

# طراحی الگویی برای برآورد هزینه های کیفیت محصولات معیوب در فرایند های جریان کارگاهی

نویسندگان: مهدی کرباسیان\*<sup>۱</sup>، عادل زنده<sup>۲</sup>، مریم جعفری<sup>۳</sup>

۱. استادیار دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی مالک اشتر

۲. کارشناس ارشد مدیریت صنعتی

۳. کارشناس ارشد مهندسی صنایع

\* Email: mkarbasi@mut-es.ac.ir

## چکیده

قیمت و کیفیت از جمله مهمترین مزیت های رقابتی در صنایع امروز می باشند که بررسی رابطه بین این دو مزیت در سال های اخیر به خصوص در صنایع پیشرو بسیار مورد بحث قرار گرفته است، به ویژه اثرات رتبه کیفی پایین بر روی قیمت محصولات و متعاقباً درآمد شرکت و همچنین هزینه های لازم جهت حصول کیفیت مطلوب و در نتیجه هزینه یابی کیفیت با محوریت موازنه قیمت و کیفیت دارای اهمیت بسزایی است.

این مقاله به بررسی هزینه های کیفیتی که تحت تأثیر فرایندهای جریان کارگاهی از کیفیت پایین و نامطلوب محصول برخوردار می باشد پرداخته است. همچنین با بکارگیری داده های غیر قطعی [احتمالی] به برآورد میزان ارزشی [ریالی] هزینه کیفیت می پردازد. تخمین این نوع هزینه ها خود می تواند باعث پیشنهاد استراتژیهای مناسبی در حوزه هزینه های ارزیابی و پیشگیرانه شده و در مجموع کاهش هزینه های کیفیت را در بر داشته باشد. در پایان، این مدل در یک کارگاه تولیدی در صنعت مهمات سازی مورد استفاده و نتایج آن تحلیل شده است.

**واژگان کلیدی:** هزینه یابی کیفیت، کیفیت پایین، هزینه های خرابی، فرایند جریان کارگاهی

## دانشور

رفتار

مدیریت و پیشرفت

Management and achievement

• دریافت مقاله: ۸/۸/۱۱

• پذیرش مقاله: ۲۲/۴/۸۹

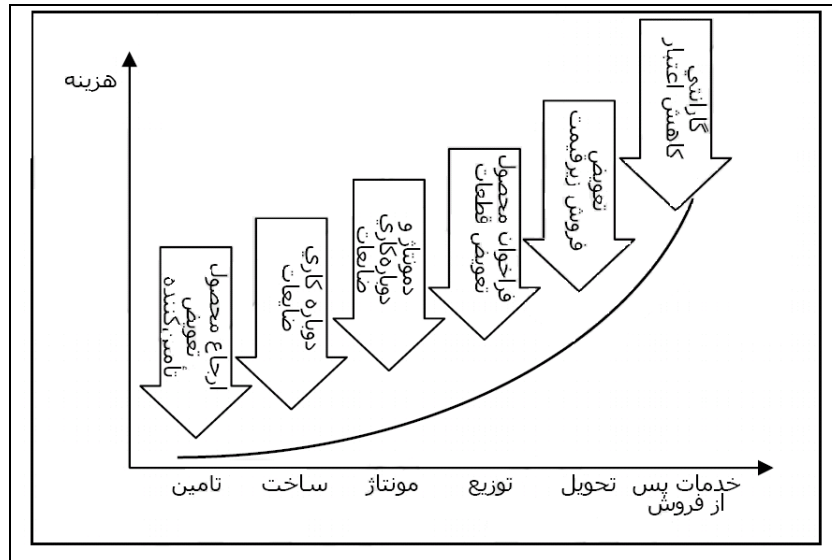
Scientific-Research  
Journal of  
Shahed University  
Eighteenth Year  
No. 47-2  
Jun.Jul.2011

دوماهنامه علمی - پژوهشی  
دانشگاه شاهد  
سال هجدهم - دوره جدید  
شماره ۲-۴۷  
تیر ۱۳۹۰

## ۱- مقدمه

همچنین تمامی هزینه های صرف شده برای اینکه محصول یا خدمت نامنطبق به سطحی قابل فروش برسد را نیز شامل می شود. شکل ۱- این هزینه ها را نمایش می دهد (۱).

محصولاتی که از نظر کیفیت مطلوب نیستند هزینه های مختلفی برای سازمان ایجاد می کنند. این هزینه ها، اختلاف قیمتی که به واسطه افت کیفیت محصول بین قیمت فروش عادی و کاهش یافته، به وجود می آید



شکل ۱. هزینه های رتبه پایین کیفیت در چرخه تولید

اثر گذاری عوامل غیر قطعی تعیین کرد و بنابراین هدف کلی این تحقیق عبارت است از ایجاد یک مدل احتمالی / هزینه ای [به علت قطعی نبودن داده ها] برای محاسبه هزینه های پنهان شکست داخلی.

اهداف کاربردی این تحقیق می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- برآورد راندمان بخشهای مختلف و مقایسه با دیگر بخشهای سازمان.

- ارزیابی نحوه عملکرد و مقایسه با دیگر سازمانها.

- مشخص نمودن موارد عدم تطابقی که بوسیله روشهای حسابداری قابل بررسی نیستند.

- عاملی برای کنترل و بهبود هزینه های شکست.

- واقعی تر شدن سنجش اقدامات اجرائی و فعالیتهای اصلاحی.

به طور کلی سه دیدگاه اصلی در مورد تعریف هزینه های کیفیت<sup>۱</sup> وجود دارد که عبارتند از:

- هزینه های رسیدن به کیفیت مطلوب از طریق طراحی و سازماندهی

- هزینه های عملیاتی واحد کنترل کیفیت (تجهیزات، حقوق و دستمزد و...)

- هزینه هایی که از کیفیت پایین و نامطلوب محصول<sup>۲</sup> ناشی می شود. (۲)

در این مقاله با بررسی هزینه های کیفیتی از دیدگاه سوم، با استفاده از داده های غیر قطعی به برآورد میزان ارزشی (ریالی) هزینه کیفیت در فرایندهای جریان کارگاهی پرداخته می شود.

سؤال اصلی در این پژوهش این است که آیا می توان الگو و مدلی برای هزینه های شکست داخلی، با توجه

<sup>۱</sup> Cost of Quality (COQ)

<sup>۲</sup> Cost Of Poor Quality (COPQ)

و اما استقرار سیستم COQ از یک فرایند چند مرحله ای تشکیل شده است :

گام ۱: آماده سازی ، این مرحله شامل مجموعه فعالیت هایی است که باید به دقت طرح ریزی شوند و به طور نظام مند انجام گردند تا اساس و بنیاد قابل اطمینانی برای سیستم هزینه کیفیت در شرکت ایجاد گردد .

گام ۲: تعیین هزینه موارد عدم انطباق

گام ۳: جمع آوری داده های سیستم COQ

گام ۴: تجزیه و تحلیل داده های هزینه کیفیت

گام ۵: بهبود کیفیت و کاهش هزینه ها

گام ۶: بهبود مستمر در عملکرد سیستم COQ

با این اوصاف در سال ۱۹۶۳ ، وزارت دفاع آمریکا ، استاندارد ۹۸۵۸-۱ MIL-Q ، الزامات برنامه کیفی و هزینه های مربوط به کیفیت را به عنوان یک الزام در بسیاری از قرارداد های دولت و پیمانکاران ، بکار گرفت. این مدرک ، توجه بیشتری را معطوف به محاسبه هزینه های کیفیت نمود ولی صرفاً ارائه دهنده راهی معمولی برای اجرا و استفاده از آن به شمار می رفت . در هر صورت علاقه مندی لازم در این خصوص را ایجاد کرد.

نشریه مؤسسه استاندارد انگلستان تحت عنوان ۶۱۴۳

BS راهنمای تعیین و به کار گیری هزینه های مرتبط با کیفیت در سال ۱۹۸۱ به تقلید از کتابچه هزینه های کیفیت چه و چگونه ، انتشار یافت که ابتدا دارای نواقص متعددی ناشی از خلاصه کردن کتابچه فوق بود تا اینکه پس از بررسی مجدد و تکمیل در دو بخش با نامهای " الگوی هزینه یابی فرایند " و " راهنمای اقتصاد کیفیت " تدوین شد . بخش دوم شامل اطلاعات کلی در زمینه هزینه یابی کیفیت می باشد که در سال ۱۹۹۰ تکمیل شد و شاید بهتر بود بخش اول نام می گرفت . بخش اول نیز از روش کرازبی در طبقه بندی هزینه ها در قالب تطابق و عدم تطابق استفاده می کند و برای تسهیل طبقه بندی کمک می کند . این بخش استاندارد ابزار قدرتمندی است و در سال ۱۹۹۲ تدوین شده است .

در مورد طراحی مدل هایی برای برآورد هزینه های کیفیت در مقابل عقاید سنتی ، عقاید جدید کیفیت بر پایه

- واقعی تر شدن ارزیابی اثر فعالیتهای مدیریت [مانند کاهش ضایعات] نسبت به هزینه های انجام شده در این راه.

- استفاده از هزینه های کیفیت به عنوان ابزاری جهت طرح ریزی و کنترل این نوع هزینه ها در برابر اهداف و استانداردها.

- استفاده از هزینه های کیفیت به عنوان عاملی برانگیزاننده ، که مدیران ارشد را به بهبود کیفیت و شرکت در آن علاقمند کند.

به منظور اندازه گیری هزینه های کیفیت لازم است ابتدا اجزای هزینه های کیفیت شناسایی و طبقه بندی شده، سپس کلیه هزینه های مرتبط با کیفیت بر اساس آمار داده های هزینه ای موجود یا طرح مدون جمع آوری اطلاعات، مشخص و در قالب طبقه بندی شده دسته بندی شوند. تنها در این صورت است که می توان راهکارهای مناسبی برای کاهش و حذف هزینه های عمده کیفیت ارائه و پیاده سازی نمود (۳). در ادامه خلاصه ای از روند تاریخی بررسی و چگونگی محاسبه هزینه های کیفیت ارائه شده است.

## ۲- مدل های برآورد هزینه های کیفیت

می توان هزینه کیفیت را جزئی از سیستم مدیریت کیفیت جامع دانست زیرا هزینه کیفیت یک سیستم سنجش عملکرد کسب و کار است که اثرات اطمینان یا عدم اطمینان مشتریان نسبت به دریافت بهترین کیفیت کالا و خدمات را از طریق شاخص های پولی ، کمی کرده و اندازه گیری می نماید . از طرف دیگر از دیدگاه یک سیستم کیفیت جامع ، محاسبه ، تحلیل و کاهش هزینه های کیفیت ، بخشی از یک چرخه چهار مرحله ای محسوب می شود که طرح ریزی کیفیت ، حل مساله و کنترل کیفیت فرایند ، سایر مراحل آن به شمار می روند . در این چرخه ، طرح ریزی کیفیت ، برنامه های کیفی سازمان را تعیین کرده و زمانبندی می نماید . سپس سیستم COQ به شناسایی و تجزیه و تحلیل هزینه های کیفیت مرتبط به طرح کیفیت می پردازد .

فلسفه ای از بهبود مستمر قرار می گیرد و نیازهای مشتریان را برآورد می نماید. تحت این روش، مدیریت درک می کند که تولید با کیفیت می تواند دارای اثرات هزینه ای باشد، اما فواید ترخیص محصولات و سرویسهای با کیفیت در بعضی حالات خیلی بیشتر از هزینه های بوجود آمده است (۴).

انتخاب تأمین کنندگان بر پایه اطلاعات در مورد هزینه های سیکل عمر صورت می گیرد نه فقط بر پایه هزینه های اولیه. تنظیمات و تخصیص ها به منظور افزایش اعتبار و توانایی اطلاعات (COQ)، برای سیستم های محاسبات هزینه ای و سیستم های مدیریت هزینه صورت می گیرند. بالاخره، تحت اعتقاد جدید، اطلاعات COQ به عنوان یک ابزار مدیریتی در ارزیابی هزینه ها و ردگیری هزینه ها استفاده می شوند. این روش شامل دیدگاه باز سیستمی از سازمان است. این دیدگاه از عکس العمل مشتریان و تأمین کنندگان حمایت می کند، چرا که سازمان سعی دارد که کارائی داخلی و اثر بخشی استراتژیک خارجی را بهبود بخشد. (۵)

با توجه به عقیده جدید کیفیت و اصطلاحات COQ دسته بندی های قراردادی متفاوتی شکل گرفته است. جوران به دو نوع هزینه کیفیت اشاره می کند، هزینه های کنترل که شامل دسته بندی هزینه های پیشگیری و ارزیابی است و هزینه های شکست که شامل هم هزینه های شکست داخلی و هم هزینه های شکست خارجی است (۱)

فیلیپ کرازبی، مشاور کیفیت آمریکائی روی دسته بندی قیمت تطابق و قیمت عدم تطابق تأکید دارد که این برتریب به دسته های پیشگیری / ارزیابی و شکستهای داخلی / خارجی ترجمه می گردد (۱)

فیگن بام هزینه کنترل [مطابق با پیشگیری و ارزیابی] و هزینه شکست کنترل [مطابق با دسته بندی های شکست] را بکار می گیرد همانطور که جیمز هارینگتون از متغیرهای قابل کنترل [پیشگیری و ارزیابی] و متغیرهای غیر قابل کنترل [شکست داخلی و خارجی] نام می برد (۱)

بر اساس مباحث طرح شده، می توان نام های متفاوتی را برای توصیف هزینه های مرتبط با کیفیت استفاده نمود در حالیکه بطور کلی توافق روی پایه و اساس دسته بندی های COQ وجود دارد و در نتیجه عمومی ترین دسته بندی های ارائه شده در ادبیات COQ عبارتند از: پیشگیری، ارزیابی، شکست داخلی و شکست خارجی (۱)

در بحث مدل های مفهومی هزینه های کیفیت دو مبحث مدل های عمومی هزینه کیفیت و یکپارچه سازی اختلاف نقطه نظرات در این مورد، دارای اهمیت می باشند، که در ذیل به آنها پرداخته شده است:

در کوششی برای بیان ماهیت، رفتار و خصوصیات COQ، برخی مدل های اقتصادی و ریاضی بوجود آمده و منظور شده اند. این مدلها در عمق، قلمرو و پیچیدگی بسیار متفاوتند. یاسین وهمکاران، اشاره کردند که حداقل ۲۰ مدل تحلیلی در دو دهه گذشته بوجود آمده است، در صورتیکه بهره بردان اصلی مدل ها [اساساً حرفه ای های کیفیت و مدیران شغلی]، خیلی کم مورد استفاده واقع شده اند. (۶)

دو مدل اقتصادی استاندارد توسط کمیته هزینه های کیفیت انجمن آمریکائی کنترل کیفیت (ASQC) مفصلاً تشریح گردید. این دو مدل عبارتند از مدل سنتی هزینه های کیفیت و مدل فرایند های آشکار از هزینه های کیفیت بهینه می باشند. اگر چه اعتبار و کاربرد عملی این مدل ها تحقیق شده اند، اما جهت ارائه خصوصیات COQ و تعامل ها بکار گرفته می شوند. (۶)

چند نکته مهم می بایست با توجه به فرضیات پایه ای این مدل مطرح گردد. اول اینکه شیب و مسیر منحنی هزینه های پیشگیری و ارزیابی اشاره می کند که هیچ مقداری از هزینه های پیشگیری و ارزیابی، بدون توجه به قلمرو و بزرگی، نمی تواند یک محصول نهائی ۱۰۰٪ تطابق کیفیت قرار گیرد، می بایست هدف قرار داده شود. بالاخره مدل اشاره می کند که در اینجا یک مبادله بین هزینه های پیشگیری و ارزیابی با هزینه های شکست بوجود می آید. (۶)

هزینه نظارت، هزینه بازرسی محصول و هزینه ضرر بخاطر انحراف از شکل طراحی مورد هدف می باشد. عنصر دوم، هزینه دستیابی به یک سطح بهبود یافته از تطابق را محاسبه می کند و به هزینه پرواکتیو<sup>۲</sup> مصطلح است. این عنصر هزینه تغییرات طراحی شده برای فرایند را بعنوان قسمتی از کوشش های مستمر برای بهبود تطابق اش را محاسبه می کند.

در این مدل با استفاده از اقتصاد مهندسی پیشرفته، دو تابع هزینه برای بدست آوردن ارزش خالص از چنین بهبودی ترکیب شده است. (۷)

گانشان و همکاران در مقاله خود اشاره کرده اند که هرچند که در طی مطالعات چندی تقابل بین اقتصاد تولید و کیفیت فرایند، آنالیز شده است، بیشتر آنها کیفیت را از یک پرسپکتیو سنتی نگریسته اند. دیدگاه های اخیر روی کیفیت نشان داده است که چنین تعاریفی بطور زیادی هزینه های کیفیت ضعیف را تخمین می زند و بنابر این به تصمیمات زیر بهینه منتج می شوند. (۸)

این مقاله تجدید دوباره این تقابل از اقتصاد تولید با کیفیت فرایند از یک دیدگاه غیر سنتی واقع بینانه تر به نام دیدگاه هزینه کیفیت "تاگوچی" می باشد. آن ها امکان سرمایه گذاری در یک فرایند برای کاهش واریانس آن فرایند را بررسی کرده اند: هر چند چنین سرمایه گذاری سهم خرابی ها را کاهش می دهد، اما وقتی به اندازه کافی بزرگ باشد با توجه به ضرر تاگوچی هزینه نگهداری موجودی را افزایش می دهد. این مدل، سطح بهینه از موجودی و اندازه ساینز تولید که مجموع موجودی و هزینه های مرتبط با کیفیت را حد اقل کند را اندازه می گیرد (۸).

### ۳- معرفی مدل توسعه یافته

مدل توسعه داده شده در این مقاله فرض بر این دارد که در هر ایستگاه تنها یک ماشین [ برای فعالیتهای ماشینی ] و یا یک کارگر [ برای فعالیتهای انسانی ] وجود دارد همچنین در هر ایستگاه کاری تنها خرابی های همان

در مقابل تصدیق و پذیرش متداول از این مدل COQ سنتی، انتقادات زیادی از ساختار، مفاهیم و فرضیاتش وجود دارد. یاسین و همکاران، اشاره کردند که "دمینگ و دیگران از این مدل روی دو زمینه انتقاد کردند: اول اینکه، آنها معتقدند که یک نقطه COQی بهینه وجود ندارد. دوم اینکه، آنها مشاهده کردند که زمانیکه COQ، نقائص فرایند یا محصول را در معرض قرار نمی دهد، مبادله های پیشگیری / ارزیابی و شکست هیچ فایده ای برای مدیریت فراهم نمی کند. این منتقدان، اعتقاد دارند که زمانیکه هزینه های زیاد عدم تطابق نمی تواند اندازه گیری از کیفیت را در این روش توجیه کند، شرکتها نباید از این مدل بعنوان یک پایه برای اندازه گیری کیفیت استفاده نمایند. (۶)

علاوه بر این، پیشنهاد شده است که مدیرانی که سعی در پیدا کردن یک نقطه تبادل بهینه دارند، در عمل اهداف نادرستی را تعقیب می کنند، آنها می بایست بجای آن کوششهایشان را برای کمک به حذف همه خرابیها و انجام دادن کارهای درست در ابتدای کار متمرکز کنند (۶).

وهبا و همکاران، در تحقیقی مدل جدیدی برای هزینه های کیفیت منظور کردند که مقدار بهبود مستمر فرایند در دستیابی به عملیات اقتصادی را محاسبه می کند. این مدل با ترکیب دو تابع هزینه ای توسعه داده می شود، اولی هزینه های مرتبط با کیفیت را در مواجهه با یک سطح ثابت از عملیات در تعمیرات محاسبه می کند و دومی هزینه بهبود مستمر را محاسبه می نماید. با استفاده از اقتصاد پیشرفته، دو تابع هزینه مونتاژ شده اند و یک معیار اقتصادی برای ارزیابی بهبود آلترناتیوها بوجود آمده است. مثال های عددی برای روشن کردن کاربرد بالقوه و کاربرد اجرائی مدل استفاده شده است (۷).

این مدل شامل دو عنصر هزینه ای اصلی است. یکی اصطلاحاً هزینه راکتیو<sup>۱</sup> نامیده شده است که هزینه های کیفیت مربوطه را زمانی که در سطح ثابتی از عملیات قرار داده شده است، محاسبه می کند. هزینه راکتیو شامل

<sup>2</sup> Proactive Cost

<sup>1</sup> Reactive Cost

استفاده از تخمین زنده های موجود و بهینه آماری برآورد می گردند.

هر افزایش در هزینه های پیشگیری،  $p_S i$  را با یک نرخ کاهشی بهبود می دهد و همچنین  $q_i$  را نیز بطور غیر مستقیم افزایش می دهد.

هزینه های ارزیابی در ارتباط با بازرسی قطعه، آزمون و ممیزی سیستم می باشند (۲) که جهت تعیین مطابقت یا عدم مطابقت مشخصه های محصول با ویژگی های کیفی مورد نظر پرداخت می گردد.

هر افزایش در هزینه های ارزیابی، اثر آزمون های تطابق با کیفیت و روش ها را بهبود خواهد داد و به همین ترتیب احتمال آشکارسازی خرابیها یعنی  $q_i$  را نیز افزایش می دهد (۲).

تعداد قطعات سالم تولید شده در ایستگاه  $i$  [کارگر  $i$ ] بستگی به  $p_S i$  دارد. قطعات بد یا ناکامل تشخیص داده شده و کنار گذاشته می شوند و یا برای دوباره کاری به ایستگاه  $i$  برمی گردند. تعداد قطعاتی که به ایستگاه  $i+1$  فرستاده می شوند به  $p_S i$  بستگی دارد و  $p_S i$  نیز بستگی به میزان تلاش های پیشگیرانه یک شرکت در مورد کارگران و سیستم کیفیت دارد، مانند تلاش هایی در زمینه آموزش و یادگیری، طراحی کیفیت و گزارش دهی، تحصیل اطلاعات کیفی و تحلیل آنها، بهبود محصول و طراحی فرایند و کنترل و غیره، و این اعمال بطور مساعدی برای بهبود  $p_S i$  انجام می شوند (۲).

اگر احتمال  $q_i$  نیز در مورد بازرسی و یا کارگر در نظر گرفته شود، این نکته را باید در نظر داشت که در اثر احتمال  $q_i$  پائین ممکن است تعدادی قطعه خراب به ایستگاه بعدی فرستاده شود.

شکل های ۲ و ۳ جریان کار را تحت ایستگاه های ۲ و ۳ نشان می دهند و شکل ۴ نیز جریان کار را در ایستگاه  $k$  نشان می دهد.

ایستگاه شکار می شوند و خرابی های ایستگاه های قبلی تشخیص داده نمی شوند.

از آنجا که این هزینه ها با یکدیگر مرتبط می باشند، لذا برای مدل بندی آن ها ابتدا تعاریف و فرضیات زیر در نظر گرفته شده و سپس توابع هزینه ای مربوط به آنها در ادامه محاسبه گردیده است:

$Q$ : تعداد کل واحدهای تولید شده

$y_i$ : تعداد کل قطعات فرستاده شده از ایستگاه  $i$  به ایستگاه  $i+1$

$m$ : تعداد ایستگاه های کاری [کارگرها] که می توانند باعث خرابی شوند یعنی تعداد فرصت ها برای شکست در هر قطعه کامل شده.

$p_S i$ : احتمال انجام صحیح کار در ایستگاه  $i$  [کارگر  $i$ ]. [یعنی:  $1 - p_S i$ ] احتمال اینکه یک خرابی در ایستگاه  $i$  ام اتفاق افتد را نشان می دهد که بطور آماری برای هر ایستگاه مستقل است و به ایستگاه های دیگر وابسته نیست و برای هر  $m$  فرصت شکست قابل تشخیص می باشد].

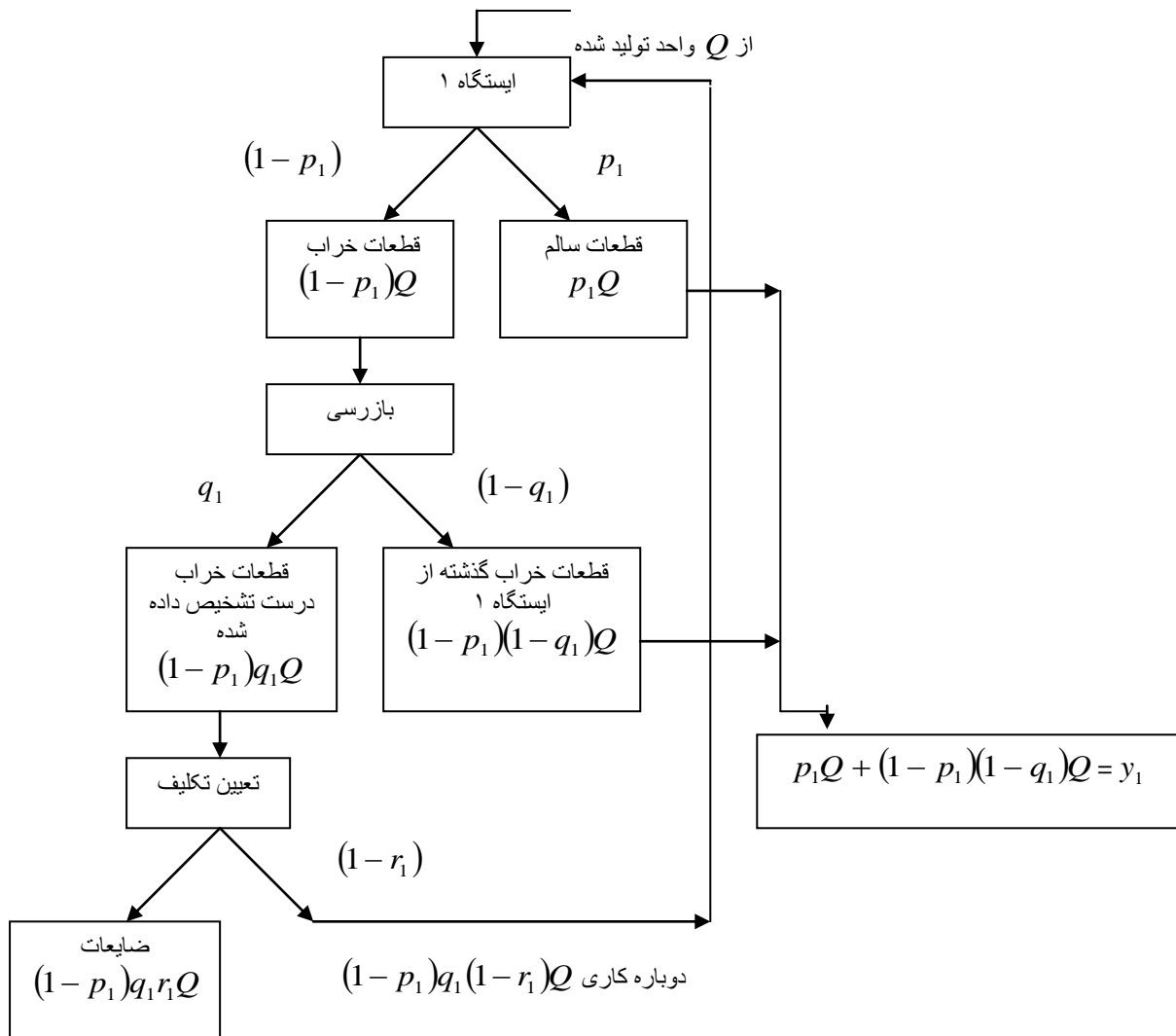
$q_i$ : احتمال انجام صحیح بازرسی [توسط بازرس و یا کارگر] در  $i$  امین ایستگاه. [یعنی احتمال آشکارسازی یک خرابی که در  $i$  امین ایستگاه کاری اتفاق افتاده است].

$r_i$ : احتمال اینکه قطعه ضایعاتی تشخیص داده شود. [یعنی:  $1 - r_i$ ] نشان دهنده درصد قطعاتی است که می توانند از طریق دوباره کاری، اصلاح شده و به ایستگاه بعدی بروند].

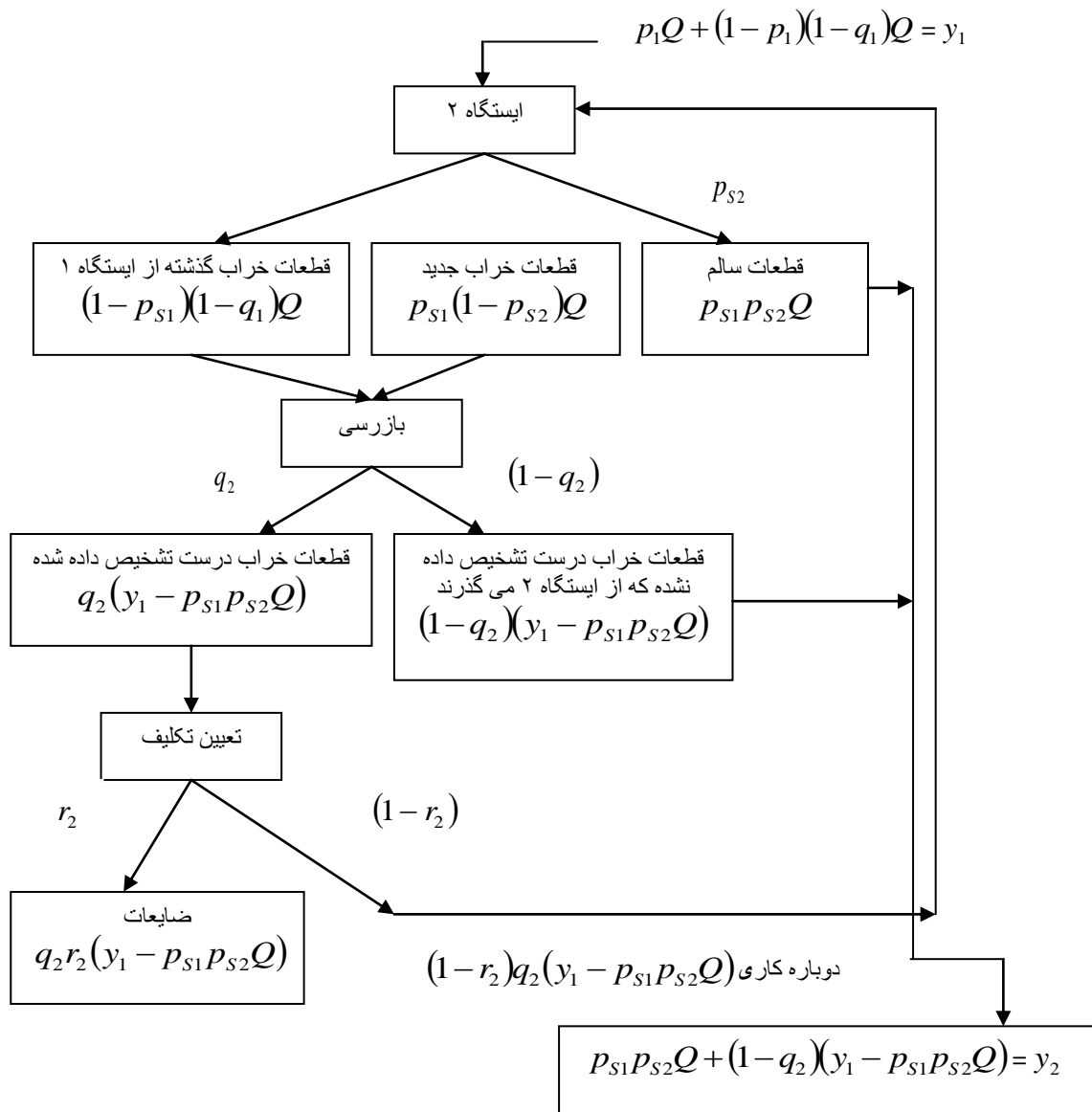
$k_S$ : متوسط هزینه ضایعاتی شدن یک قطعه در طی مراحل تولید.

$k_R$ : متوسط هزینه دوباره کاری یک قطعه در طی مراحل تولید.

باید توجه داشت که پارامترهایی مانند  $p_S i$  و  $q_i$  بر اساس تجارب قبلی [داده های موجود] و

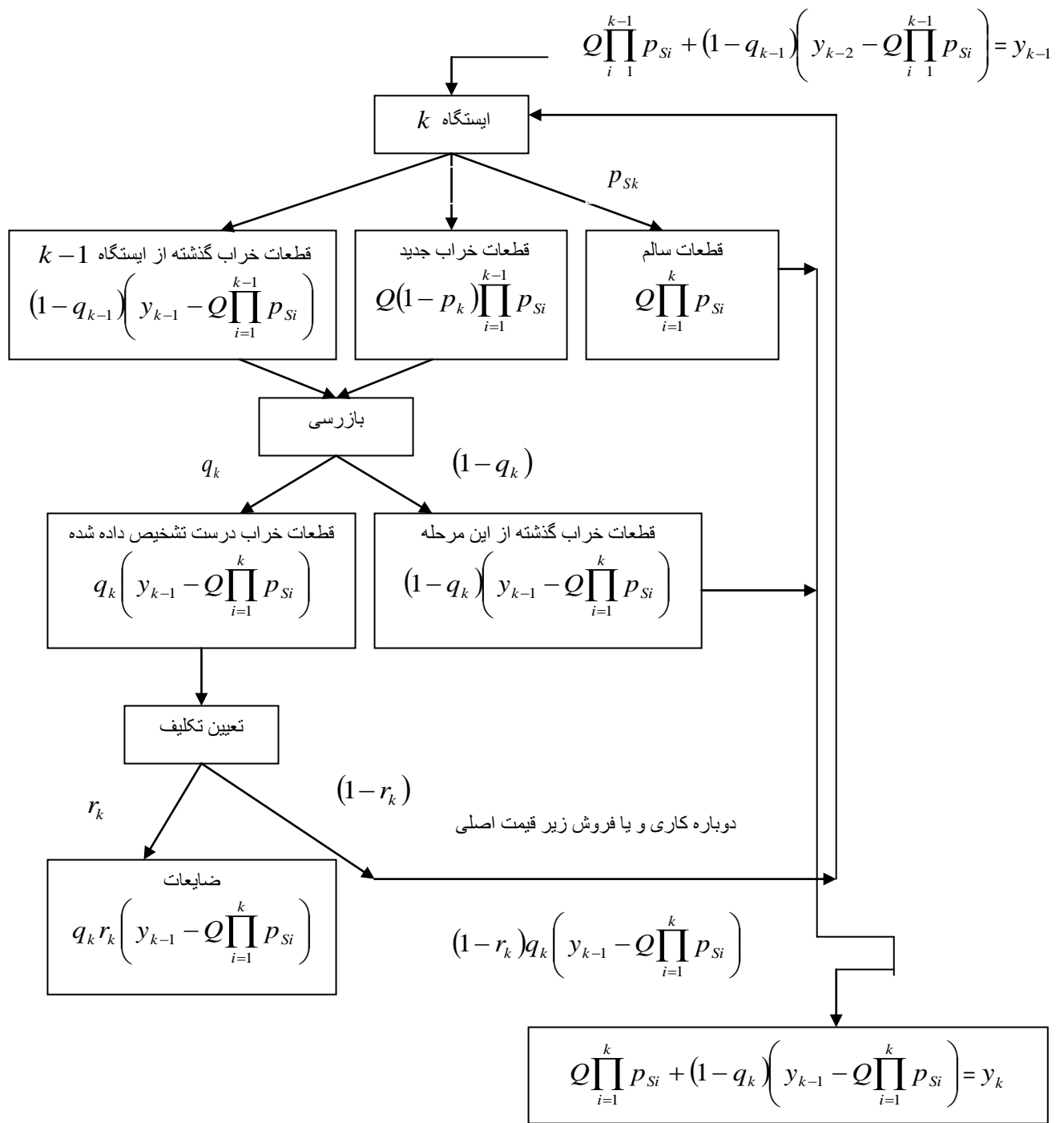


شکل ۲. ایستگاه ۱



شکل ۱.۱ ایستگاه ۲





شکل ۲. ایستگاه  $k$  ام

کل قطعات معیوب درست تشخیص داده شده در

طول تولید عبارتست از: (۴)

$$(1-p_1)q_1Q + \sum_{h=2}^m \left\{ q_h \left( y_{h-1} - Q \prod_{i=1}^h p_{Si} \right) \right\}$$

که این قطعات می بایست آزمون گردند و درمورد اینکه آیا می بایست آنها را جزء ضایعات دانست و یا می توان با دوباره کاری آنها را اصلاح نمود و یا با قیمت پایینتر از قیمت اصلی محصول فروخت [ اگر در مرحله نهائی قرار داشته باشد ] ، تصمیم گیری شود که در این حال اگر نسبت قطعات معیوب که نتوان آنها را تعمیر و یا اصلاح نمود  $r_i$  در هر ایستگاه  $i$ ام باشد و  $(1-r_i)$  نسبتی از قطعات معیوب که بتوان آنها را برای دوباره کاری به ابتدای عملیات در ایستگاه  $i$  فرستاد لذا تعداد کل قطعات درست تشخیص داده شده در طول تولید که در تصمیم گیری به عنوان ضایعاتی شناخته می شوند عبارتند از: (۵)

$$(1-p_1)q_1r_1Q + \sum_{h=2}^m \left\{ r_h q_h \left( y_{h-1} - Q \prod_{i=1}^h p_{Si} \right) \right\}$$

و همچنین تعداد کل قطعات معیوب درست تشخیص داده شده در طول تولید که تصمیم به دوباره کاری آنها گرفته می شود ، عبارتست از: (۶)

$$(1-p_1)q_1(1-r_1)Q + \sum_{h=2}^m \left\{ (1-r_h)q_h \left( y_{h-1} - Q \prod_{i=1}^h p_{Si} \right) \right\}$$

پس از محاسبه نسبتهای ریاضی از ضایعات ، دوباره کاری ها و قطعاتی که زیر قیمت فروش فروخته می شوند ، در بخش بعدی هزینه های احتمالی از چنین نسبت هائی محاسبه گردیده است.

اگر کل قطعات تولید شده ،  $Q$  واحد باشد، در این شکلهای نشان داده شده که اولاً چند درصد از این  $Q$  واحد در طی ایستگاههای ۱ تا  $k$  خراب تولید می شوند و چند درصد سالم . ثانیاً چند درصد از قطعات معیوبی که توسط کارگر و یا بازرس چک می شوند، خرابی آنها درست تشخیص داده می شود و همچنین تعیین تکلیف می گردد که این قطعات معیوب درست تشخیص داده شده ضایعاتی هستند و یا می بایست برای دوباره کاری به ابتدای ایستگاه برگردند .

در آخر نیز، تعداد قطعاتی که از خط خارج شده و برای مشتری فرستاده می شوند که این دسته شامل قطعات سالم [ مثلاً در ایستگاه ۱ ،  $p_1Q$  ] و قطعات معیوبی که توسط کارگر و یا بازرسی تشخیص داده نشده اند و بنابر این در دسته قطعات سالم قرار گرفته اند. متوسط تعداد این قطعات برابر  $[(1-p_1)(1-q_1)Q]$  می باشد.

نسبت قطعات سالم در کل تولید  $\prod_{i=1}^m p_{Si}$  می باشد و بنابر این تعداد قطعات سالم که از خط خارج می شوند عبارتست از:

$$Q \prod_{i=1}^m p_{Si} \quad (۱)$$

تعداد قطعات معیوب که از چشم بازرس یا کارگر دور می ماند و از خط خارج شده و به دست مشتری می رسند عبارتست از:

$$(1-q_m) \left( y_{m-1} - Q \prod_{i=1}^m p_{Si} \right) \quad (۲)$$

و بنابر این تعداد کل قطعاتی که برای مشتری فرستاده می شود [ اعم از سالم و یا معیوب ] مجموع این دو می باشد، یعنی:

$$Q \prod_{i=1}^m p_{Si} + (1-q_m) \left( y_{m-1} - Q \prod_{i=1}^m p_{Si} \right) \quad (۳)$$

اگر  $K_S$  متوسط هزینه ضایعاتی شدن یک قطعه در طول فرایند تولید باشد، آنگاه هزینه ضایعاتی ها در کل تولید  $Q$  واحد از یک قطعه عبارتست از:

$$f_1(x) = K_S \times [\text{رابطه ۵}]$$

$$f_1(x) = K_S \left[ (1-p_1)q_1r_1Q + \sum_{h=2}^m \left\{ r_h q_h \left( y_{h-1} - Q \prod_{i=1}^h p_{Si} \right) \right\} \right] \quad (۷)$$

ها در تولید  $Q$  واحد از یک قطعه به صورت زیر می باشد:

$$f_2(x) = K_R \times [\text{رابطه ۶}]$$

$$= K_R \left[ (1-p_1)q_1(1-r_1)Q + \sum_{h=2}^m \left\{ (1-r_h)q_h \left( y_{h-1} - Q \prod_{i=1}^h p_{Si} \right) \right\} \right] \quad (۸)$$

### ۱-۳- مقدار مورد انتظار هزینه های ضایعات و دوباره کاری [یا تعمیر]

همینطور اگر  $K_R$  متوسط هزینه دوباره کاری یک قطعه در طول فرایند تولید باشد، هزینه کل دوباره کاری

### ۲-۳- ضرر ناشی از فروش محصول زیر قیمت اصلی

محصولات معیوب زیر قیمت اصلی متحمل می گردد عبارتست از:

Price 1: قیمت اصلی محصول  
Price 2: قیمت زیر قیمت اصلی محصول باشد،  
ضرری که شرکت برای تصمیم گیری در مورد فروش

[Price 1-Price 2] تعداد قطعاتی که در ایستگاه  $K$  برای دوباره کاری فرستاده می شوند

$$f_3(x) = [\text{Price 1-Price 2}] \left\{ (1-r_k)q_k \left( y_{k-1} - Q \prod_{i=1}^k p_{Si} \right) \right\} \quad (۹)$$

صرف می شود. این هزینه ها شامل مستند سازی اقلام رد شده، بازرسی مجدد پس از تعمیر یا دوباره کاری و درجه بندی محصولات معیوب می شود (۳)

همچنین نسبتی از قطعات معیوب که ناخواسته بدست مشتری می رسند یعنی:

همانطور که قبلاً ذکر شد، هزینه های بازرسی اقلامی که دوباره کاری می شوند نیز جزء هزینه های شکست داخلی می باشند. مسلماً در بازرسی این قطعات نیز از طرح نمونه گیری استفاده می گردد. هزینه بازرسی تمام قطعاتی که در هر مرحله از فرایند تولید می شوند، در دسته بندی هزینه های کیفیت سستی جزء هزینه های ارزیابی می باشد. لذا برای بدست آوردن هزینه بازرسی اقلام دوباره کاری شده، ابتدا هزینه های بازرسی کل اقلام تولیدی با استفاده از طرحهای نمونه گیری بدست آمده و

دارای هزینه های  $(1-q_k) \left( y_{k-1} - Q \prod_{i=1}^k p_{Si} \right)$  مربوط به خود می باشند که در بحث هزینه های شکست خارجی به آن رسیدگی شده است.

### ۳-۳- هزینه های بازرسی و آزمایش مجدد اقلام دوباره کاری شده

این هزینه ها بخشی از نیروی بازرسی، آزمایش و ممیزی می باشد که به واسطه محصولات یا خدمات رد شده

با ضرب نسبت اقلام دوباره کاری شده در آن، هزینه بازرسی اقلام دوباره کاری شده محاسبه شده است (۴)

مهمترین کاری که در بازرسی نمونه گیری انجام می شود، تصمیم گیری درباره پارامترهای کیفیت یک محموله از محصول است. اگر در یک طرح نمونه گیری از محموله، مشخص شود که به پارامترهای کیفیت نرسیده است، کل محموله برگشت خواهد خورد و در اینصورت می بایست بازرسی صد در صد انجام گیرد. بطور نرمال معیار پذیرش، بیشترین تعداد معیوب تولید شده در نمونه می باشد. اگر تعداد محصولات معیوب در نمونه بزرگتر از معیار پذیرش باشد، اجباراً می بایست بازرسی ۱۰۰٪ از کل محموله انجام گیرد و محصولات خراب یا معیوب آشکار شده می بایست برای پیدا کردن علت خرابیها و یا شکستها تحلیل و آنالیز گردند، که این نیز مستلزم صرف هزینه ای خواهد شد که در زمره هزینه های شکست داخلی می باشد. اگر هر یک از فرایندها در گارگاه به صورت زیر نشان دهیم:

$T$  - تکنولوژی یا فرایند کاری

$P$  - فرایند بازرسی

$R$  - فرایند تعمیر یا اصلاح

$F$  - فرایند بعد از خرابی

$P$  - نرخ خرابی

آنگاه اطلاعات زیر، اندازه ها و تساوی های مورد نیاز را برای ایجاد مدل بر مبنای کنترل آماری فرایند نشان می دهد:

$p_a$ : احتمال پذیرش نمونه

$v = \frac{n}{N}$ : نسبت اندازه نمونه به اندازه محموله

$K_F$ : هزینه های بعدی خرابی برای هر واحد

$K_P$ : هزینه بازرسی هر واحد

$K_R$ : هزینه رد [تعمیر یا اصلاح یک واحد برگشت

خورده]

$P_{Sa} = p\rho$ : نرخ خرابی در نمونه پذیرش یافته با

$\rho$  ضریب کاهش نرخ خرابی

تساویهای هزینه های بازرسی و هزینه های رد در نمونه پذیرفته شده عبارتند از:

[حروف بزرگ نشان دهنده هزینه های نمونه از

محموله و حروف کوچک نشان دهنده هزینه های هر

واحد می باشند]

$$\left[ \begin{array}{l} K_{PSa} = k_P N v \\ \rightarrow \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{هزینه بازرسی } n \text{ واحد نمونه} \\ (10) \end{array}$$

$$\left[ \begin{array}{l} k_{PSa} = k_P v \\ \rightarrow \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{هزینه بازرسی یک واحد از محموله} \\ (11) \end{array}$$

$$\left[ \begin{array}{l} K_{RSa} = k_R N v p \rho \\ \rightarrow \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{هزینه رد خرابیهای } n \text{ واحد نمونه} \\ (12) \end{array}$$

$$\left[ \begin{array}{l} k_{RSa} = k_R v p \rho \\ \rightarrow \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{هزینه رد یک واحد خرابی در محموله} \\ (13) \end{array}$$

هزینه خرابیهای باقی مانده در محموله یعنی  $K_{FSa}$  برای هر نمونه پذیرش شده عبارتست از:

$$(14) \quad [ \text{تعداد خرابیهای مشخص شده در نمونه - تعداد خرابیها در محموله} ] \quad K_{FSa} = k_F$$

یعنی:

$$K_{FSa} = k_F (Np - Np\rho v) = k_F Np(1 - \rho v) \quad (15)$$

$$k_{FSa} = k_F p(1 - \rho v) \quad \text{هزینه یک واحد خرابی باقیمانده در محموله} \quad (16)$$

نمونه [ و تعمیر شده ] باشد ، لذا خلاصه هزینه های نمونه پذیرش شده عبارتست از :

اگر  $Np$  : تعداد کل خرابی ها در محموله  
 $Np\rho v$  : تعداد محصولات خراب مشخص شده در

$$K_{S1} = K_{PSa} + K_{RSa} + K_{FSa} \quad (17)$$

$$K_{S1} = Np_a(k_p v + k_R p \rho v + k_F p(1 - \rho v)) \quad (18)$$

$$\text{هزینه کل بازرسی } n \text{ واحد نمونه [ با احتمال پذیرش نمونه } P_a \text{ ]} \quad (19)$$

$$k_{S1} = p_a(k_p v + k_R p \rho v + k_F p(1 - \rho v))$$

هزینه بازرسی یک واحد از محموله

اگر نمونه قابل پذیرش نباشد [ بر اساس طرح نمونه گیری ] ، یک بازرسی ۱۰۰٪ می بایست انجام شود که هزینه های آن بصورت زیر می باشد :

$$K_{S2} = N(1 - p_a)(k_p + pk_R) \quad (20)$$

$$k_{S2} = (1 - p_a)(k_p + pk_R) \quad (21)$$

هزینه بازرسی ۱۰۰٪ برای هر واحد از محموله

هزینه بازرسی یک واحد از محموله [اگر نمونه قابل پذیرش باشد] + هزینه بازرسی یک واحد از محموله [اگر نمونه قابل پذیرش نباشد و بازرسی ۱۰۰٪ انجام گیرد]

خلاصه هزینه های بازرسی برای هر واحد با استفاده از طرح نمونه گیری می تواند بصورت زیر نوشته شود :

$$k_{STOTAL} =$$

$$k_{STOTAL} = k_{S1} + k_{S2} \quad (22)$$

$$k_{STOTAL} = k_p + pk_R + p_a[p(k_F - k_R)(1 - \rho v) - k_p(1 - v)]$$

و لذا هزینه بازرسی و آزمایش مجدد برای هر واحد از اقلام دوباره کاری شده با ضرب رابطه ۶ [ نسبت اقلام دوباره کاری شده] در این مقدار بدست می آید :

$$f_4(x) = k_{STOTAL} \times [\text{رابطه ۶}]$$

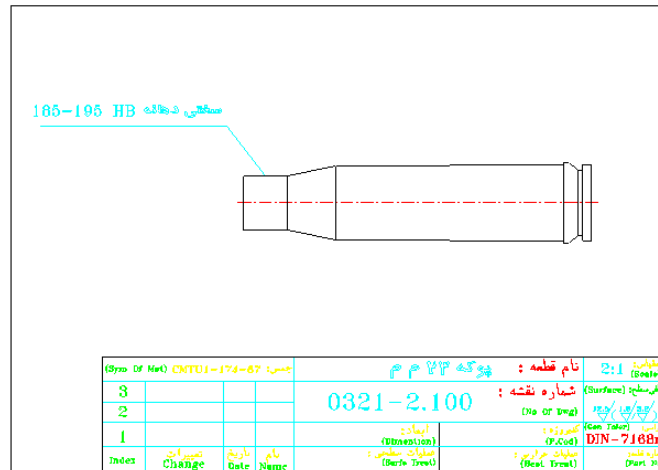
$$\times f_4(x) = [(1 - p_1)q_1(1 - r_1)Q + \sum_{h=2}^m \left\{ (1 - r_h)q_h \left( y_{h-1} - Q \prod_{i=1}^h p_{Si} \right) \right\}] \quad (23)$$

$$[k_p + pk_R + p_a[p(k_F - k_R)(1 - \rho v) - k_p(1 - v)]]$$

## ۴- مطالعه موردی

نتایج مدل توسعه داده شده، کارگاه پوکه سازی صنایع مهمات سازی در نظر گرفته شده است. در این کارگاه پوکه گلوله ۲۳ میلیمتری تولید می گردد. شکل ۵- نقشه این نوع پوکه را نمایش می دهد:

همانطور که در بخش ۲ اشاره شد، با توجه به شکل های ایستگاه های تولید تعداد قطعات ضایعاتی، تعداد قطعات دوباره کاری و تعداد قطعاتی که از نظر کیفی دررتبه پایینی قرار دارند، محاسبه گردید. برای بررسی و تحلیل



شکل ۵. مشخصه پوکه در نقشه

احتمال ضایعاتی بودن قطعات خراب درست تشخیص داده شده در ایستگاه دوم  $r_2 = 0.70$  و لذا احتمال دوباره کاری قطعات خراب درست تشخیص داده شده

$$1 - r_2 = 0.30$$

با توجه به رابطه ۴، تعداد کل قطعات درست تشخیص داده شده در طول تولید که در تصمیم گیری به عنوان ضایعاتی شناخته می شوند عبارتند از:

$$(1 - p_1)q_1r_1Q + \sum_{h=2}^m \left\{ r_h q_h \left( y_{h-1} - Q \prod_{i=1}^h p_{Si} \right) \right\}$$

$y_{k-1}$  تعداد قطعات سالم و یا خراب وارد شده به ایستگاه آخر که همان ایستگاه ۲ می باشد، در اینجا  $y_1$  است:

$$y_1 = p_1Q + (1 - p_1)(1 - q_1)Q$$

$$965 = 1000 * 0.3 * 0.05 + 1000 * 0.95 y_1 =$$

دو ایستگاه مهم در فرایند تولید پوکه در این کارگاه کوره و فورج می باشند که به ترتیب عملیات آنیل کردن و کشش را انجام می دهند. تولید روزانه این کارگاه ۱۰۰۰ واحد می باشد.

$$Q = 1000 \text{ و } m = 2$$

احتمال انجام صحیح کار در ایستگاه اول با توجه به سوابق قبلی  $p_1 = 0.95$  و لذا  $1 - p_1 = 0.05$

احتمال انجام صحیح کار در ایستگاه دوم  $p_2 = 0.96$  و لذا  $1 - p_2 = 0.04$

احتمال انجام صحیح بازرسی توسط کارگر یا بازرس در ایستگاه اول  $q_1 = 0.7$  و لذا  $1 - q_1 = 0.3$

احتمال انجام صحیح بازرسی توسط کارگر یا بازرس در ایستگاه دوم  $q_2 = 0.75$  و لذا  $1 - q_2 = 0.25$

احتمال ضایعاتی بودن قطعات خراب درست تشخیص داده شده در ایستگاه اول  $r_1 = 0.65$  و لذا احتمال دوباره کاری قطعات خراب درست تشخیص داده شده

$$1 - r_1 = 0.35$$

تعداد قطعات درست تشخیص داده شده ضایعاتی در ایستگاه دوم عبارت بود از :

$$q_2 r_2 (y_1 - p_{S1} p_{S2} Q)$$

$$.N * 75 [965 - 1000 * 95 * 96] = 27/825$$

و بنابراین تعداد ضایعات در ایستگاه دوم عبارت است از :

متوسط هزینه ضایعاتی شدن یک قطعه است ۴۵۰۰ باشد [

۰/۹۵ ارزش اصلی قطعه ]

لذا تعداد کل ضایعاتی ها در ایستگاه دوم ۲۸ عدد می

باشد . برای بدست آوردن هزینه ضایعات ، اگر  $K_S$  که

$$f_1(x) = K_S \times 2 \text{ تعداد قطعات ضایعاتی در ایستگاه } 2$$

$$f_5(x) = 28 * 4500 = 126000 \text{ واحد پول}$$

و همچنین تعداد کل قطعات معیوب درست تشخیص داده می شود ، عبارتست از :

شده در طول تولید که تصمیم به دوباره کاری آنها گرفته

$$(1 - p_1) q_1 (1 - r_1) Q + \sum_{h=2}^m \left\{ (1 - r_h) q_h \left( y_{h-1} - Q \prod_{i=1}^h p_{Si} \right) \right\}$$

کاری آنها گرفته می شود عبارتست از :

و چون فقط ۲ ایستگاه وجود دارد لذا تعداد کل قطعات

معیوب درست تشخیص داده شده که تصمیم به دوباره

$$(1 - r_2) q_2 (y_1 - p_{S1} p_{S2} Q)$$

و بنابر این تعداد قطعات دوباره کاری شده عبارتست از :

$$12 \cong .3 * 75 [965 - 1000 * 95 * 96] = 11/925$$

و اگر  $K_R = 700$  متوسط هزینه دوباره کاری یک قطعه در طول فرایند تولید باشد لذا :

$$f_2(x) = K_R \times 2 \text{ تعداد قطعات دوباره کاری در ایستگاه } 2$$

$$f_2(x) = 8400 \text{ واحد پول}$$

همچنین اگر :

Price 1 : قیمت اصلی [ارزش] محصول برابر با ۵۰۰۰ واحد پول

Price 2 : قیمت زیر قیمت اصلی محصول و برابر با ۴۲۵۰ باشد

لذا ضروری که شرکت برای تصمیم گیری در مورد فروش محصولات

معیوب زیر قیمت اصلی متحمل می گردد عبارتست از :

$$f_3(x) = \text{[Price1-Price2]} \text{ تعداد قطعاتی که در ایستگاه } 2 \text{ برای دوباره کاری فرستاده می شوند}$$

$$f_3(x) = [5000 - 4250] * 12 = 9000 \text{ واحد پول}$$

و اما همانطور که ذکر شد، هزینه های بازرسی اقلام دوباره کاری شده نیز جزء هزینه های شکست داخلی می باشد، و بایستی برای بدست آوردن این هزینه موارد زیر معین باشند:

$$p_a = 0/95 : \text{احتمال پذیرش نمونه}$$

$$v = n/N = 50/500 = 0/1 : \text{نسبت اندازه نمونه به اندازه محموله}$$

$$K_F = 200 : \text{هزینه های بعدی خرابی برای هر واحد}$$

$$K_P = 10 : \text{هزینه بازرسی هر واحد}$$

$$K_R = 500 : \text{هزینه رد [تعمیر یا اصلاح یک واحد برگشت خورده]}$$

$$P_{Sa} = p\rho = 0/05 * 0/95 = 0/035 : \text{نرخ خرابی در نمونه پذیرش یافته با } \rho \text{ ضریب کاهش نرخ خرابی}$$

$$k_{S1} = 0/1 * 10 + 0/95 * 0/1 * 0/035 * 500 + 1 * 0/05 * 200 - 0/10 * 0/95 * 0/95 = 11/4475$$

و اگر نمونه قابل پذیرش نباشد و یک بازرسی ۱۰۰٪ از محموله عبارتست از:

انجام گیرد، دیدیم که هزینه بازرسی ۱۰۰٪ برای هر واحد

$$k_{S2} = (1 - p_a)(k_P + p k_R)$$

و لذا خواهیم داشت:

$$k_{S2} = 0/05 + [500 * 0/05 + 10] = 1/75$$

اگر نمونه قابل پذیرش نباشد و بازرسی ۱۰۰٪ انجام گیرد

و بنابراین هزینه کل بازرسی  $k_{STOTAL}$  عبارتست از:

هزینه بازرسی یک واحد از محموله [اگر نمونه قابل پذیرش باشد] + هزینه بازرسی یک واحد از محموله

$$k_{STOTAL} = k_{S1} + k_{S2}$$

$$k_{STOTAL} = 11/4475 + 1/75 = 13/1975 \text{ واحد پول}$$

بازرسی اقلام دوباره کاری شده بر اساس طرح نمونه گیری بدست آید:

حال می بایست این هزینه بازرسی واحد در تعداد اقلام دوباره کاری درایستگاه ۲ ضرب گردد تا هزینه

$$f_4(x) = k_{STOTAL} (1 - r_2) q_2 (y_1 - P_{S1} P_{S2} Q)$$

$$\text{واحد پول} = 13/1975 * 12 = 158/37$$

داخلی کل عبارت از مجموع این مقادیر می باشد.

پس از به دست آوردن مقادیر هزینه ای توابع ریاضی

قلم های هزینه های شکست داخلی، هزینه شکست

= هزینه شکست تولید نامطلوب

$$f_1(x) + f_2(x) + f_3(x) + f_4(x)$$

$$= 335058/37 = 158/37 + 9000 + 8400 + 126000$$



## ۵- نتیجه گیری

در این مقاله یک مدل احتمالی جهت برآورد هزینه های کیفی محصولات در تولید کارگاهی که از نظر کیفی رتبه پایینی دارند توسعه و ارائه شد. استفاده از این مدل و بدست آوردن مقدار کمی هزینه های کیفیت می تواند اهمیت و وضعیت مسائل کیفی را به طریقی که مورد توجه مدیران قرار گیرد چون اکثر مدیران تصور می کنند که اهمیت و جایگاه کیفیت تولید محصولات با کیفیت پایین را می دانند و از مشکلات و معضلات این امر نیز به درستی آگاهند، اما معمولاً تخمین آنها از این نوع هزینه های کیفیت، بسیار پایین تر از آنچه در عمل اتفاق می افتد است.

مدل توسعه یافته در این مقاله می تواند برای بدست آوردن هزینه های واقعی در صنایع مختلف و به صورتی کاملاً انعطاف پذیر مورد استفاده قرار گیرد و پارامترهای مورد نیاز و قابل محاسبه در این مدل عاملی برای کنترل و بهبود کیفیت و هزینه های آن می باشند. همچنین استفاده از توابع هزینه های کیفیت همراه با محاسبات اجرائی آن می تواند به عنوان شاخصی بسیار قدرتمند در اندازه گیری بهره وری به حساب آید و سازمان را در اندازه گیری بهره وری یاری نماید.

## منابع و ماخذ

1. Campanella, J.[1994].“Principles of Quality Costs: Principles, Implementation and Use”, 3rd ed.
2. Shin, D. & Min, H.[2001].“On the Effectiveness of on-line repair policy: Quality Failure Costs Perspective”, Integrated Manufacturing Systems, Vol. 12, pp.152-162.
3. Miguel, P.A. & pontels. [2004].“Assessing quality costs of External Failures”, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 21, pp.309-318.
4. Harrington,H. [1999].“Performance Improvement: a Total poor-Quality cost system”, TQM Magazine,Vol. 11, pp.221-230.
5. Bai, J. & Pham H. [2004].“Cost analysis on renewable full-service warranties for multi-component systems”, Retrieved From [www.elsevier.com/locate/dsw](http://www.elsevier.com/locate/dsw).
6. Yasin, M., & Czuchry ,J. , & Andrew, M. [ 1999 ]. “In search of an optimal cost of quality : an integrated framework of operational efficiency and strategic effectiveness” , Jounal of Engineering and technology management, No.16 , pp.171-189 .
7. Weheba S.,& Gamal,M., & Elshennawy, K. [ 2004 ]. “A revised model for the cost of quality” , Intrnational Jounal of Quality & Reliability Management , Vol 21 , No.3 , pp.291-308 Retrieved From [www.emeraldinsight.com/0265-671X.htm](http://www.emeraldinsight.com/0265-671X.htm).

8. Ganeshan , R., & Kulkarni, S., [ 2001] .  
“Production economics and process quality : A  
Taguchi perspective” , Retrieved From  
“www.elsevier.com/locate/dsw