت جهانی و لزوم پاسخگویی به خواسته‌های مشتریان و با توجه به رشد روزافزون فناوری به‌منظور حفظ و بقای سازمان می‌توان از ترکیب‌های مختلف تکنیک توسعه عملکرد کیفیت (QFD) به‌عنوان ابزاری قدرتمند در مهندسی کیفیت بهره برد. در این پژوهش ابتدا با استفاده از روش دلفی، مؤلفه‌های اصلی پژوهش شامل نیازمندی‌های مشتریان و الزامات فنی مهندسی شناسایی شده و سپس به‌علت اهمیت وزن‌دهی در ابزار توسعه عملکرد کیفیت، با توسعه روش تصمیم‌گیری ترکیبی DEMATEL-ANP فازی، میزان و شدت روابط اثرگذاری و اثرپذیری مؤلفه‌ها و اوزان مربوط به آن‌ها برای تکمیل ماتریس خانه کیفیت به‌دست خواهد آمد. در ادامه به‌منظور کامل‌ترشدن روش QFD از بسط جدید رابطه واسرمن استفاده خواهد شد. در راستای حل مشکل QFD سنتی مبنی بر درنظرنگرفتن اثر محدودیت‌ها بر الزامات فنی مهندسی، یک رویکرد ترکیبی از روش‌های QFD ، DEMATEL-ANP فازی و تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) در پژوهش حاضر به‌کار خواهد رفت. به‌منظور نشان‌دادن اثربخشی رویکرد پژوهش، این رویکرد به‌عنوان مورد مطالعه در بخش تولید ماشین لباسشویی «شرکت صنایع گلدیران» اجرا خواهد شد.

کلیدواژه‌ها: روش توسعه عملکرد کیفیت؛ نظریه فازی؛ فرآیند تحلیل شبکه‌ای؛ بسط جدید رابطه واسرمن؛ تحلیل پوششی داده‌ها.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۸/۲۶، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۵/۲۵.

* کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران.

** استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران (نویسنده مسئول).

E-mail: mehdi_yazdani2007@yahoo.com

۱. مقدمه

در دنیای امروز با توجه به مقوله تجارت جهانی و بازار رقابتی، سازمان‌هایی در حفظ برند و بقای خود موفق خواهند بود که گوی سبقت را از سایر رقبا بربایند. برای رسیدن به این مقصود، سازمان‌ها مستلزم به رعایت و درنظرگرفتن یک سری اصول و عوامل اثرگذار خواهند بود که یکی از مهم‌ترین این عوامل، موضوع مشتری‌مداری و حفظ مشتریان موجود و جذب مشتریان جدید از طریق شنیدن صدای مشتری و تحقق خواسته‌های آنان است [۱۰]. رشد روزافزون فناوری در صنایع مختلف سبب شده است تا مشتری از یک مصرف‌کننده صفر خارج شود و به دنبال توقعات و خواسته‌های جدیدی باشد. در این میان سازمان‌هایی موفق هستند که با به‌کارگیری روش‌های به‌روز بتوانند پاسخ مناسب در زمان مناسب برای مشتری امروز داشته باشند. یکی از ابزارهای قدرتمند که می‌تواند صدای مشتری و رضایت وی را با بهبود کیفیت محصول و کاهش زمان و هزینه‌های تولید تحقق ببخشد، ابزاری قدرتمند در مهندسی کیفیت با عنوان «توسعه عملکرد کیفیت[1] (QFD)» است که مهم‌ترین بخش آن ماتریس خانه کیفیت است و با تکمیل آن می‌توان صدای مشتری را به محصول و خدمت موردنظر تبدیل کرد [۱۹]. در دهه‌های اخیر به‌منظور تکمیل و بهبود روش QFD، مطالعات زیادی صورت گرفته است که این پژوهش‌ها را می‌توان به سه بخش مهم تقسیم‌بندی کرد:

در نخستین گام از این تقسیم‌بندی، با توجه به اهمیت وزن‌دهی و تکمیل ماتریس خانه کیفیت، QFD با روش‌های اولویت‌بندی و وزن‌دهی ترکیب شده است. در ادامه به‌منظور حل مشکل QFD سنتی مبنی بر درنظرنگرفتن اثر محدودیت‌های پیش روی صنعت و تولید بر ارزیابی الزامات فنی – مهندسی[2] (ECs)، پژوهشگران ابزار QFD را با روش تحلیل پوششی داده‌ها[3] (DEA) ترکیب کرده‌اند [۱۰، ۳۰]. در آخرین گام نیز ترکیبی از گام‌های اول و دوم در قالب یک رویکرد ترکیبی از QFD، ابزارهای وزن‌دهی و مدل‌های ریاضی به‌منظور توسعه و بهبود هرچه‌بهتر ابزار QFD برای رسیدن به نتایج قابل استنادتر به‌کار رفته است. با توجه به مرور مبانی نظری و همچنین بر اساس الگوریتم مراحل اجرای پژوهش، مطابق شکل ۱، مرحله‌به‌مرحله شرح داده شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Quality Function Deployment (QFD)
2. Engineering Characteristics (ECs)
3. Data Envelopment Analysis (DEA)

شکل ۱. مراحل اجرای پژوهش

پژوهش حاضر به‌دنبال آن است تا با رویکرد تلفیقی QFD-DEA، ابزار ترکیبی وزن‌دهی متشکل از DEMATEL[1] فازی و فرآیند تحلیل شبکه‌ای[2] (ANP) را به‌منظور وزن‌دهی بهتر و برای تکمیل ماتریس خانه کیفیت[3] (HOQ) اضافه کند؛ همچنین برای توسعه و بهبود QFD، با استفاده از یک بسط جدید از رابطه واسرمن[4]، اثر همبستگی نیازمندی مشتریان[5] (CRs) نیز در محاسبات نهایی خانه کیفیت وارد می‌شود. در ادامه برای نشان‌دادن اثربخشی رویکرد ترکیبی QFD-DEMATEL-ANP-DEA این رویکرد به‌عنوان مورد مطالعه در «شرکت صنایع گلدیران» و بخش تولید و مونتاژ لباسشویی اجرا خواهد شد [۱۹، ۶، ۲۵، ۲۶، ۱، ۵، ۱۲].

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در این بخش به بیان مسئله و ضرورت انجام پژوهش حاضر پرداخته خواهد شد. ابتدا دلایل و اهداف طرح چنین مسئله‌ای بیان می‌شود و در ادامه روش‌ها و ابزارهای به‌کارگرفته‌شده در این پژوهش، شامل توسعه عملکرد کیفیت (QFD)، نظریه فازی، روش‌های تصمیم‌گیری فازی (DEMATEL-ANP) و مدل تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) از نظر مزیت‌ها و جنبه به‌کارگیری آن‌ها بررسی خواهد شد.

بیان مسئله. امروزه رشد فناوری و بالارفتن سطح توقعات مشتری و لزوم پاسخگویی به این خواسته‌ها با توجه به بازار رقابتی امروز، سبب شده است تا سازمان‌ها به‌منظور حفظ برند و بقای خود در حیطه تجارت جهانی از حالت سنتی خارج شوند و به سمت مدرنیته سوق پیدا کنند. در همین راستا شناسایی خواسته‌ها و توقعات مشتری و تحقق آن‌ها در زمان مقتضی به شیوه‌های نوین و با به‌کارگیری روش‌ها، ابزارها و مدل‌های مرسوم، ضرورت پیدا می‌کند؛ همچنین در

1. Decision-Making Trial Evaluation Laboratory (DEMATEL)
2. Analytical Network Process (ANP)
3. House Of Quality (HOQ)
4. Wasserman
5. Customer Requirements (CRs)

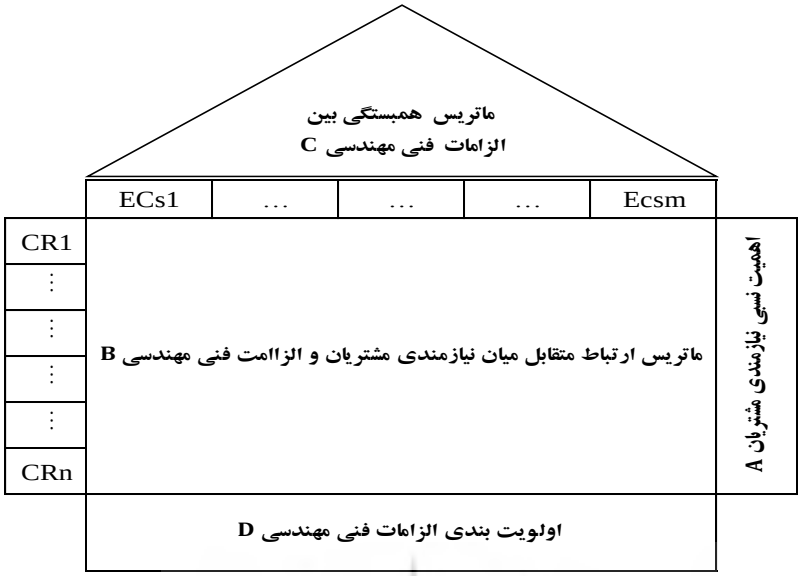
خصوص به‌کارگیری ابزارها، سازمان‌ها می‌کوشند تا با توسعه و بهبود هر چه بیشتر آن‌ها، تحقق هر چه بهتر خواسته‌های مشتری را رقم بزنند و در جهت حفظ برند و بقای سازمان گام بردارند. دیگر موضوع مهم، محدودیت‌های پیش رو در سازمان‌ها است؛ ازاین‌رو هر سازمان باید درک درستی از خواسته‌های مشتری متناسب با امکانات و محدودیت‌های خود داشته باشد و بر اساس آن پاسخ مناسب برای تحقق آن خواسته‌ها را ارائه دهد. یکی از ابزارهای قدرتمند که می‌تواند سازمان را در جهت ارتقای رضایت مشتری از خدمات و محصولات ارائه‌شده سوق دهد، ابزاری به نام «توسعه عملکرد کیفیت (QFD)» است که صدای مشتری را به خدمات و محصولات موردنظر تبدیل می‌کند؛ همچنین توسعه و ترکیب QFD با سایر ابزارها و روش‌ها سبب شده است تا روزبه‌روز نتایج بهتری از آن حاصل شود. پژوهشگران در این پژوهش برآنند تا در «شرکت صنایع گلدیران» که یکی از برندهای فعال در زمینه تولید و مونتاژ لوازم‌خانگی است، با توجه به رقابت تنگاتنگ میان برندهای داخلی و خارجی در صنعت لوازم‌خانگی و رشد روزافزون فناوری در این صنعت در دنیا و بالارفتن سطح توقعات مشتریان، در بخش تولید ماشین لباسشویی با ارزیابی و رتبه‌بندی الزامات فنی- مهندسی و تعیین مهم‌ترین الزامات و با به‌کارگیری آن‌ها در محصولات تولیدی و مونتاژی آتی هم تحقق خواسته‌های مشتری را برآورده سازند و هم در راستای آن باعث سودآوری، حفظ برند و بقای سازمان شوند.

توسعه عملکرد کیفیت. روش QFD یکی از ابزارهای مهندسی کیفیت به‌منظور شناسایی و دستیابی به نیازها و خواسته‌های مشتریان است که با کمک آن می‌توان خدمات و محصولات منطبق با نیازهای مشتری را طراحی کرد و یا به بیان بهتر، آن دسته از نیازمندی‌های مشتری است که می‌توان با استفاده از عملکرد محصول ارضا نمود، در QFD قابل‌اجرا است. ساختار و اساس استفاده از QFD برای نخستین بار در «صنایع کشتی‌سازی کوبه»، توسط پرفسور یوجی آکائو[1]،(۱۹۷۲) به‌منظور طراحی تانکرهای کشتی به‌کار رفت. پس از آن «شرکت تویوتا» به‌منظور توسعه محصولات خود روش QFD را توسعه بیشتری داد؛ اما نقطه عطف تکامل روش QFD با انتشار کتابی با عنوان «گسترش عملکرد کیفیت»، توسط پرفسور یوجی آکائو و شیگرو میزونو[2](۱۹۷۸) همراه شد [۳۰، ۶، ۲۴].

اصلی‌ترین جزء QFD، ماتریس خانه کیفیت است که در شکل ۲، نشان داده شده است و به‌طورکلی شامل ماتریس (A): اهمیت نیازمندی مشتریان CRs، ماتریس (B): ارتباط متقابل میان نیازمندی مشتریان CRs و الزامات فنی مهندسی ECs، ماتریس (C): همبستگی میان

1. Yoji Akao
2. Shigeru Mizono

الزامات فنی مهندسی ECs و بخش (D): رتبه‌بندی الزامات فنی مهندسی ECs است [۳۰، ۱۳، ۲۶].



شکل ۲. ماتریس خانه کیفیت

در سال‌های اخیر به‌منظور تکامل و استفاده بهتر از این ابزار کیفی، ترکیب‌های مختلفی از QFD موردمطالعه قرار گرفته است که عبارت‌اند از:

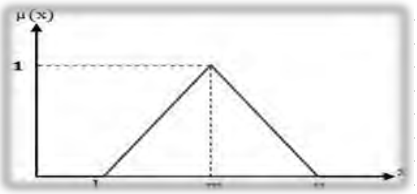
- ترکیب QFD با ابزارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره وزن‌دهی، مانند فرآیند تحلیل سلسه‌مراتبی (AHP)[1]، ANP و غیره به‌منظور وزن‌دهی علمی و تکمیل دقیق ماتریس خانه کیفیت؛
- ترکیب QFD با برنامه‌ریزی خطی[2] (LP) و مدل‌های ریاضی مانند DEA به‌منظور حل مشکل QFD سنتی مبنی بر درنظرگرفتن اثر محدودیت‌های تولید و صنعت در ارزیابی و اولویت‌بندی الزامات طراحی یا فنی مهندسی؛
- ترکیب QFD با ابزارهای وزن‌دهی و مدل‌های ریاضی مانند QFD-AHP-DEA [۱۹، ۳۰، ۱۸، ۱۴،۲۵، ۲۶، ۱، ۵، ۱۵، ۱۷، ۹].

اعداد فازی مثلثی. عـدد فازی مثلثی[3] (TFN)، یک عدد فـازی است که با سـه عـدد حقیقی به‌صورت $F=(l,m,u)$ نمایش داده می‌شود. کران بالا که با u نشان داده می‌شود، بیشینه مقادیری است که عدد فازی F می‌تواند اختیار کند. کران پایین که با l نشان داده می‌شود، کمینه

1. Analytic hierarchy process
2. Linear programming
3. Triangular fuzzy number

مقادیری است که عدد فازی F می‌تواند اختیار کند. مقدار m محتمل‌ترین مقدار یک عدد فازی است. تابع عضویت یک عدد فازی مثلثی و همچنین نمودار آن در شکل ۳، نشان داده شده است [۱۳، ۲۹، ۱۴، ۲، ۱۱]

$$\mu_f(x) = \begin{cases} \dfrac{x-l}{m-l} & l < x < m \\ \dfrac{u-x}{u-m} & m < x < u \\ 0 & \text{در غیر اینصورت} \end{cases}$$



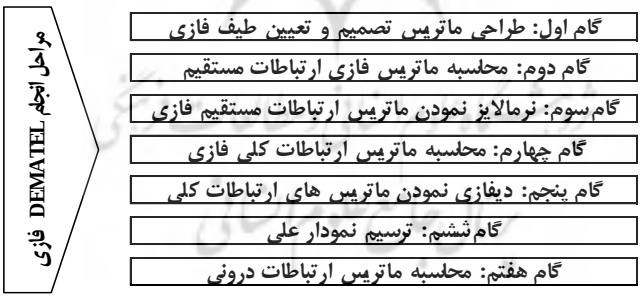
تابع عضویت یک عدد فازی مثلثی **عداد فازی مثلثی در فضای هندسی**

شکل ۳. اعداد فازی مثلثی و تابع عضویت آن

روش DEMATEL. فونتلا[1] و گابوس[2] روش DEMATEL را برای نخستین بار در «مرکز تحقیقات ژنو» معرفی کردند. این تکنیک جزو روش‌های تصمیم‌گیری بر اساس مقایسات زوجی است و با بهره‌گیری از نظرهای خبرگان در استخراج عوامل یک سیستم و ساختاردهی به آن‌ها با به‌کارگیری اصول «نظریه گراف‌ها»، ساختاری سلسله‌مراتبی از عوامل موجود در سیستم همراه با روابط تأثیرگذاری و اثرپذیری متقابل ارائه می‌دهد؛ به این صورت که شدت اثر روابط یادشده را به‌صورت امتیاز عددی معین می‌کند. دو کاربرد اصلی این روش عبارت است از:

- به‌عنوان زیرسیستمی برای تکمیل و کامل‌کردن سیستم بزرگ‌تری چون ANP؛
- ساختاردهی به عوامل پیچیده در قالب گروه‌های علت و معلولی به‌منظور شناخت بیشتر از عوامل و نقش و میزان تأثیر [۲۹، ۲۱].

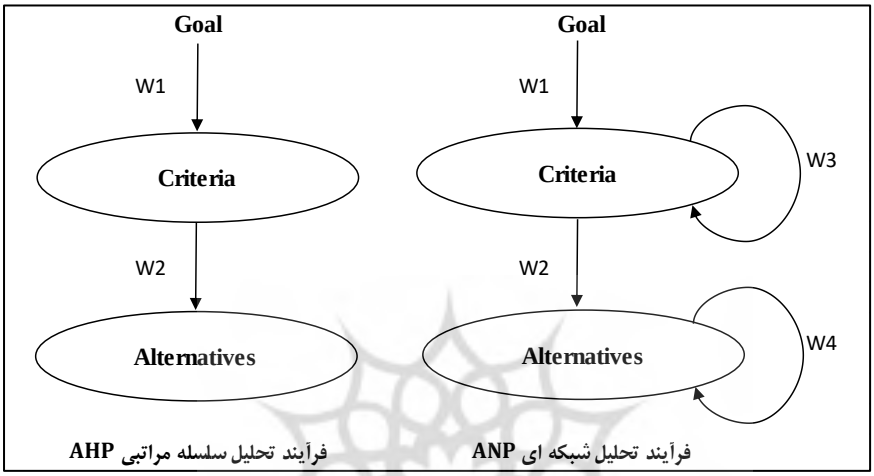
مراحل انجام روش DEMATEL فازی در شکل ۴، نشان داده شده است.



شکل ۴. مراحل انجام روش DEMATEL فازی

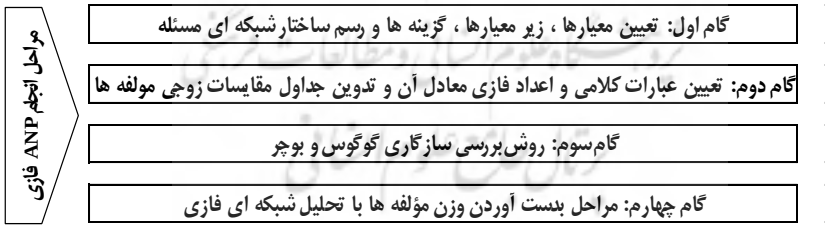
1. Fontela
2. Gabus

فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP). روش ANP یکی دیگر از تکنیک‌های تصمیم‌گیری است که شباهت زیادی به روش تجزیه‌وتحلیل سلسله‌مراتبی AHP دارد. فرآیند هر دو روش در شکل ۵، می‌شود. روش ANP، تعمیم روش AHP است. در مواردی که سطوح پایینی روی سطوح بالایی اثرگذارند و یا عناصری که در یک سطح قرار دارند مستقل از هم نیستند، دیگر نمی‌توان از روش AHP استفاده کرد. تکنیک ANP شکل کلی‌تری از AHP است و درنتیجه روابط پیچیده‌تر بین سطوح مختلف تصمیم را به‌صورت شبکه‌ای نشان می‌دهد و تعاملات و بازخوردهای میان معیارها و متغیرها را در نظر می‌گیرد [۲۹، ۲۱، ۱۴،۱۶].



شکل ۵. فرآیند تحلیل شبکه‌ای و فرآیند سلسله‌مراتبی

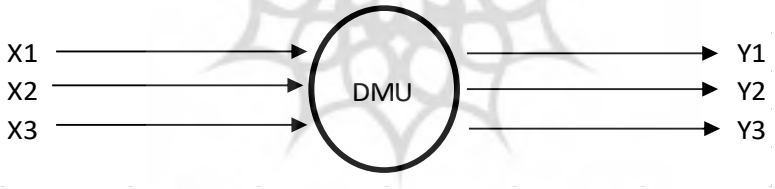
مراحل انجام روش ANP فازی در شکل ۶، نشان داده شده است [۲۹].



شکل ۶. مراحل انجام فرآیند تجزیه‌وتحلیل شبکه‌ای فازی

تحلیل پوششی داده‌ها. روش DEA یک مدل برنامه‌ریزی خطی برای ارزیابی کارایی هر واحد تصمیم‌گیرنده[1] است که چندین ورودی و چندین خروجی دارد. اندازه‌گیری کارایی به‌دلیل اهمیت آن در ارزیابی عملکرد یک شرکت یا سازمان همواره موردتوجه پژوهشگران قرار داشته است. نخستین بار فارل[2](۱۹۵۷) با استفاده از روشی همانند اندازه‌گیری کارایی در مباحث مهندسی، به اندازه‌گیری کارایی برای واحد تولیدی اقدام کرد. موردی که فارل برای اندازه‌گیری کارایی مدنظر قرار داد، شامل یک ورودی و یک خروجی بود. چارنز[3] و همکاران (۱۹۷۶)، دیدگاه فارل را توسعه دادند و الگویی را ارائه کردند که توانایی اندازه‌گیری کارایی با چندین ورودی و خروجی را داشت. این الگو، «تحلیل پوششی داده‌ها» نام گرفت و نخستین بار، در پژوهش رودز[4](۱۹۷۶)، با عنوان «ارزیابی پیشرفت تحصیلی دانش آموزان مدارس ملی آمریکا »، در «دانشگاه کارنگی» مورداستفاده قرار گرفت. ازآنجاکه این الگو توسط چارنز ،کوپر و رودرز ارائه شد، از الگوی CCR که از حروف اول نام سه فرد یادشده تشکیل شده است استفاده می‌شود [۱۹، ۳۰، ۱۸، ۲۸،۷، ۲۶، ۱۷، ۲۳].

منظور از یک واحد تصمیم‌گیرنده که در شکل ۷، مشاهده می‌شود، عبارت است از: واحدی که به دریافت بردار ورودی مانند $X=(x_{1,,,}\ x_m)$ اقدام می‌کند و بردار خروجی مانند $Y=(y_{1,,,}\ y_s)$ را تولید می‌کند. ازآنجاکه مدیران این واحدها با اعمال سیاست‌ها و ادغام ورودی‌ها این خروجی‌ها را تولید می‌کنند، آن‌ها را «تصمیم‌گیرنده» می‌نامند؛ بنابراین کلمه تصمیم‌گیرنده به این معنا است که در چگونگی استفاده از X و ادغام و پردازش آن‌ها می‌توانند تصمیم‌گیری کنند [۲۱، ۳].



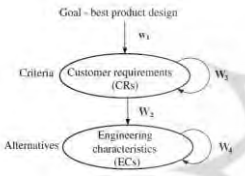
شکل ۷. واحد تصمیم‌گیرنده

در مدل‌های DEA تعداد محدودیت‌ها در مدل یک واحد بیشتر از تعداد واحدهای تصمیم‌گیرنده خواهد بود؛ همچنین با توجه به مدل و نوع مؤلفه‌ها، متغیرهای ورودی و خروجی به سیستم مشخص می‌شود.

1. Decision Making Unit (DMU)
2.Farrell
3.Charnes
4.Rhodes

۳. روش‌شناسی پژوهش

در این پژوهش با استفاده از روش دلفی و مبانی نظری پژوهش، بعد از شناسایی شکاف پژوهش (ارائه یک QFD جدید و استفاده از ابزار وزن‌دهی جدید در رویکرد تلفیقی QFD-DEA) مؤلفه‌های اصلی مؤثر بر توسعه محصول جدید، شامل نیازمندی مشتریان CRs و الزامات فنی مهندسی محصول ECs با نظر گروه QFD شناسایی و طبقه‌بندی شده و با کمک ابزار تصمیم‌گیری DEMATEL در فضای فازی، شدت روابط اثرگذاری و اثرپذیری میان معیارها (نیازمندی مشتریان) و میان گزینه‌ها (الزامات فنی–مهندسی محصول) تعیین شد. سپس با توجه به میزان اهمیت و شدت ارتباط به‌دست‌آمده از ساختار ارتباطات شبکه‌ای نشان‌داده‌شده در شکل ۸، [۱۵، ۲۸،۱۲]، فرآیند تحلیل شبکه‌ای ANP فازی صورت رفت؛ درنتیجه به‌کارگیری این روش، هر یک از اوزان مرتبط با مؤلفه‌های اصلی پژوهش، شامل اهمیت نسبی خواسته‌های مشتریان (W_1)، رابطه متقابل میان نیازمندی مشتریان و الزامات فنی مهندسی (W_2)، میزان همبستگی میان نیازمندی مشتریان (W_3) و میزان همبستگی میان الزامات فنی مهندسی (W_4) برای ورود به QFD و تکمیل ماتریس خانه کیفیت حاصل خواهد شد. ماتریس نهایی خانه کیفیت در شکل ۸، نشان داده شده است.



شماتیک ساختار شبکه ای پژوهش

$$\mathbf{W} = \begin{array}{c} \\ \text{Goal (G)} \\ \text{CRs} \\ \text{ECs} \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} \text{G} & \text{CRs} & \text{ECs} \end{array} \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \mathbf{w_1} & \mathbf{W_3} & 0 \\ 0 & \mathbf{W_2} & \mathbf{W_4} \end{bmatrix} \end{array},$$

سوپر ماتریس موزون

شکل ۸. ساختار شبکه‌ای و سوپر ماتریس در ANP

در ادامه محاسبات QFD به منظور در نظر گرفتن اثر اوزان W2، W3 و W4 با بکار گیری بسط جدید از رابطه واسرمن(۱۹۹۳) $Rir = \frac{\sum_{k=1}^{N} \boldsymbol{Rik}.\boldsymbol{Ykj}.\boldsymbol{Ljr}}{\sum_{r=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{N} \boldsymbol{Rik}.\boldsymbol{Ykj}.\boldsymbol{Ljr}} \times W1$ صورت گرفت و خانه کیفیت مجدداً بازیابی شد با این توضیح که:

R_{ik}: عناصر ماتریس اوزان W_2 (ماتریس ارتباط متقابل بین نیازمندی مشتریان و الزامات فنی مهندسی)؛

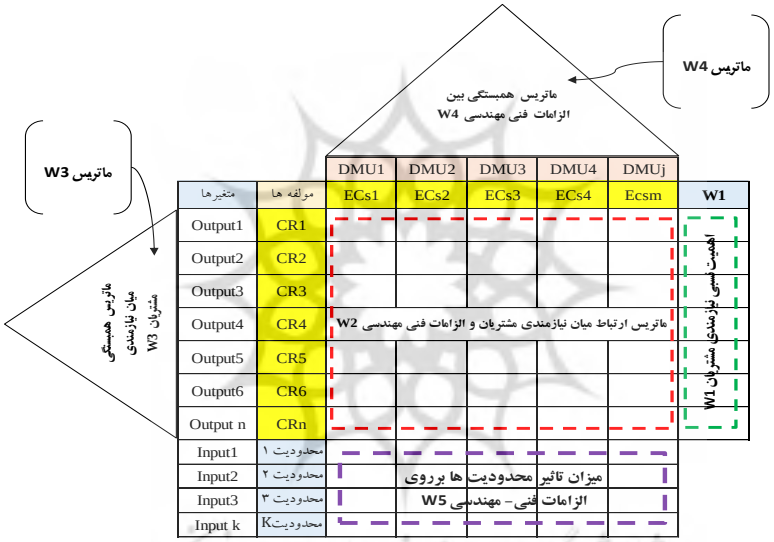
Y_{kj}: عناصر ماتریس اوزان W_4 (ماتریس همبستگی میان الزامات فنی مهندسی)؛

L_{jr}: عناصر ماتریس اوزان W_3 (ماتریس همبستگی میان نیازمندی مشتریان)؛

W_1: اهمیت نسبی هر یک از معیارها یا نیازمندی مشتریان (CRs)؛

در مرحله بعد مجدداً گروه QFD با روش دلفی محدودیت‌ها و عوامل تأثیرگذار بر الزامات فنی مهندسی W_5 شناسایی و طبقه‌بندی شده و مطابق شکل ۹، به خانه کیفیت اضافه شد (W_5 جدا از نتایج ANP فازی است).

بعد از تعیین متغیرهای ورودی و خروجی مدل DEA با الگوی CCR مضربی ورودی‌محور، هر یک از الزامات فنی مهندسی به‌عنوان یک DMU در نظر گرفته می‌شود؛ سپس برای هر ستون خانه کیفیت، یک مدل DEA طراحی و با استفاده از نرم‌افزارهای تجاری مانند GAMS[1] میزان کارایی هر یک از آن‌ها تعیین خواهد شد. بعد از رتبه‌بندی اولیه، ارزیابی و رتبه‌بندی نهایی الزامات فنی مهندسی با توجه به الگوی CCR مضربی ورودی‌محور و روش فوق‌کارا AP[2] صورت می‌گیرد [۱۹، ۳۰، ۲۲ ، ۲۸، ۱۱]. درنهایت به‌منظور اثربخش‌بودن رویکرد ترکیبی QFD-DEMATEL-ANP-DEA، این رویکرد به‌عنوان یک مورد مطالعه در بخش تولید ماشین لباسشویی «شرکت صنایع گلدایران» اجرا شد.



شکل ۹. ماتریس نهایی خانه کیفیت HOQ

مدل CCR مضربی ورودی‌محور. این مدل از تبدیل مدل غیرخطی نسبت CCR با استفاده از تبدیل چارنز–کوپر به یک مدل برنامه‌ریزی خطی و طبق رابطه ۱، به‌دست می‌آید. استدلال این است که برای حداکثرکردن یک عبارت کسری، کافی است که مخرج کسر معادل یک عدد ثابت

1. General Algebraic Modeling System
2. ANDERSEN- PETERSEN (AP)

گرفته شده و صورت کسر حداکثر شود. در صورتی که در فرآیند ارزیابی، با ثابت نگه‌داشتن سطح خروجی‌ها، ورودی‌ها حداقل شوند، ماهیت الگوی مورداستفاده ورودی خواهد بود. در پژوهش حاضر برای ارزیابی، تعیین کارایی و رتبه‌بندی اولیه الزامات فنی مهندسی از رابطه(۱) استفاده خواهد شد.

$$\text{Max}Z_0 = \sum_{r=1}^{s} U_r\, Y_{r0}$$

st:

$$\sum_{r=1}^{s} U_r\, Y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} V_i\, X_{ij} \le 0\,, \qquad j = 1, \dots, n$$

[3,13] رابطه (۱)

$$\sum_{i=1}^{m} V_i\, X_{i0} = 1$$

$$U_r, V_i \ge 0 \text{ r r=1ssss s s1ss mm}$$

Y_{rj}: میزان خروجی rام برای واحد jام.

X_{ij}: میزان ورودی iام برای واحد jام.

U_r: وزن تخصیص‌داده‌شده به خروجی rام (قیمت خروجی rام)؛

V_i: وزن تخصیص‌داده‌شده به ورودی iام (هزینه ورودی iام)؛

n: تعداد واحدهای DMU؛ s: تعداد خروجی‌ها؛ m: تعداد ورودی‌ها.

مدل فوق‌کارا AP (اندسون- پترسون)- مدل اولیه مضربی. مدل اندسون –پترسون یا روش ابر کارایی که تعیین کاراترین واحد را ممکن می‌سازد برای رتبه‌بندی واحدهای کارا طبق رابطه ۲، محاسبه می‌شود. در این روش امتیاز واحدهای کارا می‌تواند بیشتر از یک باشد که به این ترتیب واحدهای کارا نیز مانند واحدهای ناکارا قابل‌رتبه‌بندی خواهند بود. در این پژوهش برای رتبه‌بندی و ارزیابی نهایی الزامات فنی مهندسی از این روش استفاده خواهد شد.

$$\text{Max}Z_k = \sum_{r=1}^{s} U_r\, Y_{rk}$$

st:

$$\sum_{r=1}^{s} U_r\, Y_{rj} - \sum_{i=1}^{m} V_i\, X_{ij} \le 0\,, \qquad (j = 1, \dots, n)\,, j \ne k$$

[12,13] رابطه (۲)

$$\sum_{i=1}^{m} V_i\, X_{ik} = 1$$

$$U_r, V_i \ge \varepsilon$$

یکی از نکات قابل‌تأمل در این روش بدون‌تغییرماندن واحدهای کارای ضعیف است که همان مقدار یک را در رتبه‌بندی حفظ خواهند کرد.

٤. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

پژوهشگران در این پژوهش به دنبال آن بودند تا با افزودن ابزار وزن‌دهی DEMATEL-ANP به ترکیب QFD-DEA، روش ترکیبی جدیدی را توسعه داده و قصد داشتند با اضافه‌کردن ماتریس میزان همبستگی مشتریان به QFD و ارائه یک راهکار محاسباتی جدید با استفاده از بسط جدید رابطه واسرمن برای ترکیب اوزان سه ماتریس در خانه کیفیت HOQ، شکل مؤثرتری از QFD برای رسیدن به نتایج بهتر را با توجه به دخیل‌شدن تمام اوزان در محاسبات ایجاد کنند. درنهایت مدل پژوهش در شرکت لوازم‌خانگی صنایع «گلدیران» و در کارخانه تولید ماشین لباسشویی به مرحله اجرا درآمد که در مرحله نخست ابتدا گروه QFD با مشارکت ۵ نفر از کارشناسان این شرکت تشکیل شد؛ سپس به‌منظور شناسایی و تعیین مؤلفه‌های اصلی پژوهش شامل نیازمندی مشتریان و الزامات فنی مهندسی، فهرست ابتدایی آن از بخش فروش و فنی جمع‌آوری شد و برای رسیدن به فهرست نهایی با روش دلفی و غربالگری و تهیه پرسشنامه و نظرخواهی از ۵ کارشناس گروه QFD مؤلفه‌های اصلی پژوهش استخراج شده و در خانه کیفیت وارد شد. در ادامه برای تعیین اوزان مؤلفه‌های خانه کیفیت HOQ از ابزار وزن‌دهی DEMATEL-ANP بهره‌گیری شد؛ سپس برای بازیابی مجدد خانه کیفیت و رسیدن به ماتریس نهایی ارتباطات خواسته‌های مشتری و الزامات فنی بسطی جدید از رابطه واسرمن ارائه شد تا با ترکیب سه ماتریس بتوان به ماتریس نهایی ارتباط نیازمندی مشتری و الزامات فنی برای ورود به مدل DEA دست یافت. پس از تعیین محدودیت‌های تأثیرگذار در روند مدل، هر یک از الزامات فنی به‌عنوان یک واحد تصمیم‌گیرنده DMU در نظر گرفته شده و بعد از تعیین ورودی و خروجی به مدل کارایی هر یک با مدل CCR مضربی ورودی‌محور به‌منظور رتبه‌بندی اولیه الزامات فنی به‌دست آورده شد. در پایان با استفاده از مدل فوق‌کارا AP رتبه‌بندی نهایی صورت گرفت که مراحل انجام به‌صورت گام‌به‌گام به شرح زیر است:

شناسایی و تعیین مؤلفه‌های اصلی پژوهش با روش دلفی. اطلاعات موردنیاز این بخش از قسمت فروش و فنی مهندسی استخراج و توسط گروه QFD با روش دلفی غربال‌گری شده است. نیازمندی‌های مشتریان و الزامات فنی مهندسی در جدول ۱، مشاهده می‌شود.

جدول ۱. مؤلفه‌های اصلی پژوهش

#	نیازمندی‌های مشتریان	#	الزامات فنی مهندسی
۱	زیبایی و تناسب در طراحی محصول	۱	طراحی درب ماشین لباسشویی از مقابل
۲	سهولت در قرار دادن و برداشتن لباس از ماشین لباسشویی	۲	اندازه‌ی موقعیت قرار دادن لباس در درام (قطر درام)
۳	نتایج شست‌وشوی عالی	۳	انواع برنامه های شستشو
۴	مصرف انرژی کم	۴	وزن کل
۵	اعتبار برند داخلی/ خارجی	۵	حجم درام
۶	قابل اطمینان و ایمنی	۶	حداقل ضریب اصطکاک (ماشین/زمین)
۷	دارای قابلیت های هوشمند و به روز تکنولوژی	۷	میزان ارتعاشات انتقال یافته به کف (در فرآیند شست‌وشو / خشک کردن)
۸	انتخاب حالت های مختلف شستشو	۸	گرید مصرف انرژی (برق و آب)
۹	ظرفیت شست‌وشوی کافی	۹	راندمان نیروی محرک وعملکرد
۱۰	عدم حرکت ماشین (حین کار)	۱۰	ماکزیمم سرعت درام
۱۱	عدم ایجاد چروک/آسیب در لباس	۱۱	موتور دایرکت درایو بدون تسمه
۱۲	پایین بودن زمان در فرآیند شست‌وشو / خشک کردن لباس	۱۲	قابلیت های هوشمند(ایمنی و عملکردی)
۱۳	قیمت خرده‌فروشی (قیمت مصرف‌کننده)	۱۳	درجه کیفیت قطعات و اجزا
۱۴	قابلیت اضافه کردن لباس حین شستشو	۱۴	حداقل Gap و Step در نقاط اتصالی مونتاژ
۱۵	انتخاب رنگ	۱۵	بدنه فلزی با تنوع رنگ
۱۶	خدمات فروش و پش از فروش	۱۶	پاس کردن استانداردهای LG و داخلی

تعیین روابط اثرگذاری و اثرپذیری معیارها (نیازمندی مشتریان) و گزینه‌ها (الزامات فنی- مهندسی) با روش DEMATEL فازی. در این پژوهش به‌منظور تعیین میزان اهمیت و شدت اثرگذاری معیارها CRs و گزینه‌ها ECs از روش DEMATEL فازی استفاده شده است. به این صورت که ابتدا با تهیه جدول مقایسات زوجی مناسب میزان اهمیت هر یک از معیارها و گزینه‌ها نسبت به یکدیگر با نظر خبرگان (اعضای گروه QFD) تعیین شده و سپس برای تعیین روابط اشاره‌شده با جزئیات و رسم نمودار اهمیت- تأثیرگذاری، جدول مقایسات زوجی به‌عنوان داده‌های ورودی وارد نرم‌افزار DEMATEL فازی، یعنی Fuzzy Decision، خواهد شد. خروجی فرآیند بالا، درخت تصمیم شبکه‌ای ANP فازی است.

جدول۲، نتایج DEMATEL فازی را نشان می‌دهد که در آن میـزان اهمیت شاخـص‌ها $(\widetilde{D}_i + \widetilde{R}_i)$ و رابطـه بین معیـارها $(\widetilde{D}_i - \widetilde{R}_i)$ مشـخص می‌شود. اگر $\widetilde{D}_i - \widetilde{R}_i > 0$ باشد،

معیار مربوطه اثرگذار و اگر $\widetilde{D}_i - \widetilde{R}_i < 0$ باشد، معیار مربوطه اثرپذیر است. در گام بعدی با دیفازی‌کردن نتایج جدول ۲، مطابق رابطه $B = \frac{(a_1+a_3+2\times a_2)}{4}$، نتایج قطعی جدول ۳، حاصل خواهد شد. در ادامه از طریق نتایج جدول ۳، نمودارهای اهمیت و میزان تأثیر برای مؤلفه‌های پژوهش به‌منظور دستیابی به ساختار ارتباطات شبکه‌ای ANP فازی رسم می‌شود. شکل۱۰، نمودار اهمیت – تأثیر معیارها CRs برای تشکیل ساختار شبکه‌ای ANP و تعیین اوزان مربوط به ماتریس W_3 را نشان می‌دهد. شکل ۱۱، نمودار اهمیت – تأثیر گزینه‌ها ECs را برای تشکیل ساختار شبکه‌ای ANP و تعیین اوزان مربوط به ماتریس W_4 را نشان می‌دهد؛ همچنین شکل ۱۲، نشان‌دهنده نمودار اهمیت – تأثیر معیارها با گزینه‌ها برای تشکیل ساختار شبکه‌ای ANP و تعیین اوزان مربوط به ماتریس W_2 است.

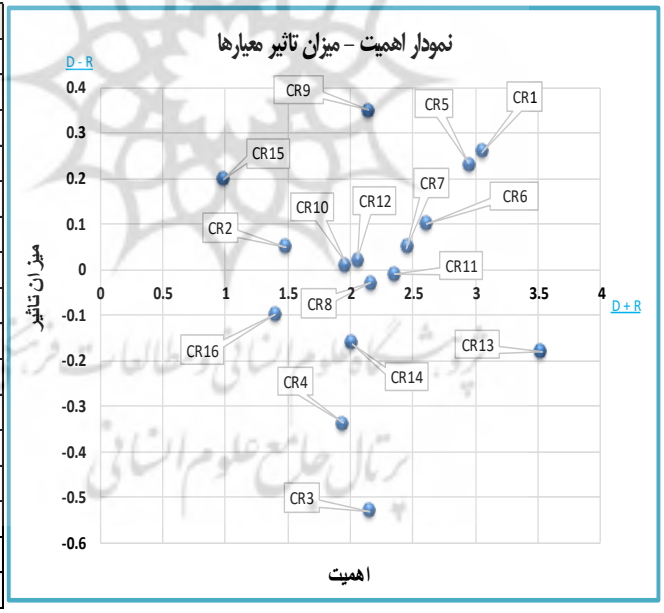
جدول ۲. نتایج DEMATEL فازی (میزان اهمیت شاخص‌ها ($\widetilde{D}_i + \widetilde{R}_i$) و رابطه بین معیارها ($\widetilde{D}_i - \widetilde{R}_i$))

معیار	$\widetilde{D}_i + \widetilde{R}_i$	$\widetilde{D}_i - \widetilde{R}_i$	گزینه ها	$\widetilde{D}_i + \widetilde{R}_i$	$\widetilde{D}_i - \widetilde{R}_i$
CR1	(۱/۱۵,۲/۲۴,۶/۵۵)	(-۲/۴۴,۰/۲۶,۲/۹۶)	EC1	(۰/۲۹,۰/۶۲,۳/۴۷)	(-۱/۸۲,-۰/۲۱,۱/۳۵)
CR2	(۰/۳۸,۰/۸۴,۳/۸۷)	(-۱/۶۸,۰/۰۴,۱/۸۱)	EC2	(۰/۴۸,۰/۹۶,۴/۱۲)	(-۱/۷۰,۰/۰۹,۱/۹۴)
CR3	(۰/۶۷,۱/۴۳,۵/۰۹)	(-۲/۷۹,-۰/۴۸,۱/۶۳)	EC3	(۰/۸۷,۱/۸۶,۶/۰۱)	(-۲/۵۹,-۰/۰۳,۲/۵۴)
CR4	(۰/۵۸,1۱/۲۴,۴/۶۹)	(-۲/۴۵,-۰/۳۰,۱/۶۷)	EC4	(۰/۴۲,۰/۹۵,۲/۲۲)	(-۱/۷۶,۰/۱۲,۲/۰۵)
CR5	(۱/۰۸,۲/۱۵,۶/۴۴)	(-۲/۴۳,۰/۲۲,۲/۹۲)	EC5	(۰/۷۲,۱/۶۱,۵/۴۷)	(-۲/۲۲,۰/۱۲,۲/۵۲)
CR6	(۰/۹۰,۱/۸۶,۵/۸۳)	(-۲/۲۵,۰/۰۷,۲/۵۹)	EC6	(۰/۴۱,۰/۹۵,۴/۲۳)	(-۱/۷۷,۰/۱۱,۲/۰۴)
CR7	(۰/۸۳,۱/۶۹,۵/۵۶)	(-۲/۳۱,۰/۰۴,۲/۴۲)	EC7	(۰/۶۴,۱/۴۵,۵/۲۱)	(-۲/۵۰,-۰/۱۶,۲/۰۸)
CR8	(۰/۶۶,۱/۴۲,۵/۱۲)	(-۲/۲۸,-۰/۰۱,۲/۱۹)	EC8	(۰/۶۲,۱/۴۲,۵/۱۱)	(-۲/۳۵,-۰/۰۹,۲/۱۴)
CR9	(۰/۶۶,۱/۴۱,۵/۱۰)	(-۱/۸۲,۰/۳۰,۲/۶۱)	EC9	(۱/۰۶,۲/۲۶,۶/۷۷)	(-۳/۰۰,-۰/۱۲,۲/۷۰)
CR10	(۰/۶۱,۱/۲۸,۴/۶۹)	(-۲/۰۱,-۰/۰۱,۲/۰۷)	EC10	(۰/۵۷,۱/۳۰,۴/۸۷)	(-۲/۳۴,-۰/۱۶,۱/۹۶)
CR11	(۰/۷۴,۱/۵۹,۵/۴۵)	(-۲/۳۴,-۰/۰۳,۲/۳۷)	EC11	(۰/۷۵,۱/۶۳,۵/۵۳)	(-۲/۲۴,۰/۱۲,۲/۵۴)
CR12	(۰/۶۱,۱/۳۳,۴/۹۷)	(-۲/۱۶,۰/۰۱,۲/۲۱)	EC12	(۰/۷۸,۱/۷۳,۵/۷۸)	(-۲/۵۹,-۰/۰۷,۲/۴۱)
CR13	(۱/۳۴,۲/۶۴,۷/۴۴)	(-۳/۲۶,-۰/۱۵,۲/۸۴)	EC13	(۰/۶۸,۱/۴۰,۴/۹۵)	(-۱/۹۸,۰/۱۳,۲/۳۰)
CR14	(۰/۶۰,۱/۲۹,۴/۸۵)	(-۲/۲۹,-۰/۱۵,۱/۹۶)	EC14	(۰/۴۱,۰/۹۰,۴/۱۰)	(-۱/۵۴,۰/۲۴,۲/۱۵)
CR15	(۰/۲۰,۰/۳۸,۲/۹۵)	(-۱/۱۷,۰/۱۸,۱/۵۸)	EC15	(۰/۲۳,۰/۴۵,۳/۱۴)	(-۱/۳۷,۰/۰۷,۱/۵۴)
CR16	(۰/۳۸,۰/۷۶,۳/۷۰)	(-۱/۷۸,-۰/۰۸,۱/۵۳)	EC16	(۰/۹۹,۲/۱۰,۶/۴۵)	(-۲/۸۶,-۰/۱۱,۲/۵۹)

جدول۳. نتایج قطعی DEMATEL(میزان اهمیت شاخص‌ها $(\tilde{D}_i + \tilde{R}_i)$ و رابطه بین معیارها $(\tilde{D}_i - \tilde{R}_i)$)

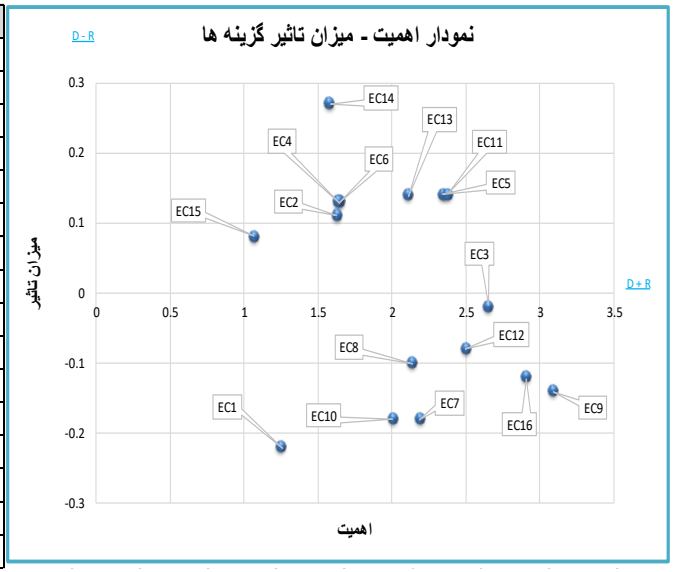
معیار	$(\tilde{D}_i + \tilde{R}_i)^{def}$	$(\tilde{D}_i - \tilde{R}_i)^{def}$	گزینه ها	$(\tilde{D}_i + \tilde{R}_i)^{def}$	$(\tilde{D}_i - \tilde{R}_i)^{def}$
CR1	۳/۰۵	۰/۲۶	EC1	۱/۲۵	۰/۲۲
CR2	۱/۴۸	۰/۰۵	EC2	۱/۶۳	۰/۱۱
CR3	۲/۱۵	−۰/۵۳	EC3	۲/۶۵	−۰/۰۲
CR4	۱/۹۴	−۰/۲۴	EC4	۱/۶۵	۰/۱۳
CR5	۲/۹۵	۰/۲۳	EC5	۲/۳۵	۰/۱۴
CR6	۲/۶۱	۰/۱	EC6	۱/۶۴	۰/۱۳
CR7	۲/۴۵	۰/۰۵	EC7	۲/۱۹	−۰/۱۸
CR8	۲/۱۶	−۰/۰۳	EC8	۲/۱۴	−۰/۱
CR9	۲/۱۴	۰/۳۵	EC9	۳/۰۹	−۰/۱۴
CR10	۱/۹۶	۰/۰۱	EC10	۲/۰۱	−۰/۱۸
CR11	۲/۳۵	−۰/۰۱	EC11	۲/۳۸	۰/۱۴
CR12	۲/۰۶	۰/۰۲	EC12	۲/۵	−۰/۰۸
CR13	۳/۵۲	−۰/۱۸	EC13	۲/۱۱	۰/۱۴
CR14	۲/۰۱	−۰/۱۶	EC14	۱/۵۸	۰/۲۷
CR15	۰/۹۸	۰/۲	EC15	۱/۰۷	−۰/۰۸
CR16	۱/۴	−۰/۱	EC16	۲/۹۱	−۰/۱۲

معیارها	D + R	D - R
CR۱	۳/۰۵	۰/۲۶
CR۲	۱/۴۸	۰/۰۵
CR۳	۲/۱۵	-۰/۵۳
CR۴	۱/۹۴	-۰/۳۴
CR۵	۲/۹۵	۰/۲۳
CR۶	۲/۶۱	۰/۱
CR۷	۲/۴۵	۰/۰۵
CR۸	۲/۱۶	-۰/۰۳
CR۹	۲/۱۴	۰/۳۵
CR۱۰	۱/۹۶	۰/۰۱
CR۱۱	۲/۳۵	-۰/۰۱
CR۱۲	۲/۰۶	۰/۰۲
CR۱۳	۳/۵۲	-۰/۱۸
CR۱۴	۲/۰۱	-۰/۱۶
CR۱۵	۰/۹۸	۰/۲
CR۱۶	۱/۴	-۰.۱



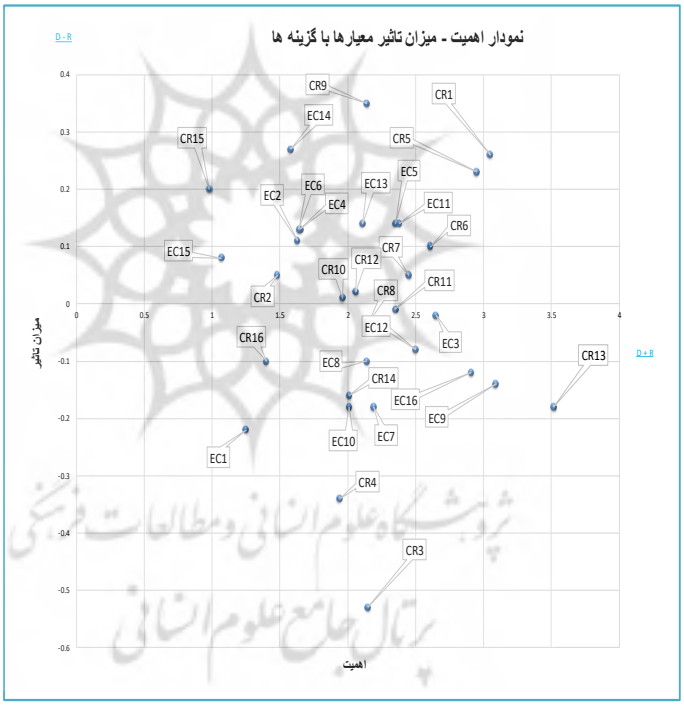
شکل ۱۰. نمودار اهمیت – میزان تأثیر معیارها

گزینه ها	D + R	D - R
EC۱	۱/۲۵	-۰/۲۲
EC۲	۱/۶۳	۰/۱۱
EC۳	۲/۶۵	-۰/۰۲
EC۴	۱/۶۵	۰/۱۳
EC۵	۲/۳۵	۰/۱۴
EC۶	۱/۶۴	۰/۱۳
EC۷	۲/۱۹	-۰/۱۸
EC۸	۲/۱۴	-۰/۱
EC۹	۳/۰۹	-۰/۱۴
EC۱۰	۲/۰۱	-۰/۱۸
EC۱۱	۲./۳۸	۰/۱۴
EC۱۲	۲./۵	-۰/۰۸
EC۱۳	۲/۱۱	۰/۱۴
EC۱۴	۱/۵۸	۰/۲۷
EC۱۵	۱/۰۷	۰/۰۸
EC۱۶	۲/۹۱	-۰/۱۲



شکل ۱۱. نمودار اهمیت – میزان تأثیر گزینه‌ها

معیارها با گزینه ها	D+R	D-R
CR۱	۳/۰۵	۰/۲۶
CR۲	۱/۴۸	۰/۰۵
CR۳	۲/۱۵	-۰/۵۳
CR۴	۱/۹۴	-۰/۳۴
CR۵	۲/۹۵	۰/۲۳
CR۶	۲/۶۱	۰/۱
CR۷	۲/۴۵	۰/۰۵
CR۸	۲/۱۶	-۰/۰۳
CR۹	۲/۱۴	۰/۳۵
CR۱۰	۱/۹۶	۰/۰۱
CR۱۱	۲/۳۵	-۰/۰۱
CR۱۲	۲/۰۶	۰/۰۲
CR۱۳	۳/۵۲	-۰/۱۸
CR۱۴	۲/۰۱	-۰/۱۶
CR۱۵	۰/۹۸	۰/۲
CR۱۶	۱/۴	-۰.۱
EC۱	۱/۲۵	-۰/۲۲
EC۲	۱/۶۳	۰/۱۱
EC۳	۲/۶۵	-۰/۰۲
EC۴	۱/۶۵	۰/۱۳
EC۵	۲/۳۵	۰/۱۴
EC۶	۱/۶۴	۰/۱۳
EC۷	۲/۱۹	-۰/۱۸
EC۸	۲/۱۴	-۰/۱
EC۹	۳/۰۹	-۰/۱۴
EC۱۰	۲/۰۱	-۰/۱۸
EC۱۱	۲./۳۸	۰/۱۴
EC۱۲	۲./۵	-۰/۰۸
EC۱۳	۲/۱۱	۰/۱۴
EC۱۴	۱/۵۸	۰/۲۷
EC۱۵	۱/۰۷	۰/۰۸
EC۱۶	۲/۹۱	-۰/۱۲



شکل ۱۲. نمودار اهمیت – میزان تأثیر معیارها با گزینه‌ها

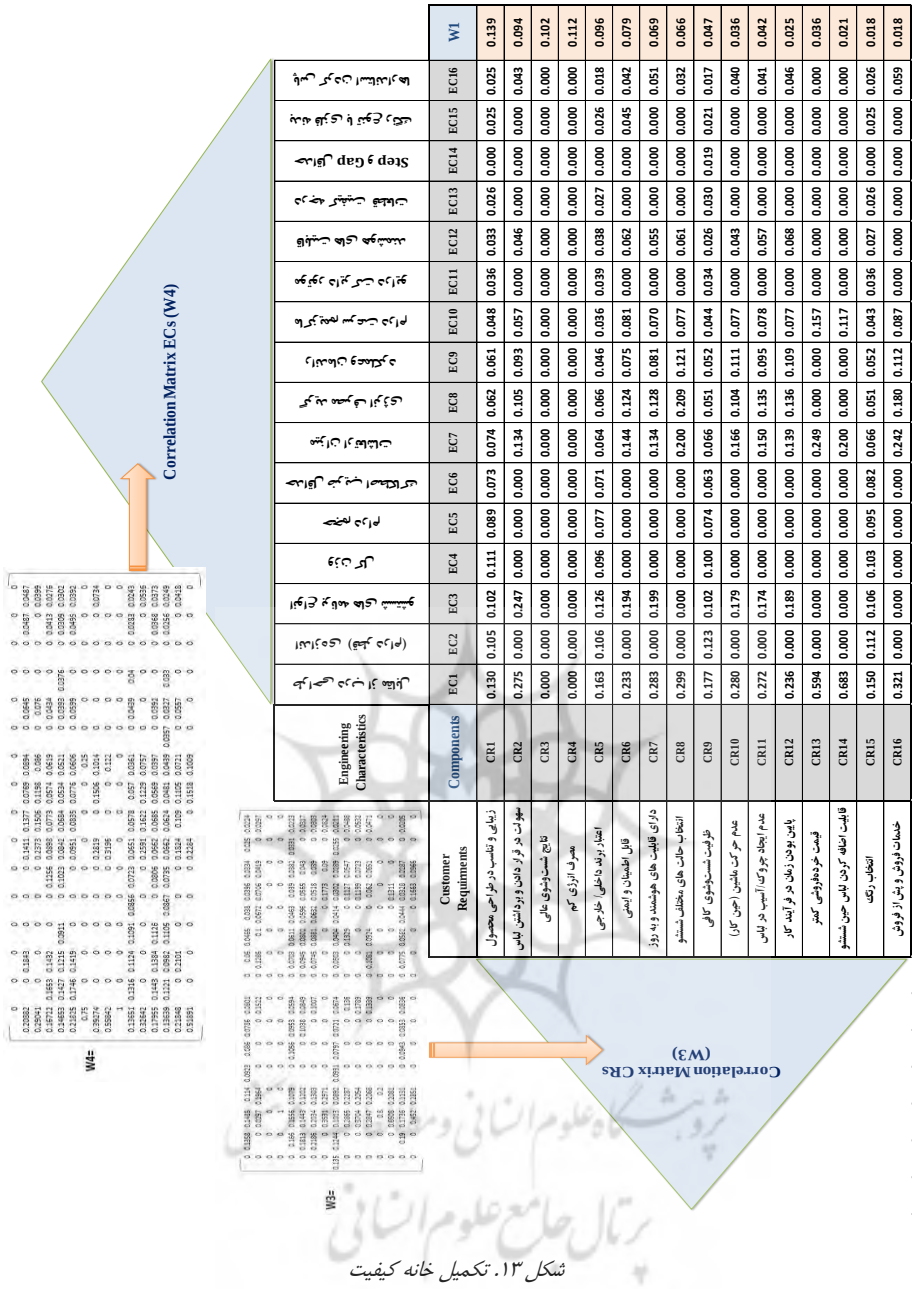
تعیین اوزان مؤلفه‌های اصلی پژوهش ورودی به QFD با روش ANP فازی. در این پژوهش به‌منظور تعیین اوزان مؤلفه‌های پژوهش برای تکمیل خانه کیفیت (HOQ)، ابتدا با بهره‌گیری از نتایج دیماتل فازی، نمودار ساختار ارتباطات شبکه‌ای ANP فازی رسم می‌شود. در ادامه، مراحل انجام ANP فازی با جداول مقایسات زوجی نظر خبرگان و نرم‌افزار تجاری Fuzzy Decision صورت خواهد گرفت. درنهایت با تشکیل سوپرماتریس موزون، شامل W_1 وزن اهمیت نسبی نیازمندی مشتریان، W_3 وزن همبستگی میان نیازمندی مشتریان، W_4 وزن همبستگی الزامات فنی–مهندسی و W_2 وزن ارتباط بین نیازمندی مشتریان و الزامات فنی مهندسی، ماتریس خانه کیفیت (HOQ) برای مراحل بعد تکمیل خواهد شد [۲۹، ۲۱، ۲۸،۱۱، ۱۶].

ساختار ارتباطات شبکه‌ای ANP فازی. ساختار ارتباطات شبکه‌ای ANP فازی برای به‌دست‌آوردن اوزان W_1، W_2، W_3 و W_4 در ضمیمه، نشان داده شده است.

سوپرماتریس موزون ANP فازی. سوپرماتریس حاصل از فرآیند ANP فازی و اوزان W1، W2، W3 و W4 را به‌منظور تکمیل خانه کیفیت HOQ است که در ضمیمه نشان داده شده است.

تکمیل خانه کیفیت HOQ با توجه به اوزان به‌دست‌آمده از ANP فازی (W_1 تا W_4). در این مرحله خانه کیفیت (HOQ) با استفاده از اوزان به‌دست‌آمده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی مطابق با شکل ۱۳، تکمیل می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



Customer Requirments	Components	Engineering Characteristics	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7	EC8	EC9	EC10	EC11	EC12	EC13	EC14	EC15	EC16	W1
زیبایی و تناسب در طراحی محصول	CR1	طراحی درب از جلو	0.130	0.105	0.102	0.111	0.089	0.073	0.074	0.062	0.061	0.048	0.036	0.033	0.026	0.000	0.025	0.025	0.139
جهت باز شدن درب و قرارداشتن لباس	CR2	استاندارد (قفل درب)	0.275	0.000	0.247	0.000	0.000	0.000	0.134	0.105	0.093	0.057	0.000	0.046	0.000	0.000	0.000	0.043	0.094
نتایج تمیزی و خوش‌بوی عالی	CR3	اجزای مرتبط بدن سیستم	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.102
مصرف انرژی کم	CR4	وزن کل	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.112
اعتبار برند داخلی خارجی	CR5	حجم درام	0.163	0.106	0.126	0.096	0.077	0.071	0.064	0.066	0.046	0.036	0.039	0.038	0.027	0.000	0.026	0.018	0.096
قابل اطمینان و ایمنی	CR6	حداقل ضریب اصطکاک	0.233	0.000	0.194	0.000	0.000	0.000	0.144	0.124	0.075	0.081	0.000	0.062	0.000	0.000	0.045	0.042	0.079
دارای قابلیت های هوشمند و به روز	CR7	میزان ارتعاشات	0.283	0.000	0.199	0.000	0.000	0.000	0.134	0.128	0.081	0.070	0.000	0.055	0.000	0.000	0.000	0.051	0.069
انتخاب حالت های مختلف شستو	CR8	کم بودن مصرف انرژی	0.299	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.200	0.209	0.121	0.077	0.000	0.061	0.000	0.000	0.000	0.032	0.066
ظرفیت شستشوی کافی	CR9	راندمان وسطح ی	0.177	0.123	0.102	0.100	0.074	0.063	0.066	0.051	0.052	0.044	0.034	0.026	0.030	0.019	0.021	0.017	0.047
عدم حرکت ماشین (حین کار)	CR10	مکانیزم سرعت درام	0.280	0.000	0.179	0.000	0.000	0.000	0.166	0.104	0.111	0.077	0.000	0.043	0.000	0.000	0.000	0.040	0.036
عدم ایجاد جرو گی آسیب در لباس	CR11	موتور دایرکت درایو	0.272	0.000	0.174	0.000	0.000	0.000	0.150	0.135	0.095	0.078	0.000	0.057	0.000	0.000	0.000	0.041	0.042
پایین بودن زمان در آیند کار	CR12	قابلیت های هوشمند	0.236	0.000	0.189	0.000	0.000	0.000	0.139	0.136	0.109	0.077	0.000	0.068	0.000	0.000	0.000	0.046	0.025
قیمت خوددوشی کمتر	CR13	درجه کثیفت قطعات	0.594	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.249	0.000	0.000	0.157	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036
قابلیت اتصاله کردن لباس حین شستو	CR14	Step و Gap حداقل	0.683	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.200	0.000	0.000	0.117	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021
انتخاب رنگ	CR15	بدنه فلزی با پوشش رنگی	0.150	0.112	0.106	0.103	0.095	0.082	0.066	0.051	0.052	0.043	0.036	0.027	0.026	0.000	0.025	0.026	0.018
خدمات فروش و پس از فروش	CR16	ظرفیت کم‌وزن استاندارد	0.321	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.242	0.180	0.112	0.087	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.059	0.018

شکل ۱۳. تکمیل خانه کیفیت

شناسایی و تعیین محدودیت‌ها و فاکتورهای تأثیرگذار بر الزامات فنی مهندسی و میزان تأثیرشان. به‌منظور تعیین محدودیت‌ها و عوامل مؤثر بر الزامات فنی مهندسی، با

استفاده از روش دلفی و غربال‌گری و نظر جمعی ۵ نفر از خبرگان (گروه QFD) میزان تأثیر بر الزامات فنی – مهندسی مطابق با جدول ۴، به‌دست آمد [۱۹، ۳۰، ۲۳].

جدول ۴. نتایج میزان تأثیر هر یک از عوامل و محدودیت‌ها بر الزامات فنی مهندسی

W5	EC 1	EC 2	EC 3	EC 4	EC 5	EC 6	EC 7	EC 8	EC 9	EC 10	EC 11	EC 12	EC 13	EC 14	EC 15	EC 16
هزینه	۰/۴	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۳	۰/۴	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۵	۰/۳	۰/۴	۰/۴
عوامل محیطی و بیرونی	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۴	۰/۳	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۰/۳	۰/۴	۰/۴
توسعه پذیری	۰/۲	۰/۴	۰/۲	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۲	۰/۲	۰/۴	۰/۴	۰/۴
توانایی تولید	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۳	۰/۳	۰/۱	۰/۵	۰/۲	۰/۴	۰/۴
سهولت کاربرد و پیاده سازی	۰/۵	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۴

بازیابی مجدد خانه کیفیت و محاسبات QFD و تعیین متغیرهای ورودی و خروجی به مدل DEA. پس از تکمیل اولیه خانه کیفیت به‌منظور مشاهده اثر ماتریس همبستگی نیازمندی مشتریان (W_3) و ماتریس همبستگی الزامات فنی مهندسی (W_4) در ماتریس مربوط به رابطه متقابل نیازمندی مشتریان و الزامات فنی مهندسی (W_2)، با توجه به مطالب گفته‌شده در بخش‌های قبل و با استفاده از بسط جدید رابطه واسرمن ارائه‌شده در این پژوهش $Rir = \frac{\sum_{k=1}^{N} Rik \,.Ykj \,.Ljr}{\sum_{r=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}\sum_{k=1}^{N} Rik \,.Ykj \,.Ljr} \times W1$ مجدداً خانه کیفیت، بازیابی می‌شود که نتایج در جدول ۵، ارائه شده است. درضمن محاسبات مربوط به اهمیت نسبی نیازمندی مشتریان W_1 نیز در همین مرحله اجرایی خواهیم شد. هر یک از الزامات فنی مهندسی نیز به‌عنوان یک تصمیم‌گیرنده DMU در این پژوهش در نظر گرفته شده است.

ارزیابی و رتبه‌بندی اولیه و نهایی الزامات فنی مهندسی. در این پژوهش مطابق با جدول ۶، در مرحله نخست برای تعیین کارایی، ارزیابی و رتبه‌بندی اولیه الزامات فنی – مهندسی ECs از مدل DEA-CCR مضربی ورودی‌محور استفاده می‌شود و در مرحله دوم برای ارزیابی و رتبه‌بندی نهایی از مدل اولیه مضربی فوق‌کارا AP استفاده خواهد شد. یادرآوری این نکته ضروی است که در هر دو مرحله از نتایج نرم‌افزار تجاری GAMS استفاده شده است [۲۷،۷].

جدول ۵. بازیابی مجدد خانه کیفیت

DEA-Input&Output	Components	DMU1	DMU2	DMU3	DMU4	DMU5	DMU6	DMU7	DMU8	DMU9	DMU10	DMU11	DMU12	DMU13	DMU14	DMU15	DMU16
		EC1	EC2	EC3	EC4	EC5	EC6	EC7	EC8	EC9	EC10	EC11	EC12	EC13	EC14	EC15	EC16
Output	CR1	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
Output	CR2	۰/۰۷۶	۰/۵۴۷	۱/۵۰۱	۰/۹۲۷	۰/۱۹۱	۰/۲۰۴	۰/۲۰۶	۰/۴۳۷	۰/۰۰۰	۰/۲۹۰	۰/۳۱۳	۰/۱۷۹	۰/۴۱۴	۰/۲۷۰	۰/۰۵۹	۰/۱۹۴
Output	CR3	۰/۰۹۹	۰/۷۱۷	۱/۱۹۵	۱/۲۲۹	۰/۲۵۲	۰/۲۷۰	۰/۲۷۲	۰/۵۷۹	۰/۰۰۰	۰/۳۸۴	۰/۴۱۴	۰/۲۳۶	۰/۵۴۸	۰/۳۵۷	۰/۰۷۹	۰/۲۵۶
Output	CR4	۰/۰۹۴	۰/۶۷۴	۱/۷۵۸	۱/۱۲۸	۰/۲۴۲	۰/۲۵۵	۰/۲۵۲	۰/۵۳۰	۰/۰۰۰	۰/۳۵۰	۰/۳۸۱	۰/۲۱۵	۰/۵۰۴	۰/۳۳۰	۰/۰۷۳	۰/۲۳۵
Output	CR5	۰/۰۷۰	۰/۵۴۷	۱/۳۷۲	۰/۸۸۸	۰/۱۹۹	۰/۲۰۷	۰/۲۰۳	۰/۴۲۵	۰/۰۰۰	۰/۲۷۸	۰/۳۰۷	۰/۱۷۳	۰/۳۹۵	۰/۲۵۹	۰/۰۵۹	۰/۱۸۵
Output	CR6	۰/۰۶۶	۰/۴۷۰	۱/۲۸۱	۰/۷۸۷	۰/۱۶۶	۰/۱۷۸	۰/۱۸۰	۰/۳۷۵	۰/۰۰۰	۰/۲۵۰	۰/۲۶۸	۰/۱۵۴	۰/۳۴۹	۰/۲۲۹	۰/۰۵۲	۰/۱۶۳
Output	CR7	۰/۰۵۹	۰/۴۶۲	۱/۴۸۴	۰/۷۶۶	۰/۱۳۲	۰/۱۷۲	۰/۱۹۱	۰/۴۰۱	۰/۰۰۰	۰/۲۷۵	۰/۲۸۲	۰/۱۶۶	۰/۳۲۷	۰/۲۱۹	۰/۰۴۹	۰/۱۵۵
Output	CR8	۰/۰۵۷	۰/۴۵۳	۱/۳۳۷	۰/۷۶۷	۰/۱۵۰	۰/۱۷۱	۰/۱۷۹	۰/۳۷۶	۰/۰۰۰	۰/۲۵۳	۰/۲۶۶	۰/۱۵۵	۰/۳۳۶	۰/۲۲۱	۰/۰۵۰	۰/۱۵۶
Output	CR9	۰/۰۴۰	۰/۳۱۵	۰/۹۵۱	۰/۵۳۶	۰/۱۰۲	۰/۱۲۰	۰/۱۲۶	۰/۲۶۵	۰/۰۰۰	۰/۱۷۹	۰/۱۸۸	۰/۱۰۸	۰/۲۳۴	۰/۱۵۵	۰/۰۴۳	۰/۱۰۹
Output	CR10	۰/۰۲۵	۰/۲۲۹	۰/۸۴۸	۰/۳۹۵	۰/۰۵۵	۰/۰۸۶	۰/۱۰۱	۰/۲۱۳	۰/۰۰۰	۰/۱۵۰	۰/۱۴۷	۰/۰۸۹	۰/۱۶۶	۰/۱۱۲	۰/۰۲۴	۰/۰۷۸
Output	CR11	۰/۰۲۸	۰/۲۳۳	۰/۶۱۳	۰/۳۷۹	۰/۰۸۲	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹	۰/۱۸۶	۰/۰۰۰	۰/۱۲۳	۰/۱۳۳	۰/۰۷۶	۰/۱۶۷	۰/۱۱۰	۰/۰۲۵	۰/۰۷۹
Output	CR12	۰/۰۲۴	۰/۱۷۶	۰/۴۹۶	۰/۲۲۹	۰/۰۶۱	۰/۰۶۶	۰/۰۶۷	۰/۱۴۲	۰/۰۰۰	۰/۰۹۵	۰/۱۰۱	۰/۰۵۸	۰/۱۳۳	۰/۰۸۷	۰/۰۱۹	۰/۰۶۲
Output	CR13	۰/۰۲۶	۰/۱۹۰	۰/۵۱۰	۰/۳۱۹	۰/۰۶۷	۰/۰۷۲	۰/۰۷۲	۰/۱۵۱	۰/۰۰۰	۰/۱۰۰	۰/۱۰۸	۰/۰۶۲	۰/۱۴۲	۰/۰۹۳	۰/۰۲۱	۰/۰۶۶
Output	CR14	۰/۰۱۵	۰/۱۲۰	۰/۳۱۵	۰/۱۹۷	۰/۰۴۳	۰/۰۴۶	۰/۰۴۶	۰/۰۹۶	۰/۰۰۰	۰/۰۶۳	۰/۰۶۸	۰/۰۳۹	۰/۰۸۷	۰/۰۵۷	۰/۰۱۳	۰/۰۴۱
Output	CR15	۰/۰۴	۰/۱۰۳	۰/۲۸۷	۰/۱۷۶	۰/۰۳۶	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۸۳	۰/۰۰۰	۰/۰۵۵	۰/۰۵۹	۰/۰۳۴	۰/۰۷۸	۰/۰۵۱	۰/۰۱۱	۰/۰۳۷
Output	CR16	۰۱۵/۰	۰/۱۲۱	۰/۳۸۴	۰/۲۰۷	۰/۰۳۸	۰/۰۴۶	۰/۰۵۰	۰/۱۰۵	۰/۰۰۰	۰/۰۷۲	۰/۰۷۴	۰/۰۴۳	۰/۰۸۹	۰/۰۵۹	۰/۰۱۳	۰/۰۴۲
Input	هزینه	۰/۴	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۳	۰/۴	۰/۳	۰/۳	۰/۵	۰/۳	۰/۴	۰/۴
Input	عوامل محیطی و بیرونی	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۲	۰/۴	۰/۴	۰/۳	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۰/۳	۰/۴
Input	توسعه بدیری	۰/۲	۰/۴	۰/۲	۰/۴	۰/۴	۰/۲	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۲	۰/۲	۰/۴	۰/۴
Input	توانایی تولید	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۳	۰/۳	۰/۱	۰/۵	۰/۲	۰/۴
Output	سهولت کاربرد و پیاده سازی	۰/۵	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۳	۰/۳	۰/۴	۰/۴

مجموعه ویژگی ها

جدول ۶. نتایج ارزیابی و رتبه‌بندی الزامات فنی – مهندسی

عنوان	الزامات	واحد ها	کارایی اولیه با مدل DEA-CCR	رتبه بندی اولیه	کارایی نهایی با روش AP	رتبه بندی نهایی
طراحی درب ماشین لباسشویی از مقابل	۱EC	۱DMU	۱	۱	۱/۶۷	۳
اندازه‌ی موقعیت قرار دادن لباس در درام	۲EC	۲DMU	۰/۹۸	۲	۰/۹۸	۷
انواع برنامه های شستشو	۳EC	۳DMU	۱	۱	۴/۲۹	۱
وزن کل	۴EC	۴DMU	۱	۱	۱/۲۴	۴
حجم درام	۵EC	۵DMU	۱	۱	۱	۶
حداقل ضریب اصطکاک (ماشین/زمین)	۶EC	۶DMU	۰/۸۹	۳	۰/۸۹	۷
میزان ارتعاشات انتقال یافته به کف	۷EC7	۷DMU	۰/۸۹	۳	۰/۸۹	۷
گرید مصرف انرژی (برق و آب)	۸EC	۸DMU	۰/۷۸	۵	۰/۷۸	۹
راندمان نیروی محرک وعملکرد	۹EC	۹DMU	۰/۸۹	۳	۰/۸۹	۷
ماکزیمم سرعت درام	۱۰EC	۱۰DMU	۰/۸۷	۴	۰/۸۷	۸
موتور دایرکت درایو بدون تسمه	۱۱EC	۱۱DMU	۱	۱	۱	۶
قابلیت های هوشمند(ایمنی و عملکردی)	۱۲EC	۱۲DMU	۱	۱	۱	۶
درجه کیفیت قطعات و اجزا	۱۳EC	۱۳DMU	۱	۱	۱/۹۳	۲
حداقل Gap و Step در نقاط اتصالی مونتاژ	۱۴EC	۱۴DMU	۰/۷۵	۶	۰/۷۵	۱۰
بدنه فلزی با تنوع رنگ	۱۵EC	۱۵DMU	۱	۱	۱/۱۴	۵
پاس کردن استانداردهای LG و داخلی	۱۶EC	۱۶DMU	۰/۷۵	۶	۰/۷۵	۱۰

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پژوهشگران در این پژوهش به دنبال آن بودند تا با توسعه مدل تلفیقی QFD-DEA و با ارائه یک QFD جدید با توجه به بسط جدید از رابطه واسرمن و همچنین تکمیل خانه کیفیت با یک ابزار وزن‌دهی با عنوان «DEMATEL-ANP فازی» که تاکنون در این رویکرد تلفیقی به‌کار برده نشده است، روش کامل‌تری را به‌منظور پاسخگویی به خواسته‌های روزافزون مشتری امروز به‌کار بگیرند تا با طراحی و مونتاژ محصولاتی متناسب با خواسته‌ها، شرایط و محدودیت‌های سازمان، هم حفظ و جذب مشتری صورت گیرد و هم به‌تناسب آن حفظ و بقای سازمان تضمین شود. به همین منظور برای اعتبارسنجی و اثربخش‌بودن رویکرد توسعه داده‌شده QFD-DEMATEL-ANP-DEA، این رویکرد به‌عنوان مورد مطالعه در «شرکت صنایع گلدیران» در بخش تولید ماشین لباسشویی و با تشکیل گروه QFD متشکل از ۵ کارشناس خبره لوازم‌خانگی اجرا شد. با توجه به پژوهش‌های پیشین هم در مورد اشتراک در موضوع مقاله و موردمطالعه و هم در خصوص ابزار به‌کارگرفته‌شده در این پژوهش نسبت به پژوهش‌های گذشته، نتایج نشان می‌دهد سه الزام فنی مهندسی (انواع برنامه‌های شستشو، درجه کیفیت

قطعات و طراحی درب ماشین لباسشویی از مقابل) از مهم‌ترین الزامات فنی– مهندسی هستند که در مقایسه با مقاله هھن برگر[1] وهمکاران (۲۰۱۶)، فقط مورد نخست یعنی انواع برنامه‌های شستشو با پژوهش حاضر اشتراک داشته است [۴]. طراحی درب ماشین از بالا رتبه نخست و حجم درام رتبه سوم را در میان الزامات فنی–مهندسی به خود اختصاص داده است که درحقیقت از این نتایج می‌توان به اختلاف‌نظر مشتری اروپایی و ایرانی از خواسته خود نسبت به امکانات موجود در ماشین لباسشویی پی برد که این موضوع باید در طراحی و مونتاژ محصولات لباسشویی در آینده موردتوجه بیشتری از طرف «شرکت صنایع گلدیران» قرار گیرد. از طرف دیگر از نظر ابزاری نیز مدل پیشنهادی این پژوهش در مقایسه با پژوهش‌های کاووسی و مظفری(۲۰۰۶) و مهرجردی و همکاران(۲۰۰۸) از یک ابزار وزن دهی جدید -DEMATEL ANP برای توسعه مدل QFD-DEA بهره برده و با ارائه یک شکل جدید از QFD در محاسبات خود با استفاده از بسطی جدید از رابطه واسرمن کامل‌کننده QFD ترکیب‌های مختلف خانه کیفیت HOQ است [۱۹، ۳۰] که در پژوهش‌های هھن برگر و همکاران (۲۰۱۶) و هابر[2] و فارگونولی[3](۲۰۱۹)، موردمطالعه قرار گرفته است [۴، ۸]. در پایان با توجه به پژوهش‌های انجام-شده پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی موارد زیر موردبررسی قرار گیرند.

ـ استفاده از تکنیک SWOT در ترکیب ابزارهای استفاده‌شده در این پژوهش با توجه به اهمیت استراتژی‌ها؛

ـ اضافه‌کردن بخش رقابت بازار به تکنیک QFD و بررسی تأثیرات ناشی از آن در محاسبات و نتایج به‌دست‌آمده؛

ـ استفاده از مدل ریاضی به‌جای مدل تحلیل پوششی داده‌ها و یافتن Z^*های بهینه و رتبه‌بندی بر اساس بزرگ‌ترین Z^*های بهینه؛

ـ درنظرگرفتن چند برند محصول لباسشویی به‌عنوان گزینه و رتبه‌بندی آن‌ها با توجه به شاخص‌های به‌دست‌آمده در این پژوهش با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه نوین و کارا؛

ـ استفاده از ابزارهای وزن‌دهی جدید.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Hehenberger
2. Haber
3. Fargno

منابع

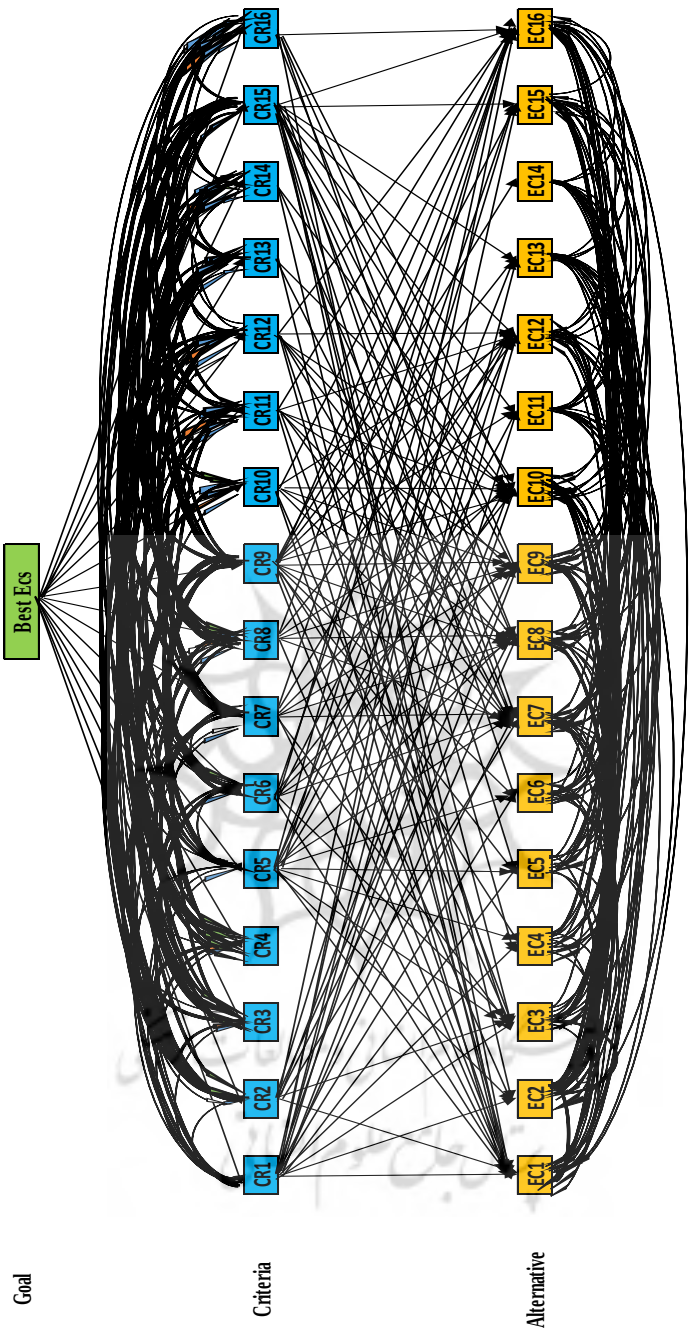
1. Azadi, M., & Farzipour Sean, R. (2013). A combination of QFD and imprecise DEA with enhanced Russell graph measure: A case study in healthcare. *Socio-Economic Planning Sciences, 47(4),* 281-291.
2. Akbas, H., & Bilgen, B. (2017). An integrated fuzzy QFD and TOPSIS methodology for choosing the ideal gas fuel at WWTPs. Energy, 125, 484 – 497.
3. Askari, A., & Charkhkar, M. (2015). The determination and assessment of the roooood effnnnnny indooooos of Thhrnn City's nnd Provinees' aax affrrrs genrrll directorates with data envelope analysis approach (DEA*). Journal of Tax Research, 23(27),* 36-62. (In Persian)
4. Berx, K., Friedl, M., Witters, M., & Hehenberger, P., (2016), A customer requirement driven framework for design synthesis - applied to a washing machine, IFAC (International Federation of Automatic Control), *49(21),* 431-438.
5. Ertugrul, K. E., & Dursun, M. (2014). An integrated supplier selection methodology incorporating QFD and DEA with imprecise data. *Expert Systems with Applications, 41(16),* 6995-7004.
6. Farajpour, Q., & Noursalna, R. (2011). An Integrated Framework for Formulate and Implement Strategies at the Islamic Republic of Iran Postal Company. *International Journal of Industrial Engineering and Production Management, 22(1),* 78-90 (In Persian)
7. Farsijani, H., Arman, M. H., Hosseinbeigi, A., & Jalili, A. (2011). Data Envelopment Analysis Model with Inbound-Output Approach, *Journal of Industrial Management Perspective, 1(1),* 39-56. (In Persian).
8. Fargnoli, M., & Haber, N. (2019). A practical ANP-QFD methodology for dealing with requirements' innrr dppnndnncy in PSS ee veoɑmen.. *Computers & Industrial Engineering, 127,* 536-548.
9. Ho, W., He, T., Lee, C. K. M., & Emrouznejad, A. (2012). Strategic logistics outsourcing: An integrated QFD and fuzzy AHP approach. *Expert Systems with Applications, 39(12),* 10841-10850.
10. Hojjati, S. M. H., & Zareinejad, M. (2014). Determination of technical charactristics of products and their priority based on fuzzy QFD. *Journal of Industrial Engineering & Management, Volume 1-30, No. 1,* p. 137-150. (In Persian)
11. Hsu, C. H., Chang, A. Y., & Luo, W. (2017). Identifying key performance factors for sustainability development of SMEs-integrating QFD and fuzzy MADM methods. *Journal of Cleaner Production, 161(10),* 629-645.
12. Izadi, M., Ataeipoor, S., & Izadi, A. (2016). A novel group decision making approach to prioritize engineering characteristics in QFD process based on experts' vote. *Journal of Fundamental and applied Sciences,* 8(3S), 1448-1465.
13. Karimi, F., Namedar Zanganeh, S., & Shahriari, H. (2016). Presenting a framework for robustquality function development (QFD), under the codition of inputs being fuzzy. *International Journal of Industrial Engineering and Production Management, 1(27),* 51-67. (In Persian)
14. Khatami Firouzabadi, A., & Mazroui, E. (2011). Applying AHP to QFD to assess customer demands and rank technical and engineering requirements in Shayesteh Carpet Company. *Journal of Industrial Management Perspective, 1(1),* 95-111. (In Persian)

15. Liang-Hsuan, C., Wen-Chang, K., & Feng-Ting, Y. (2016). Approach based on fuzzy goal programing and quality function deployment for new product planning. *European Journal of Operational Research, 259(2),* 654-663.
16. Lam, J. S. L., & Lai, K. H. (2015). Developing Environmental Sustainability by ANP QFD Approach: the Case of Shipping Operations. *Journal of Cleaner Production,105,* 275-284.
17. Liu, H. T., & Wang, C. H. (2010). An advanced quality function deployment model using fuzzy analytic network process. *Applied Mathematical Modelling, 34(11),* 3333-3351.
18. Mohammadi, A., & Dastyar, H. (2014). Evaluating Efficiency of Pharmaceutical Companies and Their Ranking via Data Envelopment Window Analysis, *Journal of Health Accounting, 2(3),* 23-39. (In Persian)
19. Mozaffar, M. M., & Kavousi, M. (2010). Design an Entrepreneurship Development Model for Small and Medium Organizations in the Technical and Professional organization. *Journal of Development Evolution Management, 5,* 31 - 38
20. Mozaffari, M. R. (2017). Centralized Resource Allocation Based on the Value Efficiency in Dea and Dea-R. *Journal of Operations Research in Its Applications, 14(3),* 117-130. (In Persian)
21. Navai Aznaveh, Z., & Omidvari, M. (2017). Safety Risk Assessment in motor vehicle industries using William Fin and DEMATEL-ANP, *Iranian Occupational Health, 14(1),* 58-70. (In Persian)
22. Najafi, I., Abdollah Zadeh, V., & Amiri, H. (2014). Application of CCR-BCC Model and AP Method for Determining the Efficiency and Ranking of Pasargad Oil Company Units, Scientific Monthly. *Scientific-Propagative Journal of Exploration & Production Oil & Gas, 120,* 19-25. (In Persian)
23. Pourmahmoud, J., & Babazadeh, B. (2017). A New Group Data Envelopment Analysis Method for Ranking Design Requirements in Quality Function Deployment. *International Journal of Industrial Mathematics, 9(4),* 269-278.
24. Rahmani, K., Behlouli, N., & Sadeghzadeh Youshanlouei, B. (2012). Development the Mathematical Model QFD based on Fuzzy Approach, *Productivity Management (Beyond Management), 5(20),* 7-33. (In Persian)
25. Radman, K. (2008). Joint of QFD & DEA & Supply Chain. Timisoara Journal of Economics, 1(3), 271-278.
26. Ramanathan, R. & Yunfeng, J. (2009). Incorporating cost and environmental factors in quality function deployment using data envelopment analysis. *Omega, 37(3),* 711-723.
27. Toloo, M., & Joshushani, S. (2010). GAMS User's Guide with DEA Models, University Book Publishing, p. 318. (In Persian)
28. Valipour Khatir, M., Akbarzadeh, Z., & Mohammadi Nodehaki, Z. (2015). Manufacturing Strategy Evaluation using Fuzzy QFD Approach, *Journal of Industrial Management Perspective, 5(3),* 169-183. (In Persian)
29. ZareAhmadabadi, H., & Ghasemi, F. (2015). Policy Making for Technology Acquisition Application of Fuzzy ANP and Fuzzy DEMATEL (Case Study: Frit Industry of YAZD Province), *Journal of Production and Operations Management, 6(1),* 79-98. (In Persian)

30. Zare Mehrjerdi, Y., Owlia, M. S., & Dorodzani, A. T., (2012). Evaluation and Ranking the Relative Importance of Design Requirements by Combining QFD and DEA Techniques (Case Study: Tile Industry of Iran). *International Journal of Industrial Engineering and Production Management. 23(2),* 176-186. (In Persian)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پیوست



شکل۸-ساختار شبکه ای پژوهش

شکل ۱۳. ساختار ارتباطات شبکه‌ای ANP فازی

شکل ۱۴. سوپر ماتریس موزون

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

New Product Development by Evaluating and Ranking Technical-Engineering Requirements Based on a Combined Approach of QFD, DEMATEL - Fuzzy ANP and DEA Methods.

Hossein Hosseinpour[*], Mehdi Yazdani[**]

Abstract

Nowadays, with regard to the competitiveness of the global trade and the need to meet the demands of customers, and given the increasing growth of technology in order to preserve and maintain the organization, we can use the various combinations of QFD as a powerful tool in quality engineering. . In this research, Delphi method was first used to identify the main components of the research including customer requirements and technical requirements, and then, due to the importance of weighing in the quality performance development tool, by developing a combined DEMATEL-ANP fusion decision method, and The severity of the relationships will affect the effectiveness and effectiveness of the components and weights associated with them to complete the matrix of the quality house. In order to complete the QFD method, we will use the new expansion of the Wasserman relationship. Also, in order to solve the traditional QFD problem of not considering the effect of constraints on technical engineering requirements, we will apply a combination of QFD, DEMATEL-Fuzzy ANP and DEA methods in the present study. Also, to demonstrate the effectiveness of this approach, we will consider it as a case study at the Goldiran Industry Corporation's executive washing machine production site.

Keywords: Quality Function Development (QFD); Fuzzy Theory, Analytical Network Process (ANP); New Wasserman Relationship Expansion, Data Envelopment Analysis (DEA).

پرتال جامع علوم انسانی

Received: Nov. 17, 2018, Accepted: August. 16, 2019.

* M.Sc., Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran

** Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran (Corresponding author).
Email: mehdi_yazdani2007@yahoo.com