فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد اسلامی
واحد سنندج ° سال نهم/ ویژه نامه مدیریت و حسابداری / تابستان ۱۳۹۳

تحلیل پارامترهای هزینه‌های کیفیت با رویکرد شبکه های بیزین

وحید خداکرمی
دکترای مهندسی صنایع، هیأت علمی دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
فرشاد حقی (نویسنده مسؤول)
کارشناس ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
Email: farshad.haghi@yahoo.com
سمیه امیری
کارشناس ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران
سلمان آقابابایی
کارشناس ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

چکیده

هزینه کیفیت (COQ) یکی از اجزای مهم سیستم مدیریت جامع کیفیت (TQM) است. ارزیابی دقیق هزینه‌های کیفیت قابلیت اطمینان بهبودهای کیفی را شدیداً تحت تاثیر قرار می‌دهد. مدل پیشگیری-ارزیابی-شکست (PAF) رایج‌ترین رویکرد برای تعیین هزینه‌های کیفیت است. در این رویکرد هزینه‌های کیفیت از پارامترهای متعددی تشکیل شده‌اند، که به منظور تحلیل دقیق COQ مدلسازی این پارامترها و عوامل تاثیرگذار روی آن‌ها ضرورت دارد. در مدل PAF عدم اطمینان پارامترهای COQ در نظر گرفته نشده است. علاوه بر این روابط علّی بین پارامترها و عوامل محیطی و کیفی نادیده گرفته شده‌اند. هدف اصلی این تحقیق ترکیب رویکرد PAF با روش شبکه‌های بیزین (BN) و توسعه مدلی احتمالی جهت ارزیابی هزینه‌های کیفیت بوده‌است. رویکرد ارائه شده، در یک شرکت تولید کننده مواد شیمیایی به اجرا درآمد. به این ترتیب ابتدا توسط مدلی کیفی به اولویت‌بندی گروه‌های سه‌گانه PAF پرداخته شده و سپس مدلی کمی جهت تحلیل عددی پارامترها و عوامل کیفی تاثیرگذار در گروه منتخب ارایه شده‌است. روش پیشنهادی پارامترهای مهم COQ را جهت اثربخشی برنامه‌های بهبود شناسایی کرده‌است. علاوه براین خروجی‌های مدل جدید با در دست داشتن داده‌های بیشتر، عدم‌قطعیت (مقادیر محتمل) هزینه‌های کیفیت را به کاهش داده و امکان تحلیل آینده‌های محتمل را از طریق تحلیل سناریو فراهم آورده است.

کلمات کلیدی: هزینه کیفیت، شبکه‌های بیزین، مدل PAF، رابطه علّی.

۱-مقدمه

هزینه‌های کیفیت[1] (COQ) متدولوژی شناخته شده‌ای است که به صورت یک روش ساختارمند، علاوه بر ماهیت مستقل خویش، توانسته مقیاسی برای عملکرد مدیریت کیفیت فراگیر (TQM) باشد. هزینه کیفیت معمولا به صورت مجموع هزینه‌های انطباق و عدم انطباق محصول با مشخصه‌های کیفی تعریف می‌شود. هزینه انطباق صرفِ پیشگیری از کیفیت ضعیف می‌شود، و هزینه عدم انطباق ناشی از کیفیت ضعیف است. ارزیابی دقیق هزینه کیفیت به طور اساسی قابلیت اطمینان بهبودهای کیفی را تحت تاثیر قرار می‌دهد(Harington, 1998).

با پیچیده‌تر شدن محصول، شناسایی و اندازه‌گیری هزینه‌های فوق دشوارتر می‌گردد. علاوه بر این، بخشی از هزینه‌های کیفیت را هزینه‌های پنهان تشکیل می‌دهند(Teeravaraprug, 2004). هزینه های پنهان متغیرهایی مانند «اعتبار علامت تجاری[2]» و «وفاداری مشتریان» هستند، که به سادگی در سیستم‌های فعلی هزینه‌یابی کیفیت قابل مدلسازی نیستند. چراکه پس از شناسایی این پدیده‌ها، اطلاعات عینی درباره‌ی آن‌ها کم است و عدم‌قطعیت بالایی دارند، که این مسأله اندازه‌گیری متغیرهای یادشده را دشوار می‌سازد.

مدل پیشگیری-ارزیابی-شکست[3] (PAF) رایج‌ترین رویکرد برای تعیین هزینه‌های کیفیت است. در این رویکرد هزینه‌های کیفیت از پارامترهای متعددی تشکیل شده‌اند که به منظور تحلیل دقیق COQ، مدلسازی این پارامترها و عوامل تاثیرگذار روی آن‌ها ضرورت دارد. در مدل PAF عدم اطمینان پارامترهای COQ در نظر گرفته نشده است. در محیط پویای کسب و کار امروزی، ریسک و عدم‌اطمینان جزء جدایی ناپذیر شاخص‌های کلانی همچون هزینه و سود هستند. بدون شناخت نسبت به رفتار ریسک‌پذیرِ هزینه‌های کیفیت نمی‌توان یک برنامه‌ریزی کارآمد جهت کاهش آنها، و افزایش سودآوری شرکت یا سازمان صورت داد.

علاوه بر این، روش‌های فعلی علّیت موجود در متغیرهای تأثیرگذار بر هزینه کیفیت را نادیده می‌گیرند. این رابطه علّی به ویژه در بین عوامل سازمانی (مانند بهره‌وری) و پارامترهای COQ وجود دارد. به دلیل ماهیت غیرعینی این گونه از عوامل، کمی کردن آن‌ها بسیار دشوارتر از عوامل عینی (مانند میزان فروش سالانه) است. در شرایط یاد شده، رویکرد جایگزین استفاده از داده‌های ذهنی و استنتاج متغیرهای مجهول از طریق روابط علّی خواهد بود.

شبکه‌های بیزین[4] (BN)، رویکردی نوین برای مدلسازی پدیده‌های غیرقطعی و با روابطِ پیچیده است (Heckerman et al., 1995). این شبکه ها در جهت تلاش برای ارائه دانش تخصصی در زمینه‌هایی که دانش متخصصان غیرقطعی، مبهم و یا ناقص است توسعه یافته است. شبکه‌های بیزین ساختارهایی گرافیکی برای نمایش روابط احتمالی میان تعدادِ زیادی متغیر و انجام استنباط احتمالی در آن متغیرها هستند. همچنین این ابزار توانایی یکپارچه‌سازی متغیرهای کیفی با متغیرهای کمی را دارا است. کاربرد همزمانِ گره‌هایی با توزیع گسسته و پیوسته در کنار یکدیگر توانایی دیگر این شبکه‌ها با عنوانِ شبکه بیزین هیبریدی[5] است(Neil et al., 2008).

هدف اصلی این تحقیق ترکیب رویکرد PAF با روش شبکه‌های بیزین (BN) و توسعه مدلی احتمالی جهت ارزیابی هزینه‌های کیفیت است. در رویکرد پیشنهادی، ابتدا توسط مدلی کیفی به اولویت‌بندی گروه‌های سه‌گانه PAF پرداخته شده و سپس مدلی کمّی جهت تحلیل عددی پارامترها و عوامل کیفی تاثیرگذار در گروه منتخب با استفاده از شبکه بیزین هیبریدی ارائه می‌شود. روش پیشنهادی پارامترهای مهم COQ را جهت اثربخشی برنامه‌های بهبود شناسایی می‌کند. علاوه بر این، خروجی‌های مدل جدید عدم‌قطعیت (مقادیر محتمل) هزینه‌های کیفیت را به نمایش گذارده و امکان تحلیل آینده محتمل را از طریق تحلیل سناریو

[1] Cost of quality
[2] Brand
[3] Prevention-Appraisal-Failure
[4] Bayesian network
[5] Hybrid Bayesian Networks

فراهم می‌آورد. داده‌های یک شرکت تولیدکننده مواد شیمیایی به عنوان مطالعه موردی جهت ارزیابی خروجی‌های مدل پیشنهادی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ساختار ارائه پژوهش به شرح زیر است:
در ادامه هزینه‌های کیفیت و مدل PAF شرح داده می‌شود. سپس رویکرد شبکه‌های بیزین معرفی می‌شود. پس از آن به ارائه روش پیشنهادی می‌پردازیم، و در نهایت نتایج پژوهش بیان می‌شود.

- **هزینه‌های کیفیت**

مفاهیم اولیه هزینه کیفیت در اوایل دهه ۵۰ میلادی توسط بزرگان مباحث مدیریت کیفیت چون پروفسور جوران(Juran, 1998)، با انتشار کتاب راهنمای کیفیت مطرح شد. در اواسط دهه ۱۹۵۰ مقاله‌ای توسط آقای فینگن بام (feigenbaum, 1956) منتشر شد، که هزینه‌ها را به سه گروه پیشگیری، ارزیابی و شکست طبقه‌بندی کرده بود.

دیدگاه‌های مختلفی در خصوص مفهوم هزینه کیفیت وجود دارد. در میان تعاریف متعدد هزینه‌های کیفیت، برخی به ماهیت مطلب پرداخته و بعضی دیگر به نحوه تقسیم‌بندی هزینه‌ها اشاره کرده‌اند. گروهی آن‌را معادل هزینه‌های کیفیت ضعیف (شامل هزینه‌های تشخیص و تصحیح کارهای ناقص)، عده‌ای آن‌را هزینه‌های دستیابی به کیفیت می‌دانند و دسته سوم این گونه هزینه‌ها را به معنای هزینه‌های بخش کیفیت به کار می‌برند(Harington, 1998). بعضی از این تعاریف عبارتند از(Harington, 1998):

هر نوع هزینه‌ای که در ارتباط با کیفیت کالا یا خدمات، متوجه تولید کننده، مصرف کننده و جامعه می شود.

هزینه‌هایی که برای تثبیت عملکرد، تشخیص و از بین بردن خطاها در محصولات صرف می‌شود.

هزینه‌هایی که به واسطه عملکرد ضعیف سیستم کیفیت بر سازمان تحمیل می‌گردد.

هزینه‌های مرتبط با انطباق یا عدم انطباق محصول با مشخصات کیفی.

هزینه برآورده نشدن نیازهای مشتری، و هزینه انجام نادرست کارها.

بنابراین هزینه‌های کیفیت شامل کلیه هزینه‌های مربوط به تلاش در جهت تامین رضایت مشتری به علاوه زیان‌های ناشی از خطا در رسیدن به اهداف تعیین شده است.

- **مدلPAF**

تا کنون مدلهای متعددی جهت دسته‌بندی و بررسی هزینه های کیفیت ارائه شده است. در این میان مدل PAF زیربنای اصلی طبقه‌بندی در هزینه‌های کیفیت را، ارائه می‌دهد(Dale, 1999). مدل PAF که توسط جوران و همکاران (Juran et al., 1975) ارایه شد، بر اهمیت هزینه‌های پنهان تاکید کرده است. در این مدل دو گروه قابل اندازه‌گیری هزینه وجود دارد.: هزینه‌های آشکار کارخانه و هزینه‌های آشکار فروش. این مدل هزینه‌های کیفیت را در سه حوزه‌ی هزینه‌های «پیشگیری»، «ارزیابی» و «شکست» تقسیم‌بندی می‌کند.

هزینه‌های پیشگیری، هزینه‌هایی هستند که از طریق آنها می‌توان از بروز خطا جلوگیری نموده و عوامل اصلی ایجاد کننده خطا را شناسایی کرد. مانند هزینه آموزش‌های پیشگیری، طرح‌ریزی کیفیت و تعمیرات پیشگیرانه.

هزینه‌های ارزیابی، آن دسته از هزینه‌هایی است که به منظور آزمایش کیفیت به منظورحصول اطمینان از اینکه خواسته‌های کیفیت برآورده می‌شوند، صرف می‌شود. به عبارت دیگر این هزینه‌ها، هزینه‌ی تعیینِ وضعیت کیفی می‌باشد. مانند هزینه آزمون ورودی. بازرسی کیفی حین فرایند و آزمون نهایی محصول.

هزینه‌های شکست: هزینه‌هایی هستند که از کیفیت پایین ناشی می‌شوند. این هزینه‌ها خود به گروه داخلی و خارجی تقسیم می‌شوند. *هزینه شکست داخلی*، هزینه‌های مربوط به محصولات، قطعات و مواد یا خدماتی است که نتوانسته‌اند خواسته‌های کیفی مورد نظر را برآورده سازند. عناصر این بخش عبارتند از: هزینه ضایعات و دورریزها، هزینه دوباره کاری‌ها، هزینه‌های توقف تولید و کاهش ارزش محصول. *هزینه شکست خارجی*: این هزینه‌ها زمانی به وقوع می‌پیوندندکه محصول یا خدمت ارائه شده از کیفیت مطلوب و مورد نظر مشتری بهره‌مند نباشد. عناصر این بخش عبارتند از: هزینه شکایات مشتری، هزینه محصولات برگشتی، هزینه گارانتی و تعویض محصول.

مدرس و انصاری(Modarress & Ansari, 1987)، مدل PAF را به منظور ملاحظه‌ی ابعاد مختلف هزینه‌های ناشی از تخصیص ضعیف منابع و طراحی کیفیت گسترش دادند. کار(Carr, 2012) کاربرد موفق هزینه‌های فرصت را در برنامه‌ی کیفیت گزارش کرد. سایر محققان هزینه مشتریان از دست رفته‌ی ناشی از شکست محصولات را بررسی کرده‌اند (Tatikonda & Tatikonda, 1996). در این مطالعه، با نگاشت مدل PAF در شبکه‌های احتمالی بیزین، به تحلیل عدم قطعیت هزینه‌های کیفیت در شرایط دنیای واقعی می‌پردازیم.

- شبکه‌های بیزین

شبکه‌های بیزین، ساختارهایی نموداری برای نمایش روابط احتمالی میان تعداد زیادی متغیر و انجام استنباط احتمالی با آن متغیرها هستند(Heckerman et al., 1995). شبکه‌های بیز گراف‌های غیرسیکلی مستقیم هستند، که گره‌های آنها در مفهوم قاعده‌ی بیز نشان دهنده‌ی متغیرها می‌باشند. این گره‌ها می‌توانند مقادیر قابل مشاهده، متغیرهای پنهان، پارامتر یا فرض‌های نامعلوم باشند. یال‌های این شبکه بیانگر وابستگی‌های شرطی هستند. هر گره دارای یک تابع احتمال است که شامل احتمال اولیه (برای گره‌های بدون والدین) و یا احتمالات شرطی مربوط به حالات مختلف گره‌های والدین می‌باشد(Pearl, 1987).

برای هر متغیر A با والدین B_1،...،B_n احتمال شرطی به صورت $P(A|B_1,...,B_n)$ تخصیص داده می‌شود. اگر گره A والدی نداشته باشد، احتمال غیرشرطی (احتمال اولیه) آن به صورت $P(A)$ کاهش می‌یابد

یکی از مهمترین مزیت‌های BN، استفاده از قاعده زنجیره، در محاسبه توزیع احتمال توأم به صورت $P(A_1,...,A_n)$ برای همه متغیرهای A_1،...،A_n است. بر اساس این قاعده، توزیع احتمال توأم به صورت معادله (۱) محاسبه می‌شود.

$$\boldsymbol{P(A_1,\dots,A_n)=\prod_i P(A_i|A_1,\dots,A_n)} \qquad (۱)$$

با دسترسی به توزیع احتمال توأم، می‌توان توزیع احتمال حاشیه‌ای را برای تمام متغیرها $P(A_i)$ محاسبه کرد، و همچنین توزیع احتمال شرطی آنها(مانند $P(A_j|A_i=a_i)$). این قابلیت پیش‌بینی BN، به درک ما نسبت به استنتاج از معلول به علت و بر عکس کمک می‌کند(Fenton & Neil, 2007).

به طور کلی شبکه بیز یکی از روش‌های داده‌کاوی به شمار می‌رود که درباره مزایای به کارگیری این روش بین دانشمندان روی سه دلیل توافق بیشتری وجود دارد(Nadkarni & Shenoy, 2004)؛ نخست، شبکه‌های بیز می‌توانند به خوبی از پس داده-های ناقص برآیند. دوم، شبکه‌های بیز امکان آگاهی از روابط علّی را فراهم می‌کند. سوم، شبکه‌های بیز در همراهی با روش‌های آماری نیز می‌تواند ترکیب دانش زمینه‌ای و داده‌ها را تسهیل سازد.

شبکه‌های بیزین در دامنه‌ای وسیع از کاربردهای واقعی سیستم‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. در مدلسازی برخی از این کاربردها وجود مخلوطی از گره های پیوسته و گسسته در کنار هم اجتناب ناپذیر است. مدلی که دارای چنین ویژگی باشد را شبکه بیزین هیبریدی می‌نامند(Neil et al., 2008).

۲-مواد و روشها

در این پژوهش، مدلسازی هزینه‌های کیفیت را، به دو صورت مدل کیفی و مدل کمّی (عددی) انجام می‌دهیم. ساختار کلّیِ روش انجام پژوهش در شکل(۱) آمده‌است.

شکل شماره (۱): فرآیند مدلسازی هزینه‌های کیفیت با استفاده از شبکه‌های بیز

بر این اساس، مدل کیفی را به منظور رتبه‌بندی و شناسایی مهمترین گروه هزینه‌ای، و مدل کمّی را جهتِ تحلیل دقیق ریسک هزینه‌ها در گروه منتخب، طراحی می‌کنیم. در ادامه روش ساخت مدل‌ها بر اساس شکل(۱) شرح داده می‌شود.

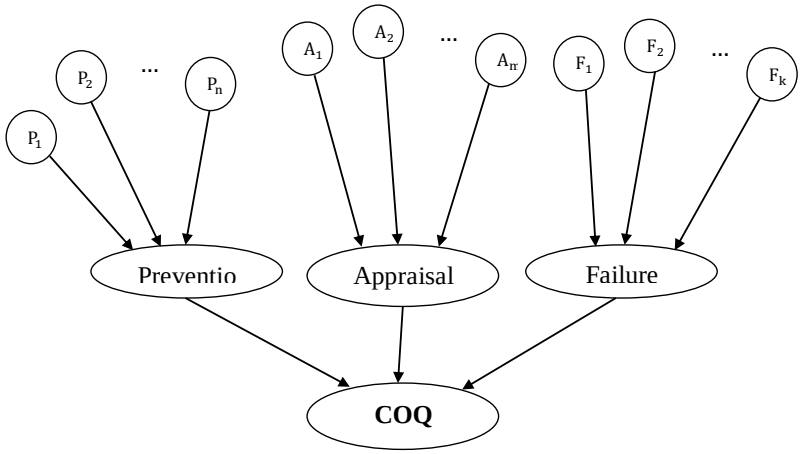
- **مدل کیفی**

روش کار برای ساخت مدل کیفی مطابق شکل(۱)، دارای سه گام است:

گام نخست، عبارت است از شناسایی پارامترهای تاثیرگذار بر هر یک از بخش‌های هزینه کیفیت در مدل PAF: هزینه‌های پیشگیری ($P_i, i = 1, ..., n$)، ارزیابی ($A_i, i = 1, ..., m$) و شکست ($F_i, i = 1, ..., l$). این کار با بررسی متون موجود و استفاده از نظر کارشناسی افراد در صنعت مورد بررسی انجام می‌گیرد.

در گام دوم، نوع متغیرهای احتمالی، احتمالات اولیه (برای متغیرهای بدون والد) و احتمالات شرطی (برای گره‌های فرزند) تعیین می‌گردد. در این مطالعه، برای هر یک از پارامترهای شناسایی شده، یک متغیر احتمالی رتبه‌ای با مقیاس لیکرت ۵تایی (به صورت خیلی کم، کم، متوسط، زیاد، خیلی زیاد)، در نظر گرفته شده‌است. رویه تخمین احتمالات بر اساس روش مقایسات زوجی، که در ادامه توضیح داده می‌شود، قابل استخراج است.

آخرین گام عبارت است از ورود اطلاعات به نرم‌افزار، اجرای مدل و دریافت نتایج. به ازای هر یک از بخش‌های پیشگیری، ارزیابی و شکست یک گره از نوع رتبه‌ای در شبکه ایجاد می‌شود. تمامی متغیرهای شناسایی شده مرتبط با بخش‌های یادشده، به این سه گره وارد می‌شوند. در نهایت یک گره نتیجه با عنوان «COQ»، سه گره فوق را یکپارچه می‌سازد که بیانگر وضعیتِ کلی هزینه‌های کیفیت خواهد بود. **Error! Reference source not found.**طرح شماتیک مدل پیشنهادی را نشان می‌دهد.



شکل شماره (۲): ساختار گرافیکی شبکه پیشنهادی برای نگاشت مدل PAF به BN

در این مطالعه برای تعیین احتمالات اولیه‌ی گره‌های شبکه بیزین از روش چین و همکاران (Chin et al., 2009) استفاده می‌شود. فرض کنید برای گره N که والدی ندارد n حالت $S_1, S_2, \dots, S_n$ وجود دارد و نیاز داریم که احتمال هر حالت S_i، یعنی $P(S_i)$، مشخص شود. $P(S_i)$ را می‌توان به طور مستقیم به وسیله کارشناسان تعیین نمود. وقتی تعداد حالات کم است، چنین روشی ممکن است عملی باشد. با افزایش حالات یک گره، برای تخمین احتمال مستقیم به همه حالات، ممکن است دچار بی-دقتی و اشتباه شویم.

روش دیگر انجام مقایسات زوجی میان حالات برای تولید احتمال‌شان است. از آنجا که در مقایسات زوجی فقط دو حالت به جای n حالت درنظر گرفته می‌شود، این کار به مراتب از تخمین مستقیم احتمالات آسانتر است. در این رویکرد، احتمال پیشین هر حالت گره‌ها، می‌تواند با استفاده از ماتریس مقایسات زوجی که در جدول(۱) نشان داده شده است، تعیین شود.

جدول شماره (۱): ماتریس مقایسات زوجی

	S_1	S_2	⊣	S_n	ω
S_1	a_{11}	a_{12}	⊣	a_{1n}	ω_1
S_2	a_{21}	a_{22}	⊣	a_{2n}	ω_2
⊣	⊣	⊣	⊣	⊣	…
S_n	a_{n1}	a_{n2}	⊣	a_{nn}	ω_n
$\lambda_m =$	.	CI=	.	CR=	.

در ماتریس مقایسات زوجی، a_{ij} $(i = 1,2, \dots, n\,;\, j = 1,2, \dots, n)$ می‌تواند با این سوال تعیین شود: " با مقایسه حالت S_i با S_j، کدامیک از آنها احتمال رخ دادنش محتمل‌تر است و اینکه چقدر محتمل‌تر است؟".

با در نظر گرفتن مقدار a_{ij} می‌توانیم دریابیم: $a_{ji}=1/a_{ij}$ و $a_{ji}=1$. همانند AHP، اولویت‌های نسبی S_i می‌تواند از حداکثر بردار مشخصه $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$ ماتریس $(a_{ij})_{n\times n}$تولید شود و سازگاری ماتریس مقایسات زوجی می‌تواند بوسیله نرخ سازگاری CR = CI/RI بررسی شود.

CI شاخص سازگاری است که به صورت$(\lambda_{max} - n)/(n-1)$ تعریف می‌شود و RI شاخص تصادفی است که به n وابسته است و در جدول (۲) نمایش داده شده است. ماتریس مقایسات زوجی با CR کوچکتر از ۰/۰۱ قابل پذیرش در نظر گرفته می‌شود. از آنجا که مجموع همه اوزان ω، یک است و ω_i عنصر i ام اهمیت نسبی حالت S_i در میان همه حالات را نشان می-دهد، طبیعی است تا ω_i به عنوان احتمال پیشین حالت S_i تفسیر شود. به عبارت دیگر داریم:

$$P(S_i) = \omega_i \qquad (\ )$$

جدول شماره (۲): شاخص سازگاری تصادفی

n	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
RI	۰	۰	۰/۵۸	/۹۰	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵

متدلوژی پیشنهادی در یک شرکت به عنوان مطالعه موردی پیاده‌سازی می‌شود. مطالعه مربوط به یک شرکت تولید کننده مواد شیمیایی و عمدتاً الکل، با نام تجاری نصر است، که در استان لرستان، شهر خرم‌آباد قرار دارد، و دارای ۳۰ نفر پرسنل است. کارخانه نیمه اتوماتیک است و در سه شیفت ۸ ساعته فعال است.

پارامترهای تشکیل دهنده هزینه‌های کیفیت برای این واحد شناسایی شده، نحوه تغییرات آن‌ها بررسی و احتمالات مربوطه با استفاده از رویکرد مقایسات زوجی از طریق ۱۶ کارشناس در کارخانه الکل‌سازی نصر استخراج شده است. جدول(۳) اطلاعات مربوط به این متغیرها را با مقیاس ۵تاییِ لیکرت از سطح very low تا very high نمایش می‌دهد.

با ایجادِ گره‌های مربوط به هر یک از پارامترهای جدول(۳) و ورود اطلاعاتِ آنها در BN، به خروجی اولیه‌ی مدل رسیده‌ایم(شکل ۳).

همانطور که در شکل(۳) ملاحظه می‌شود، سطح هزینه‌های کیفیت در هر یک از بخش‌های سه گانه در گره‌های «Prevention»، «Appraisal» «Failure» و نیز هزینه‌های کل کیفیت در گره «COQ» قابل پیگیری است. خروجی اولیه مدل نشان می‌دهد که توزیع «COQ» به سمت «Very high» چولگی دارد. این وضعیت برای بخش‌های پیشگیری، ارزیابی و شکست نیز وجود دارد.

حال، به اولویت‌بندیِ هزینه‌ها می‌پردازیم و یکی از گروه‌های مدل PAF که در مدل BN بیشترین اهمیت را دارد، به منظور تحلیل عددی دقیق انتخاب می‌کنیم. این اولیت‌بندی معادل فرآیند تحلیل کیفی ریسک در متدلوژی‌های مدیریت (مانند مدیریت ریسک پروژه) است. در این جا ما این کار را با استفاده از ضرایب مطلوبیت معرفی شده در جدول انجام می‌دهیم.

جدول شماره (۳): ظریب هزینه‌های کیفیت

Very high	High	Medium	Low	Very low
۰	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰

بنابراین، مطلوبیت گره‌های Prevention، Appraisal و Failure عبارتند از:

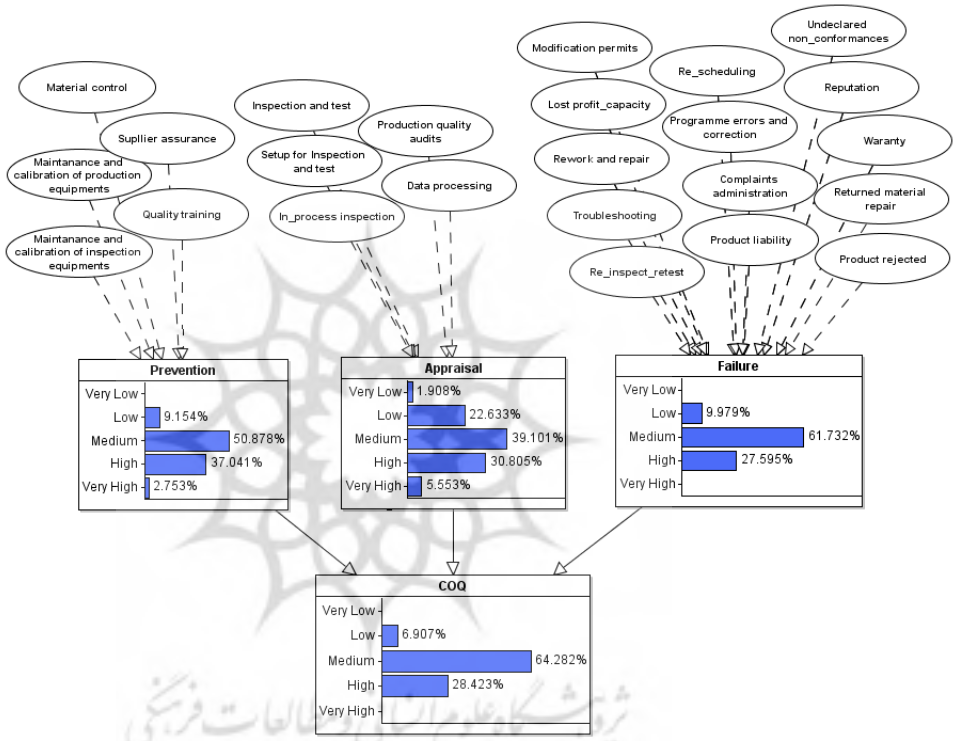
$$U(\text{Prevention}) = (0 * 100 + 9.154 * 75 + 50.878 * 50 + 37.041 * 25 + 2.753 * 0) = 4156.475$$
$$U(\text{Appraisal}) = (1.908 * 100 + 22.633 * 75 + 39.101 * 50 + 30.805 * 25 + 5.553 * 0) = 4613.45$$
$$U(\text{Failure}) = (0 * 100 + 9.979 * 75 + 61.732 * 50 + 27.595 * 25 + 0 * 0) = 4524.9$$

بدین ترتیب، گروه «پیشگیری» دارای بیشترین ریسک (کمترین مطلوبیت) بوده و به منظور تحلیل کمّی برگزیده می‌شود.

جدول شماره (۴): پارامترهای تشکیل دهنده هزینه‌های کیفیت در مطالعه موردی

زیرگروهPAF	پارامتر	P(Very low→Very high)
پیشگیری	۱. نگهداری و کالیبراسیون تجهیزات تولید	(۰/۰۵, ۰/۱۴, ۰/۲۶, ۰/۳۵, ۰/۲۰)
	۲. نگهداری و کالیبراسیون تجهیزات بازرسی	(۰/۱۰, ۰/۱۵, ۰/۳۴, ۰/۳۸, ۰/۰۳)
	۳. تضمین تأمین‌کننده	(۰/۲۱, ۰/۲۲, ۰/۲۷, ۰/۲۹, ۰/۰۱)
	۴. آموزش کیفیت	(۰/۰۴, ۰/۱۸, ۰/۲۶, ۰/۳۴, ۰/۱۴)
	۵. کنترل مواد	(۰/۱۲, ۰/۱۹, ۰/۳۱, ۰/۳۲, ۰/۰۶)
ارزیابی	۱. بازبینی و تست	(۰/۱۰, ۰/۱۲, ۰/۱۸, ۰/۳۶, ۰/۲۴)
	۲. هزینه راه‌اندازی بازرسی و تست	(۰/۰۵, ۰/۱۱, ۰/۳۳, ۰/۳۱, ۰/۰۲)
	۳. بازرسی در فرآیند	(۰/۱۴, ۰/۲۸, ۰/۲۴, ۰/۲۱, ۰/۱۳)
	۴. ممیزی کیفیت محصول	(۰/۱۰, ۰/۱۱, ۰/۲۳, ۰/۳۴, ۰/۲۲)
	۵. پردازش اطلاعات	(۰/۰۲, ۰/۱۶, ۰/۲۰, ۰/۳۸, ۰/۲۴)
شکست داخلی	۱. دوباره‌کاری و تعمیر	(۰/۰۶, ۰/۱۱, ۰/۲۵, ۰/۳۹, ۰/۱۹)
	۲. عیب‌یابی	(۰/۱۲, ۰/۲۰, ۰/۲۶, ۰/۲۴, ۰/۱۸)
	۳. بازرسی و تست مجدد	(۰/۱۸, ۰/۳۵, ۰/۲۴, ۰/۲۱, ۰/۰۲)
	۴. مجوزهای اصلاح	(۰/۰۵, ۰/۲۴, ۰/۳۹, ۰/۲۶, ۰/۰۶)
	۵. زمانبندی مجدد	(۰/۳۹, ۰/۲۹, ۰/۱۶, ۰/۱۱, ۰/۰۵)

	۶. تصحیح خطاهای برنامه	(۰/۱۱, ۰/۱۲, ۰/۱۴, ۰/۴۱, ۰/۲۲)
	۷. سود/ظرفیت از دست رفته	(۰/۱۵, ۰/۱۷, ۰/۲۱, ۰/۲۳, ۰/۲۴)
شکست خارجی	۱. مدیریت شکایات	(۰/۱۲, ۰/۱۴, ۰/۱۵, ۰/۲۰, ۰/۳۹)
	۲. تعهد محصول	(۰/۱۸, ۰/۲۱, ۰/۲۴, ۰/۲۰, ۰/۱۷)
	۳. ضمانت	(۰/۰۹, ۰/۲۱, ۰/۲۶, ۰/۲۶, ۰/۱۸)
	۴. اعتبار	(۰/۱۰, ۰/۱۹, ۰/۲۴, ۰/۲۷, ۰/۲۱)
	۵. شکست‌های اعلان نشده	(۰/۲۸, ۰/۲۶, ۰/۲۴, ۰/۲۱, ۰/۰۱)
	۶. تعمیر مواد برگشتی	(۰/۰۷, ۰/۱۹, ۰/۲۳, ۰/۲۹, ۰/۲۲)
	۷. برگشت/رد محصول	(۰/۰۶, ۰/۱۰, ۰/۳۱, ۰/۳۳, ۰/۱۹)



شکل شماره (۱): مدل BN برای مدلسازی هزینه‌های کیفیت PAF در شرکت نصر

پیش از ارائه مدلی جامع برای بررسی هزینه‌های کیفیت در گروه هزینه های پیشگیری، مدلی ساده (بخشی از مدل کلّی) را جهت تشریح روش ساخت، با استفاده از شبکه‌های بیزین هیبریدی، بیان می‌کنیم.

- **مدل پایلوت**

رویکرد ما برای تحلیل کمی هزینه‌های این گروه به این ترتیب است که ۱) عوامل وابسته به پارامترهای این گروه را وارد مدلسازی کنیم و ۲) هزینه هر پارامتر را در یک بازه زمانی (مثلا شش ماهه) برآورد کنیم. به عنوان مثال گره (پارامتر) «Supplier assurance» را در نظر بگیرید. این پارامتر می‌تواند وابسته به عاملی «محرک[۶]»مانند سطح کیفی تأمین‌کننده باشد. از طرف دیگر اندازه‌گیری متغیرهای پیچیده‌ای نظیر سطح کیفی تأمین‌کننده به طور مستقیم امکان‌پذیر نیست. برای این منظور نیاز به متغیری «اندیکاتور[۷]» مانند اعتبار تأمین‌کننده داریم تا از طریق آن به استنتاجی دقیق‌تر برای سطح کیفی تامین کننده برسیم.

شکل شماره (۴-الف) یک شبکه بیزین ساده با سه گره را نشان می‌دهد که پارامتر مذکور و متغیرهای محرک و اندیکاتور یاد شده را مدل می‌کند. این شکل نشان دهنده یک اتصال واگرا در BN است که استنتاج در آن از طریق رابطه (۳) صورت می‌گیرد.

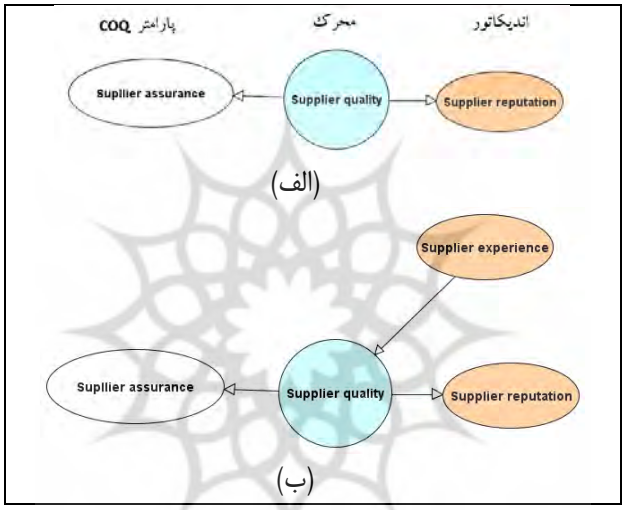
$$P(Sa, Sq, Sr) = P(Sa|Sq)P(Sr|Sq)P(Sq) \qquad (۳)$$

که در آن Sa، Sq و Sr به ترتیب نشان‌دهنده گره‌های «Supplier assurance»، «Supplier quality » و « Supplier reputation» هستند. از طرف دیگر، متغیر تجربه تأمین‌کننده می‌تواند به عنوان عاملی محرک جهت پیش‌بینی سطح کیفی تامین کننده وارد مدلسازی شود (شکل شماره ۴-ب). در این جا تجربه به عنوان تنها متغیر پیش‌بینی کننده سطح کیفی به حساب می‌آید و اعتبار نیز تنها اندیکاتور متأثر از سطح کیفی می‌باشد.

مرحله بعدی مدلسازی هزینه پارامتر مورد بررسی، برآورد احتمالات و توزیع‌های مربوطه است. گره‌های «Supplier quality» ، «Supplier reputation» و «Supplier experience» با سه حالت «Low»، «Medium» و «High» در نظر گرفته شده‌اند. توزیع«Supplier experience» از رتبه‌بندی تمامی تأمین‌کنندگان در سه رده با تجربه بالا، تجربه متوسط و تجربه کم و درصد تامین‌کنندگانی که در هر یک از این سه رده قرار می‌گیرند محاسبه شد:

$$P(Se = Low) = 0.286 \quad , \quad P(Se = Medium) = 0.524 \quad , \quad P(Se = High) = 0.190$$

متغیرهای «Supplier quality» و «Supplier reputation»با عدم‌اطمینان کمّی (5.0E-4) نتایج گره والد خود را منعکس می‌کنند.



شکل شماره (۲): مدلسازی وابستگی پارامتر تضمین تأمین‌کننده به محرک‌های سطح کیفی و تجربه و اندیکاتور اعتبار

گره «Supplier assurance» که نشان‌دهنده هزینه این پارامتر است، توزیعی پیوسته دارد و دارای جدول احتمالی شرطی است. به این ترتیب که به ازای هر یک از حالات گره والد آن، یک توزیع احتمالی با استفاده از نظر کارشناسی افراد و یا اطلاعات ثبت شده گذشته برآورد می‌گردد. در ادبیات مدیریت هزینه، این توزیع معمولاً بتا، مثلثی، لگ‌نرمال یا نرمال است. در این تحقیق، به دلیل سادگی و توانایی مدلسازی وضعیت‌های نامتقارن (Morgan & Henrion, 1990; Galway, 2007) توزیع مثلثی انتخاب شده‌است.

ابتدا مقادیر حداقل، محتمل‌ترین و حداکثرهزینه، به شرط هر یک از حالات گره والد، از کارشناسان دریافت می‌شود. سپس یک توزیع مثلثی به سه نقطه یاد شده فوق منطبق می‌گردد؛ اما به منظور حذف و خنثی کردن انحرافات و اریبی تخمین‌های ذهنی، فاصله بین دو نقطه کمترین و بیشترین را معادل ۹۰ درصد چگالی احتمال در نظر می‌گیریم. تحقیقات گذشته محققان نشان می‌دهد که گاهی داده‌های دنیای واقعی متغیرها خارج از محدوده کمترین و بیشترین قرار می‌گیرد (Perry & Greig, 1975; Selvidge, 1980). بر این اساس یکی از روش‌های حل این مشکل عبارت است از رویکرد پیرسن–توکی برای تخمین میانگین و واریانس توزیع احتمال انتخاب شده که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است(Keefer & Verdini, 1993):

$$\hat{\mu} = 0.63q_{0.5} + 0.185(q_{0.05} + q_{0.95}) \quad (۴)$$

$$\hat{\sigma}^2 = 0.63(q_{0.5} - \hat{\mu})^2 + 0.185[(q_{0.05} - \hat{\mu})^2 + (q_{0.95} - \hat{\mu})^2] \quad (۵)$$

که در آن $q_{0.05}$، $q_{0.5}$ و $q_{0.95}$ به ترتیب عبارتند از صدک‌های ۵، ۵۰ و ۹۵ درصد هستند. این صدک‌ها به همراه میانگین و واریانس توزیع مثلثی را می‌توان برای محاسبه پارامترهای این توزیع به کار برد. روش کار به این ترتیب است که باید سیستمی شامل معادلات (۴)، (۵) و یکی از معادلات انتگرالیِ غیرخطیِ زیر باشد:

$$\int_a^{q_{0.05}} f(x,a,b,c)dx = 0.05$$
$$\int_a^{q_{0.50}} f(x,a,b,c)dx = 0.5 \qquad (۳)$$
$$\int_a^{q_{0.95}} f(x,a,b,c)dx = 0.95$$

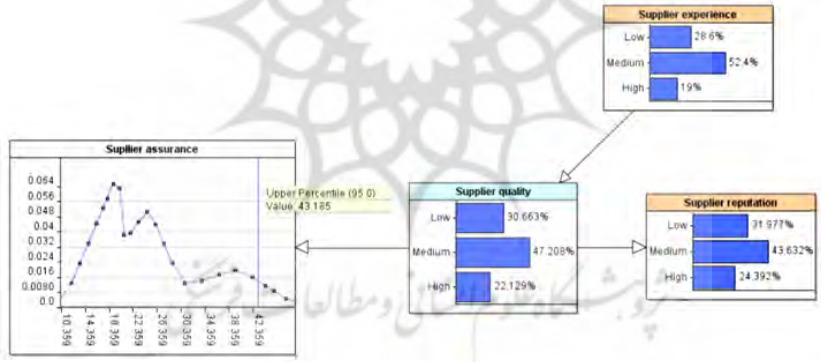
که برای حل دستگاه معادلات یاد شده، یک روش عددی ریشه‌یابی با عنوان الگوریتم لونبرگ–مارکوارت(Nocedal, 2000) استفاده شد.

به عنوان مثال توزیع‌های شرطی «Supplier assurance» به صورت جدول شماره (۵) به دست آمد (واحد هزینه میلیون ریال است و هزینه‌ها در دوره شش ماهه اول سال ۹۲ در نظر گرفته شده‌اند).

جدول شماره (۵): توزیع‌های شرطی گره Supplier assurance برای سه مقدار Supplier quality

Supplier quality	Supplier assurance
Low	Triangle (۲۰/۳,۴۰,۵۰/۱)
Medium	Triangle (۱۰/۸,۲۵,۳۰/۷)
High	Triangle (۱۰/۱۵,۲۰,۲۰/۹)

با ورود اطلاعات فوق در شبکه شکل (۴–ب)، مدل تحلیل کمی به صورت مدل پایلوت به دست می‌آید. پس از اجرای این شبکه در نرم‌افزار، خروجی اولیه به صورت نمایش شکل شماره (۵) می‌باشد.

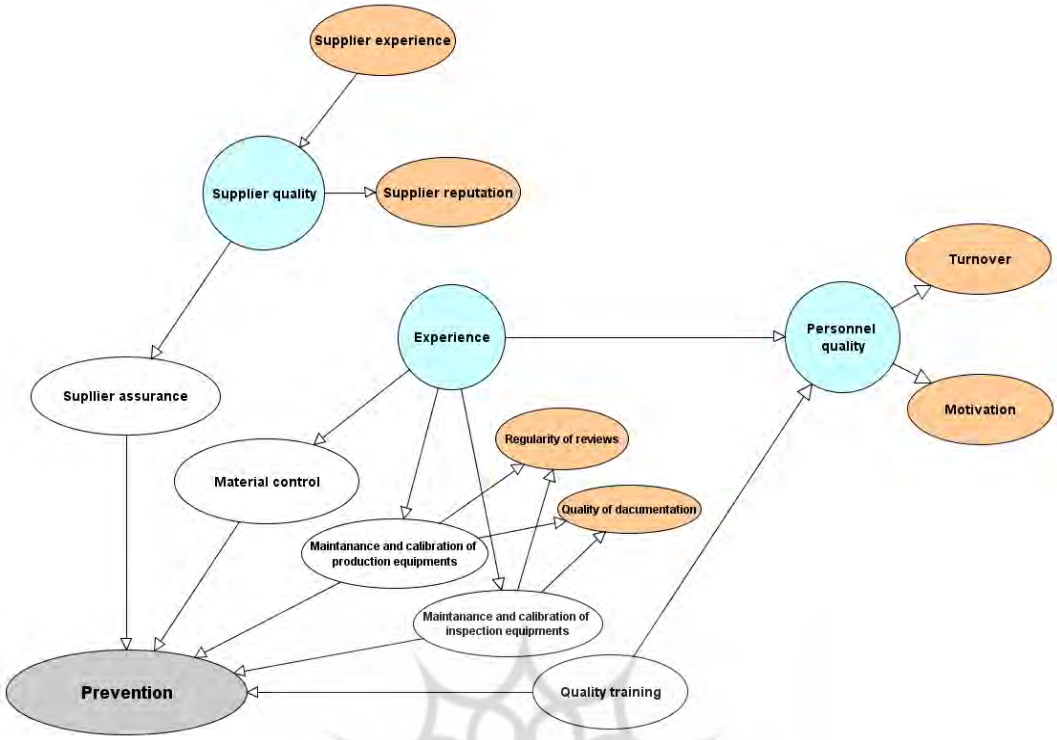


شکل شماره (۳): مدل پایلوت تحلیل کمی ریسک هزینه کیفیت در پارامتر تضمین تأمین‌کننده

بدون مشاهده‌ای در عوامل تجربه و اعتبار تأمین‌کننده، میانگین هزینه‌های کیفیت پارامتر مورد بررسی برابر ۲۵/۵۱۶ واحد است. در سطح اطمینان ۹۵٪ هزینه مربوطه بیشتر از ۴۳/۱۸۵ واحد نخواهد بود. با استفاده از منطق به کار برده شده در ساخت این مدل، تحلیل‌های متعددی برای بررسی هزینه‌های کیفیت امکان‌پذیر است که در مدل یکپارچه مطرح می‌شود.

- **مدل یکپارچه**

حال، به مدلسازیِ گروه منتخب از هزینه‌های کیفیت (Prevention) با پارامترهای آن که در مدل کیفی شناسایی شد، می‌پردازیم. با شناسایی محرک‌ها و اندیکاتورهای متناسب با سایر پارامترهای گروه پیشگیری، مدل علت و معلولی یکپارچه را توسعه داده‌ایم. ساختار گرافیکی مدل یکپارچه در شکل شماره (۶) نمایش داده شده‌است.



شکل شماره (۴): ساختار گرافیکی مدلسازی روابط علت و معلولی در پارامترهای گروه پیشگیری

متغیرهای کیفیت تأمین‌کننده «Supplier quality» و تجربه‌ی کارکنان «Experience» به عنوان عوامل محرک به مدل اضافه شده‌اند، و متغیرهایی نظیر انگیزه «Motivation» و اعتبارِ تأمین‌کننده «Supplier reputation» و خروج کارکنان «Turnover» به عنوان اندیکاتورهایی برای شناساییِ هر چه بیشتر محرکها هستند. توضیحات کاملِ متغیرها و پیکربندی آن‌ها در جدول شماره (۶) ارائه شده است و داده‌های مورد نیاز با استفاده از پرسشنامه و از طریق مدیریت و ۶ کارشناس شرکت نصر جمع‌آوری شده‌است.

جدول شماره (۶) :توضیحات متغیرها و پیکربندی آن‌ها در مدل علّی یکپارچه

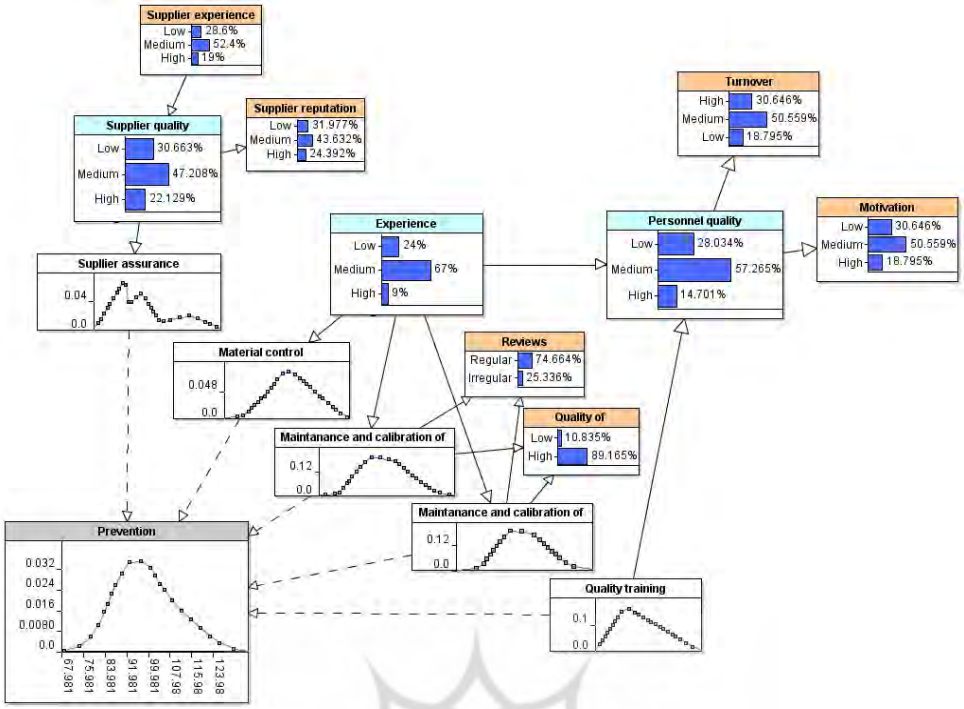
گره	شرح	نوع متغیر احتمالی و حالات	احتمالات
Experience	تجربه کارکنان عاملی محرک برای پارامترهای کنترل مواد، نگهداری و کالیبراسیون تجهیزات تولید و نگهداری و کالیبراسیون تجهیزات بازرسی است.	رتبه‌ای با سه حالت Low، Medium و High	P(Low,Medium,High) = (۰/۲۴,۰/۶۷,۰/۰۹)
Personnel quality	سطح کیفی کارکنان، نتیجه شده از سطح تجربه و میزان هزینه‌ی آموزش آنان(Fenton & Neil, 2007)	رتبه‌ای با سه حالت Low، Medium و High	شرطی و به ازای حالت‌های گره‌های والدین آن
Turnover	منظور خروج افراد از سازمان است که نشانه‌ای از ضعف منابع انسانی شرکت است	رتبه‌ای با سه حالت Low، Medium و High	با عدم‌اطمینان (۰.۰۰۰۵) نتایج گره والد خود را منعکس می‌کند
Motivation	انگیزه کارکنان، اندیکاتوری برای سطح کیفی کارکنان	رتبه‌ای با سه حالت Low، Medium و High	با عدم‌اطمینان (۰.۰۰۰۵) نتایج گره والد خود را منعکس می‌کند
Reviews	اندیکاتوری برای پارامترهای نگهداری و کالیبراسیون تجهیزات تولید و بازرسی است، که دو حالت منظم و نامنظم دارد به طوری که تقویت پارامترهای یاد شده باعث بهبود این متغیر به وضعیت منظم می‌گردد.	برنولی با دو حالت Regular و Irregular	P(Reviews=Regular|Parents nodes > mean value)=۱
Quality of documentation	اندیکاتوری برای پارامترهای نگهداری و	برنولی با دو حالت Low	P(Quality of documentation =High|Parents nodes >

	کالیبراسیون تجهیزات تولید و بازرسی است که دو حالت کم و زیاد دارد، به طوری که تقویت پارامترهای یاد شده باعث بهبود ابن متغیر به وضعیت زیاد می‌گردد	و High	mean value)=۱
Material control	هزینه پارامتر کنترل مواد در بازه زمانی مورد بررسی که بر حسب حالات تجربه کارکنان تخمین زده می‌شود. روش برآورد توزیع آن مشابه روشی است که برای تخمین گره « Supplier assurance» استفاده شد	پیوسته-مثلثی	μ=۳۶/۶۵۵ = /
Maintanance and calibration of production equipments	هزینه پارامتر نگهداری و کالیبراسیون تجهیزات تولید در بازه زمانی مورد بررسی که بر حسب حالات تجربه کارکنان تخمین زده می‌شود. روش برآورد توزیع آن مشابه روش تخمین گره «Supplier assurance»	پیوسته-مثلثی	μ=۱۴/۲۴۴ = /
Maintanance and calibration of inspection equipments	هزینه پارامتر نگهداری و کالیبراسیون تجهیزات بازرسی، که بر حسب حالات تجربه کارکنان تخمین زده می‌شود. روش برآورد مشابه روش تخمین گره «Supplier assurance»	پیوسته-مثلثی	μ=۱۲/۲۷۲ = /
Quality training	هزینه آموزش‌های کیفی در بازه زمانی مورد بررسی که خود باعث ارتقای سطح کیفی کارکنان می‌شود. روش برآورد توزیع آن مشابه روشی است که برای تخمین گره « Supplier assurance» استفاده شد	پیوسته-مثلثی	μ=۱۰/۷۴۳ =۲/۵۰۷
Prevention	هزینه گروه پیشگیری را منعکس می‌کند و برابر مجموع گره‌های والد خود است	پیوسته	Sum(Quality training+ Maintanance and calibration of inspection equipments+ Maintanance and calibration of production equipments+ Material control+ Supplier assurance)

پس از ورود اطلاعات برآورد شده‌ی فوق، مدل اجرا شده و سناریوی مبنا به صورت شکل شماره (۷) به دست آمده‌است. گره Prevention نمایشی است از تغییرپذیری محتمل هزینه‌های کلی بخش پیشگیری که نشان می‌دهد این بخش از هزینه به طور متوسط ۹۹/۴۵۵ میلیون ریال خواهد بود. طبق توزیع به دست آمده، این هزینه ممکن است تا ۱۳۶/۳۵ واحد هم افزایش داشته باشد. به عبارت دیگر:

$$P(Prevention<۱۳۶/۳۵)=۰/۹۵۵ \quad (۴)$$

I



شکل شماره (۱): سناریوی مبنا در تحلیل هزینه‌های کیفیت بخش پیشگیری–مدل کمی علت و معلولی

علاوه بر سناریوی مبنای شکل شماره (۷)، با اعمال سناریوهای مختلف، قابلیت‌های تحلیلی مدل را نشان می‌دهیم.

سناریوی (۱) عبارت است از :

$$\begin{cases} \textbf{Turnover} = \textbf{High} \\ \textbf{Motivation} = \textbf{Low} \\ \textbf{Experience} = \textbf{Low} \end{cases} \quad (۸)$$

شکل شماره (۸) نتیجه اعمال این سناریو را در مدل نشان می‌دهد. این سناریو ضمن پیش‌بینی سطح کیفی کارکنان، تغییرات محتمل در هزینه کیفیت بخش پیشگیری را پیش‌بینی می‌کند. سهمی از پیش‌بینی سطح کیفی کارکنان از طریق رابطه عامل تجربه کارکنان «Experience» و استفاده از استنتاج روبه جلو[1] یا علت به معلول[2] انجام می‌شود. سهم دیگر این پیش‌بینی از طریق رابطه عوامل انگیزه «Motivation» و خروج کارکنان «Turnover» و استنتاج روبه عقب[3] یا معلول به علت[4] انجام می‌شود.

با توجه به شکل شماره (۸) نمودار سمت راست (رنگ سبز) در گره Prevention مربوط به سناریوی (۱) است و دارای میانگین ۱۰۵/۳۹ است. از شکل توزیع جدید مشخص می‌شود که کشیدکی توزیع افزایش یافته و دامنه توزیع (انحراف واریانس) کاهش یافته است. این مطلب نشان دهنده کاهش عدم‌قطعیت توزیع است. به این معنی که در مدل پیشنهادی، امکان دقیق‌تر شدن پیش‌بینی ما از COQ با اطلاعات جدید وجود دارد.

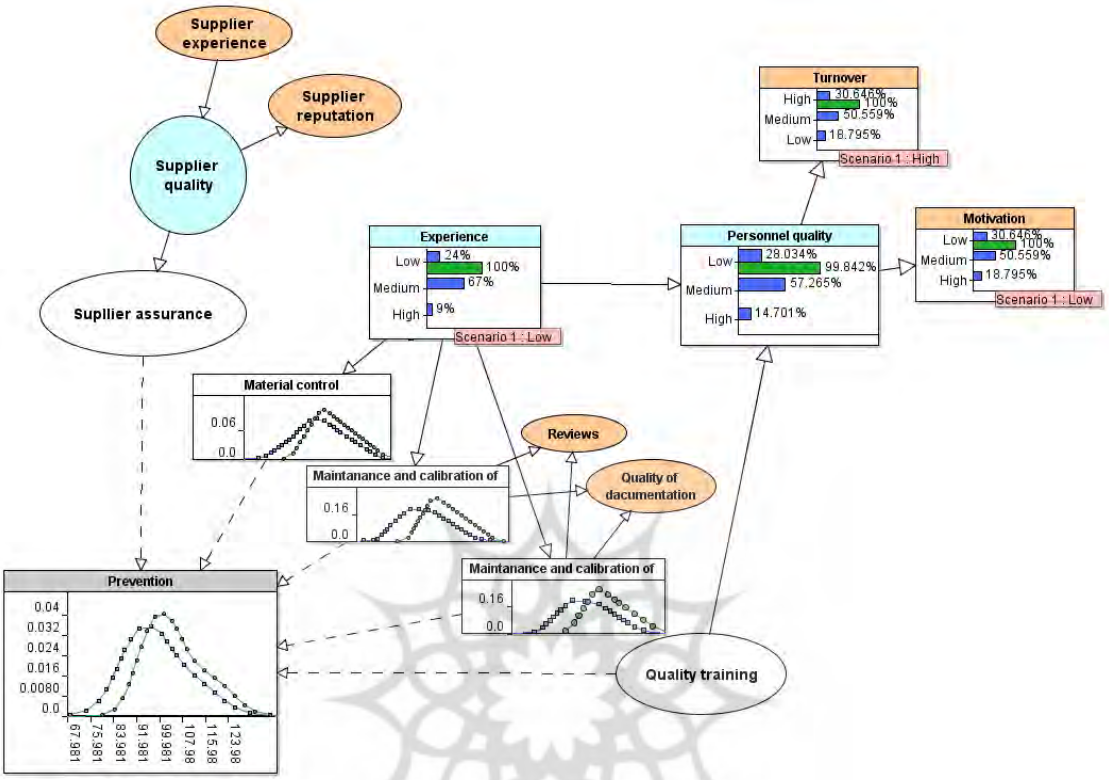
سناریوی (۲) علاوه بر مشاهدات سناریوی (۱)، اطلاعات جدیدی در مورد تامین کننده در نظر می‌گیرد:

$$\begin{cases} \text{Turnover} = \text{High} \\ \text{Motivation} = \text{Low} \\ \text{Experience} = \text{Low} \\ \text{Supplier experience} = \text{Medium} \\ \text{Supplier reputation} = \text{High} \end{cases} \quad (۹)$$

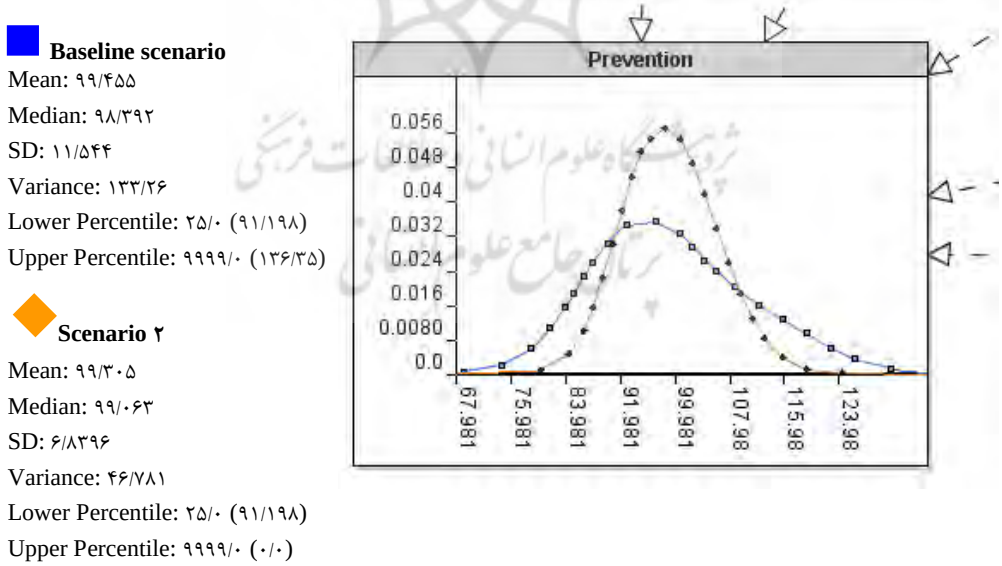
شکل شماره (۹) توزیع مربوط به گره Prevention را در سناریوی (۲) با سناریوی مبنا مقایسه می‌کند. همانطور که ملاحظه می‌گردد، تغییرپذیری (واریانس) این متغیر به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا کرده‌است. این درحالی است که میانگین توزیع

[1] Forward propagation
[2] Cause to effect
[3] Backward propagation
[4] Effect to cause

(تقریبا) تغییری نداشته است. این موضوع نشان می‌دهد که رویکرد پیشنهادی اجازه می‌دهد که با استفاده از مشاهدات مختلف در عوامل گوناگون نظیر اعتبار و تجربه تأمین‌کنندگان، تجربه و انگیزه کارکنان، به پیش‌بینی دقیق‌تری از متغیرهای کلان مانند هزینه‌های کیفیت برسیم.



شکل شماره (۶): سناریوی ۱، بررسی تغییرات هزینه کیفیت با مشاهده عوامل «انگیزه»، »خروج افراد» و «تجربه»



شکل شماره (۷): کاهش چولگی و ریسک COQ با وارد کردن مشاهدات جدید

برای تشریحِ بیشترِ مسأله عدم‌قطعیت، دو پارامتر مُد و چولگی توزیع‌های شکل شماره (۹) را مورد توجه قرار می‌دهیم. با اینکه مُد (به عنوان محتمل‌ترین مقدار) در توزیع هر دو سناریو تقریبا ۹۵ واحد است، در سناریوی ۲ این مقدار با ارتفاعِ زیادِ قله‌ی توزیع نسبت به سناریوی مبنا، حاصل شده‌است. به این ترتیب که، مُدِ هزینه‌ها (حدوداً ۹۵ میلیون ریال) با احتمالِ بیشتری(۰/۰۵۶) نسبت به سناریویِ مبنا (۰/۰۳۲)، پیش خواهد آمد. به عبارت دیگر دامنه تغییرات (یعنی عدم قطعیت) این متغیر کمتر شده است.

۳- نتایج و بحث

با گسترش روز افزون مباحث مربوط به سازمان تجارت جهانی و پیوستن تدریجی کشورهای مختلف به این سازمان، لزوم توجه به تکنیک‌های مدیریت هزینه بیش از پیش احساس می‌شود. امروزه قیمت و کیفیت از مهم‌ترین مزیت‌ها در صنایع به شمار می‌آیند. از اینرو ارزیابی رابطه بین این دو مزیت رقابتی در سال‌های اخیر به ویژه در صنایع پیشرو در کشورهای صنعتی بسیار مورد بحث بوده است. این که فقدانِ کیفیت چه تأثیری بر هزینه و درآمد شرکت و متعاقباً قیمت محصولات خواهد داشت، بحث هزینه‌های کیفیت را جایگاهی ویژه بخشیده است. از اینرو بهبود کیفیت به عنوان بهترین راه برای افزایش رضایت مشتری، کاهش هزینه‌های تولیدی و افزایش بهره‌وری شناخته شده‌است.

مدل پیشگیری–ارزیابی–شکست (PAF) به عنوان رایج‌ترین رویکرد برای تعیین هزینه‌های کیفیت شناخته شده است. اما در آن عدم اطمینان پارامترهای COQ در نظر گرفته نشده است. علاوه بر آن، علّیت موجود در متغیرهای تاثیرگذار بر هزینه کیفیت ، به دلیل دشواری محاسبه و بررسیِ پارامترهای غیرعینی، نادیده گرفته شده‌اند. از این رو، رویکرد جایگزین مطرح شده در این پژوهش، استفاده از داده‌های ذهنی و استنتاج متغیرهای مجهول از طریق روابط علّی با استفاده از شبکه‌های بیزین بوده است.

در این تحقیق رویکرد PAF با روش شبکه‌های بیزین ترکیب، و مدلی احتمالی جهت ارزیابی هزینه‌های کیفیت توسعه یافت. در رویکرد پیشنهادی، ابتدا توسط مدلی کیفی به اولویت‌بندی گروه‌های سه‌گانه PAF پرداخته شد و سپس مدلی کمّی جهت تحلیل عددی پارامترها و عوامل کیفی تأثیرگذار در گروه منتخب ارائه گردید. روش پیشنهادی پارامترهای مهم COQ را جهت اثربخشی برنامه‌های بهبود شناسایی کرده است. علاوه بر آن خروجیِ مدل جدید، عدم‌قطعیت (مقادیر محتمل) هزینه‌های کیفیت را به نمایش گذارده و امکان تحلیلِ آینده محتمل را از طریق تحلیل سناریو فراهم آورده‌است.

مدل کمّی یاد شده، تنها در گروه با اولویت بالا، یعنی پیشگیری، توسعه داده شد. با این حال رویکردی مشابه در سایر گروه‌های مدل PAF قابل پیاده‌سازی است. شناسایی و افزودن پارامترهای مؤثر دیگر، می‌تواند شرایط مدل را به دنیای واقعی نزدیکتر سازد و راهگشای پژوهش‌های آتی باشد.

۴- منابع

1- Carr, L. P. (2012). Applying the cost of quality to a service business. Image.
2- Chin, K.S., Tang, D.W., Yang, J., B., Wong, S. Y., & Wang, H. (2009). Assessing new product development project risk by Bayesian network with a systematic probability generation methodology. Expert Systems with Applications, 36(6), 9879-9890.
3- Dale, B. G. (1999). Quality costing: Gower Publishing, Ltd.
4- feigenbaum, A. V. (1956). Total quality control. Harvard Business Review, 34(6), 93.
5- Fenton, N. E., & Neil, M. D. (2007). Managing risk in the modern world: applications of Bayesian Networks: London Mathematical Society.
6- Galway, L. A. (2007). Subjective probability distribution elicitation in cost risk analysis: A review (Vol. 410): RAND Corporation.
7- Harington, H. (1998). Poor Quality Cost Concept (Fifth Edition ed.): McGrawHill.
8- Heagy, C. D. (1991). Determining optimal quality costs by considering cost of lost sales. Journal of Cost Management, 5(3), 64-72.
9- Heckerman, D. (1997). Bayesian networks for data mining. Data mining and knowledge discovery, 1(1), 79-119.
10- Heckerman, D., Mamdani, A., & Wellman, M. P. (1995). Real-world applications of Bayesian networks. Communications of the ACM, 38(3), 24-26.
11- Juran, M, J. (1998). Juran s quality handbook. NY.: McGraw-Hill.
12- Juran, J., Gryna, F., & Bingham, R. (1975). Quality Control Textbook: McGraw-Hill, New York.
13- Keefer, D. L., & Verdini, W. A. (1993). Better estimation of PERT activity time parameters. Management Science, 39(9), 1086-1091.

14- Modarress, B., & Ansari, A. (1987). Two new dimensions in the cost of quality. International Journal of Quality & Reliability Management, 4(4), 9-20.
15- Morgan, M. G., & Henrion, M. (1990). Uncertainty: a Guide to dealing with uncertainty in quantitative risk and policy analysis Cambridge University Press. New York, New York, USA .
16- Nadkarni, S., & Shenoy, P. P. (2004). A causal mapping approach to constructing Bayesian networks. Decision Support Systems, 38(2), 259-281.
17- Neil, M., Tailor, M., Marquez, D., & fenton, N. (2008). Modelling dependable systems using hybrid Bayesian networks. Reliability Engineering and System Safety, 93(2008), 6.
18- Nocedal, J. (2000). Wright S1. Limited-Memory Quasi-Newton Methods: Numerical Optimization: New York: Mikosch TV, Resnich SI, Robinson SM.
19- Pearl, J. (1987). Evidential reasoning using stochastic simulation of causal models. Artificial Intelligence, 32(2), 245-257.
20- Perry, C., & Greig, I. (1975). Estimating the mean and variance of subjective distributions in PERT and decision analysis. Management Science, 21(12), 1477-1480.
21- Selvidge, J. (1980). Assessing the extremes of probability distributions by the fractile method. Decision Sciences, 11(3), 493-502.
22- Tatikonda, L. U., & Tatikonda, R. J. (1996). Measuring and reporting the cost of quality. Production and Inventory Management Journal, 37, 1-7.
23- Teeravaraprug, J. (2004). Quantification of Tangible and Intangible Quality Costs.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی