

## توسعه یک سیستم خبره جدید برای کنترل آماری فرایند در صنایع تولیدی

محمدحسین کریمی<sup>۱</sup>، استادیار و عضو هیئت علمی، کریم آتشگر<sup>۲</sup>، استادیار و عضو هیئت علمی، محمدسعیدخیاط سرکار<sup>۳</sup>، کارشناس ارشد

1- دانشکده مدیریت و فناوریهای نرم دانشگاه صنعتی مالک اشتر- تهران- ایران- mh\_karimi@aut.ac.ir

2- دانشکده مدیریت و فناوریهای نرم دانشگاه صنعتی مالک اشتر- تهران- ایران- atashgar@aust.ac.ir

3- دانشکده مدیریت و فناوریهای نرم دانشگاه صنعتی مالک اشتر- تهران- ایران- celevsysts@hotmail.com

### چکیده :

با عنایت به مزایای یک سیستم خبره بعنوان زیر مجموعه‌ای از هوش مصنوعی جهت تقلید از رفتار افراد خبره در ارائه راه حل و اهمیت ویژه کنترل آماری فرایند در صنایع تولیدی، در این مقاله ضمن بررسی سیستم‌های خبره، یک مدل جدید برای کنترل آماری فرایند توسعه داده شده است. ویژگی بارز این مدل ایجاد حوزه‌های تشخیص بحرانی بودن فرایند و بحرانی بودن مشخصه کیفی در کنار حوزه‌های موجود سایر سیستم‌ها شامل حوزه ویژگی نمودار کنترل، نوع نمودار کنترل، نحوه نمونه‌گیری، پایداری فرایند، قابلیت فرایند و بهبود فرایند و اقدام اصلاحی می‌باشد. از دیگر ویژگیهای برجسته این مدل، استخراج حدود ۱۲۴ قاعده به عنوان دانش نهفته در حوزه‌ها از منابع مختلف است. این سیستم با استفاده از نرم افزار VP EXPERT تهیه شده و به جهت اعتبار سنجی در چند فرایند از صنایع تولیدی اجرا شده که نتایج حاصله نشان دهنده موثر بودن سیستم پیشنهادی می‌باشد.

### واژه‌های کلیدی :

سیستم خبره، نمود دانش، استنتاج، کنترل آماری فرایند، فرایند

تاریخ ارسال مقاله : ۱۳۹۱/۰۹/۲۶

تاریخ پذیرش مقاله : ۱۳۹۱/۱۱/۰۳

نام نویسنده مسئول : محمد حسین کریمی

نشانی نویسنده مسئول : عضو هیئت علمی دانشکده مدیریت و فناوریهای نرم دانشگاه صنعتی مالک اشتر- تهران- ایران- mh\_karimi@aut.ac.ir

## ۱- مقدمه :

و ضروری است که کنترل آماری بر روی آن اجرا گردد)، ۲- تشخیص بحرانی بودن مشخصه(یا مشخصه مورد نظر در فرایند مثل قطر، شرایط بحرانی بودن را دارد و ضروری است کنترل آماری بر اساس آن انجام شود)، ۳- تعیین ویژگی نمودار کنترل(نمودار کنترلی که باید انتخاب شود جزء کدام دسته از نمودارهای کنترل است و چه ویژگی دارد مثل نمودارهای کنترل متغیر)، ۴- تعیین نوع نمودار کنترل(نوع نمودار کنترلی که باید انتخاب و استفاده شود چه هست مثل نمودار کنترل متغیر  $\bar{x}$  and  $r$ )، ۵- تعیین نحوه نمونه گیری(اندازه نمونه و فواصل نمونه گیری چه باید باشد تا هم از نظر اقتصادی به صرفه باشد و هم اینکه باعث ایجاد بهبود گردد)، ۶- تعیین پایدار بودن فرایند (یا فرایند تحت کنترل است)، ۷- تعیین توانا بودن فرایند(یا قابلیت دارد) و ۸- ارائه اقداماتی جهت بهبود فرایند و اصلاح (بر اساس شرایط بدست آمده در حوزه های قبلی اقداماتی جهت بهبود و اصلاح ارائه می گردد) می باشد [۳].

عمده دلیل عدم توجه به بحث کنترل آماری فرایند در صنایع تولیدی و ناکامی آنها در بکارگیری آن را می توان در نبود دانش و تجربه کافی در این زمینه برشمرد. برای برون رفت از این معضل می-بایست دانش کنترل آماری فرایند را افزایش داد، تجربیات افراد متخصص را شناسایی و مستند نمود و آنها را در اختیار کاربران و کارشناسان قرارداد. بدیهی است همه موارد فوق مستلزم صرف هزینه های کلان و وقت بسیار می باشد که ممکن است دست نیافتنی بوده و یا نتیجه مطلوبی نداشته باشد. بر این اساس نیاز به یک سیستمی که بتواند به عنوان یک مشاور خوب و مطمئن دانش کنترل آماری فرایند را جامع، دقیق و به راحتی در اختیار کارشناسان و کاربران قرار دهد، ملموس و مشهود است که این نیاز را سیستم های خبره با توجه به قابلیت و مزایایی که برای آنها برشمرده شد، به خوبی پاسخگو می باشند.

در این تحقیق یک سیستم خبره برای کنترل فرایند آماری تک متغیره به گونه ای طراحی خواهد شد که با دریافت اطلاعات اولیه از کاربران و کارشناسان، راهنماییهای لازم در خصوص بحرانی بودن فرایند، بحرانی بودن مشخصه، ویژگی نمودار کنترل، نوع نمودار کنترل، نحوه نمونه گیری(اندازه نمونه و فواصل نمونه گیری)، پایداری فرایند، قابلیت فرایند و بهبود فرایند و اقدامات اصلاحی را در اختیار آنها قرار می دهد. این سیستم به گونه ای است که ضمن اینکه بخشی از مسئولیت کارشناس را بر عهده می گیرد جانشین تخصصهای وی شده و باعث افزایش سرعت کار نیز بشود. در این تحقیق از نرم افزارهای موجود در سیستم خبره برای ایجاد پایگاه دانشی بهره جسته است و مجموعه نرم افزاری را در اختیار کاربران و کارشناسان قرار خواهد داد. با استقرار این سیستم در فرایندهای تولیدی عوامل مرتبط و کارشناسان مربوطه اطلاعات مورد نیاز را براحتی از این سیستم دریافت نموده و بر اساس اطلاعات بدست آمده به اجرای کنترل فرایند خواهند پرداخت و این اطمینان را دارند که اطلاعات بدست آمده دقیق و قابل

سیستم های خبره که تحت عنوان "سیستم پایگاه دانش" نیز خوانده می شوند بیشترین کاربرد را در میان فن آوری هوش مصنوعی پیدا کرده است. سیستم خبره در واقع یک برنامه کامپیوتری است که با استفاده از دانش (ذخیره شده در کامپیوتر) و فنون استنتاج<sup>۱</sup>، رفتار یک فرد خبره را در حوزه "خاصی" از دانش "تقلید" می کند.

اطلاعات مورد نیاز یک سیستم خبره از خبرگان زمینه یا حوزه جمع آوری می شود. از مزایای سیستم خبره افزایش قابلیت دسترسی، کاهش خطر، دائمی بودن، تجربیات چندگانه، افزایش قابلیت اطمینان، قدرت تبیین، جواب سریع، جواب کامل در همه حالات، پایگاه تجربه، آموزش کاربر و سهولت انتقال دانش را می توان نام برد. ساختارهای مختلفی را به سیستم های خبره می توان نسبت داد که بعضی از آنها پیچیده و برخی دیگر ساده اند. مهمترین عناصر یک سیستم خبره عبارتند از: حوزه دانش، پایگاه دانش، عناصر انسانی و نرم افزار [۱].

از سالیان دور بحث کنترل فرایند آماری به عنوان یک موضوع بسیار مهم در امر کیفیت مطرح بوده و استفاده از آن روز به روز افزایش می یابد به طوری که در سرتاسر جهان تا حدود زیادی شناخته شده می باشد و راهکار ایجاد و توسعه آن به عنوان یک زیر بنا مورد توجه بسیاری واقع گردیده و در صنایع مختلف تولیدی با سطوح مختلف تکنولوژی کارآمد می باشد.

کنترل آماری فرایند مجموعه ای قدرتمند و توانا از ابزار حل مشکل است که در ایجاد ثبات در فرایند و بهبود کارایی آن از طریق کاهش تغییر پذیری مفید واقع می گردد. یکی از اهداف اصلی کنترل آماری فرایند پی بردن سریع به وجود انحرافات با دلیل یا تغییرات در فرایند است تا قبل از این که تعداد زیادی محصول معیوب تولید شود، علل ایجاد چنین انحرافات بررسی و اقدامات اصلاحی انجام گیرد.

از میان ابزار مطرحه در بحث کنترل آماری فرایند، نمودار کنترل را می توان به عنوان ابزار موثری جهت کاهش تغییر پذیری فرایند استفاده نمود. این نمودار شامل یک خط مرکز<sup>۲</sup> است که مقدار متوسط مشخصه کیفی را در حالت تحت کنترل نشان می دهد دو خط افقی دیگر حد کنترل بالا<sup>۳</sup> و حدکنترل پایین<sup>۴</sup> نامیده می شوند. این حدود کنترل به گونه ای انتخاب شده اند که اگر فرایند تحت کنترل باشد آن گاه تقریباً کلیه نقاطی که بر اساس اطلاعات نمونه محاسبه شده اند، بین این حدود واقع می شوند و در غیر اینصورت فرایند خارج از کنترل بسر می برد و اقدامات اصلاحی نیاز است تا منبع ایجاد انحراف یا انحرافات با دلیل تعیین و حذف گردد. بیشترین کاربرد این نمودارها برای نظارت و کنترل فرایند حین تولید است. [۲].

بر اساس منابع علمی موجود برای انجام کنترل آماری فرایند بایستی هشت مرحله طی شود. در این مقاله هر مرحله به عنوان یک حوزه در نظر گرفته شده که عبارتست از : ۱- تشخیص بحرانی بودن فرایند(یا فرایند مورد نظر مثل برشکاری، شرایط بحرانی بودن را دارد

Fuzhou [۱۱] یک سیستم خبره دانش پایه را تشریح نموده است که در آن به شناسایی الگوهای چارت کنترلی، تشخیص علت انحرافات و تفسیر داده ها می‌پردازد. Deborah و همکارانش [۱۲] یک سیستم خبره را توسعه داده اند به طوریکه انواع کنترل‌های فرایند برای بررسی نواحی فرایند ساخت و اقدامات پیشنهادی را در خود جای داده است. با ورود داده‌ها به سیستم نمودارهای کنترل ایجاد و تفسیر می‌شود. نهایتاً سیستم نتایج تفسیر چارت کنترل را همراه با آنالیز داده ارزیابی می‌کند و سپس توصیه‌هایی برای اقدامات صحیحی که ضروری می‌باشد، ارائه می‌نماید.

Monark و همکارانش [۱۳] یک سیستم خبره برای تشخیص الگوی چارت کنترلی طراحی نموده‌اند. این تحقیق بر طراحی و توسعه یک سیستم خبره برای تعیین آنلاین الگوهای چارتهای کنترلی مختلف تمرکز می‌نماید. این سیستم می‌تواند چارتهای کنترل را رسم کند، حدود کنترل را محاسبه نماید، الگوی چارت کنترلی را شناسایی و دلایل قابل تشخیص ریشه‌ای مختلف را بررسی کند و اقدامات ضروری و بهبود دهنده را ارائه نماید. خلاصه‌ای از حوزه‌های تحت پوشش سیستم‌های خبره موجود و مقایسه آن با سیستم خبره پیشنهادی در جدول (۱) در انتهای مقاله آورده شده است.

بر اساس جمع بندی و تحلیل مرور ادبیات و پیشینه تحقیق مربوط به انواع سیستم‌های خبره در زمینه کنترل آماری فرایند و زمینه‌های مشابه و جدول (۱)، به این نتیجه می‌رسیم که در سیستم‌های خبره موجود به حوزه‌های نحوه نمونه‌گیری (اندازه نمونه و فواصل نمونه‌گیری)، ویژگی نمودار کنترل، نوع نمودار کنترل، پایداری فرایند، قابلیت فرایند و اقدامات اصلاحی و بهبود فرایند پرداخته شده است. در حالیکه در سیستم خبره پیشنهادی علاوه بر حوزه‌های فوق، حوزه‌های بحرانی بودن فرایند و بحرانی بودن مشخصه نیز به عنوان شرط لازم جهت ورود به بحث کنترل آماری فرایند به طور شفاف و روشن اضافه شده است. بدین ترتیب سیستم خبره پیشنهادی هشت حوزه را شامل می‌شود در حالیکه در سیستم‌های خبره موجود به طور پراکنده دارای پنج حوزه می‌باشند. همچنین این سیستم شامل ۱۲۴ مولفه دانشی قواعد است که دانش آنها را از منابع مختلف استخراج نموده (حدود ۸۱ منبع که اکثراً خارجی می‌باشد) و توسط مصاحبه و پرسشنامه از نظرهای خبرگان آکادمیک و صنعتی نیز بهره‌جسته و تاییدیه گرفته است (نتیجه تحلیلهای آماری سئوالات پرسشنامه در متن آورده شده است) در حالیکه در سیستم‌های خبره موجود این قواعد به صورت تصریحی بیان نشده است لذا کلیه موارد فوق از ویژگیهای بارز این سیستم می‌باشد.

برای طراحی این سیستم، سیستم Aly and Tsacly به عنوان مبنا در نظر گرفته شده زیرا سیستم مذکور علاوه بر حوزه‌های نحوه نمونه‌گیری (اندازه نمونه و فواصل نمونه‌گیری)، ویژگی نمودار کنترل،

اتکاء است. در این مقاله، ابتدا به طور اختصار مرور ادبیات موضوع ارائه شده و سپس پیشینه تحقیق بررسی گردیده است. پس از آن مدل و عناصر سیستم خبره پیشنهادی به طور مختصر توضیح داده شده و در نهایت نتیجه مطالعه موردی و اعتبارسنجی این سیستم در چند فرایند از صنایع تولیدی محصولات دفاعی و دارای خطوط تولید انبوه پیوسته ارائه گردیده است

## ۲- مرور ادبیات و پیشینه تحقیق :

سیستم‌های خبره تاکنون توانسته‌اند به طور موثر و به سرعت کاربردهای فراوانی در زمینه‌های مختلف از جمله بحث کنترل آماری فرایند پیدا نموده و موفقیت‌های چشمگیری را حاصل نمایند که در ادامه به بررسی آنها می‌پردازیم:

Alexander [۴] چارچوب فکری وسیعی را برای کاربرد سیستم خبره در کنترل فرایند ساخت تشریح می‌نماید. این چارچوب شامل شناسایی و تشخیص علل و اصلاح مسائل و مشکلات کیفی است. مفاهیم استفاده از اطلاعات فرایند و محصول برای حل مسئله غالباً تشریح می‌شود ولی به طور عمیق در مورد سازماندهی دانش بحث نمی‌کند.

Hosni and Elshennawy [۵] تئوری و رویه‌ای را برای سیستم کنترل کیفیت بر پایه دانش تشریح کرده‌اند. ویژگیهای عمده و اصلی این تئوری شامل روش‌هایی برای تعیین نوع نمودار کنترل مورد استفاده و پیشنهاد علت فرایند انحرافی است.

Dagli and Stacy [۶] یک سیستم خبره برای انتخاب نمودارهای کنترل توسعه دادند. این سیستم برای انتخاب یک نمودار کنترل مناسب سازماندهی می‌شود.

Pham and Oztemel [۷] یک سیستم خبره حین تولید را توسعه داده‌اند. این سیستم نمودارها را ایجاد می‌نماید، داده‌ها را حین تولید بررسی می‌کند و حالات خارج از کنترل ممکن را شناسایی می‌کند و عملیات اصلاحی را پیشنهاد می‌نماید.

Masudi and Thenappan [۸] یک سیستم دانش پایه را توسعه داده است که امکان انتخاب و طراحی چارتهای کنترلی مناسب، آنالیز و بررسی فرایند و ارائه توصیه‌های لازم و اقدامات مناسب را فراهم می‌آورد.

Willborn [۹] سیستمی را ارائه نمود که اپراتور با استفاده از آن چارت کنترلی مناسب را تعیین می‌نماید و بر فرایندها نظارت می‌کند و اقدامات اصلاحی و علل آنها دنبال می‌نماید.

Aly and Tsacly [۱۰] یک مدل سیستم خبره برای انتخاب تعداد نمونه و فواصل نمونه‌گیری، چارت کنترلی مناسب، تعیین حالت خارج از کنترل و تحت کنترل بودن و بهبود فرایند و اقدامات اصلاحی در صنایع بیمارستانی ارائه نمودند.

ها، کتب مرتبط و اسناد و مدارک مرتبط در واحد مورد مطالعه بررسی و گردآوری گردیده است.

با توجه به اینکه این مقاله، به دنبال مطلع شدن از جزئیات سیستم خیره مناسب برای کنترل آماری فرایند آماری می باشد، از مصاحبه به صورت ساخت یافته استفاده گردید. به جهت تعیین میزان تاثیر پذیری مولفه‌های دانشی از پرسش‌هایی با پاسخ‌های بسته استفاده شده است. ساختار پرسش‌های بکار رفته در این مصاحبه بدین صورت بوده که از مصاحبه گران خواسته شد تاثیر پذیری هر مولفه را در هر فاز تعیین نمایند و در انتها با طرح پرسش نظرات آنها را در خصوص هر مولفه جویا شدیم.

ابزار اندازه گیری در این بررسی پرسش نامه می‌باشد. هر حوزه (فاز) به صورت مستقل از یکدیگر در نظر گرفته شده و با استفاده از پرسش نامه سعی شده تا کفایت و میزان تاثیر پذیری مولفه‌ها بر اساس نظر طیف بیشتری از خبرگان مورد بررسی قرار گیرد. سوالات پرسشنامه به صورت سئوالات بسته و باز استفاده شد. پاسخ سوالات پرسشنامه به صورت بسته در پنج طیف بر مبنای استاندارد لیکرت با عناوین کاملاً مخالف، مخالف، متوسط، موافق و کاملاً موافق با امتیاز به ترتیب ۱ الی ۵ تهیه شده است.

در هر فاز بر اساس مطالعات کتابخانه ای، کلیه مولفه‌های موثر در هر فاز استخراج و در پرسشنامه به عنوان یک سوال میزان اهمیت آن مطرح شد.

روایی پرسشنامه از روش روایی محتوایی با استفاده از مطالعات آکادمیک و نظرخواهی از چند نفر از خبرگان و اساتید دانشگاهی و صنعتی (مهندسان و مشاوران صنعتی) و صاحب نظران مورد تایید قرار گرفت.

برای سنجش پایایی سوالها از آزمون آلفای کرونباخ استفاده شده است. نتایج حاصل از سنجش پایایی سوالها با استفاده از آزمون آلفای کرونباخ عدد ۰.۹۷۴ بوده است. با توجه به اینکه مقادیر به دست آمده برای آلفا بیش از ۰.۷۰٪ است لذا پایایی مولفه‌های دانشی قواعد سیستم مورد تایید قرار می‌گیرد.

جامعه آماری شامل ۵۰ نفر از مدیران کیفیت، کارشناسان و متخصصین کیفیت، مهندسین و مشاوران بوده که حدود ۲۵ نفر پرسشنامه را تکمیل نموده و نظر داده‌اند.

به منظور تحلیل آماری پرسشنامه ها و تعیین نوع آزمون مورد استفاده ابتدا فرض نرمال بودن داده های حاصل از پرسش نامه‌ها به تفکیک هر یک از سوالات با روش آزمون کولموگوروف\_اسمیرنوف و با استفاده از نرم افزار MINITAB بررسی گردید که با توجه به اینکه توزیع داده‌ها غیر نرمال بوده، از آزمون های غیر پارامتری برای آزمون فرض استفاده شده است. با توجه به موارد فوق و اینکه طیف لیکرت مقیاس ترتیبی است و نمی توان با اختصاص مقادیر ۱ تا ۵ آن را به مقیاس فاصله ای تبدیل کرد (زیرا این اعداد کد حساب می شوند)،

نوع نمودار کنترل، پایداری فرایند، قابلیت فرایند و بهبود فرایند و اقدام اصلاحی، به حوزه‌های بحرانی بودن فرایند و بحرانی بودن مشخصه نیز با استفاده از نمودار استخوان ماهی و طوفان ذهنی به طور تلویحی اشاراتی داشته است لیکن به طور اساسی به حوزه‌های مذکور ورود ننموده و در سیستم نیز کارسازی نشده است. در این سیستم از استراتژی زنجیره پیشرو جهت استنتاج استفاده شده و بازنمایی دانایی با استفاده از if then می‌باشد. نرم افزار سیستم به گونه‌ای طراحی شده که با انتخاب یکی از گزینه‌های مطرح شده در هر حوزه، پاسخ مناسب از سوی سیستم ارائه می‌گردد.

جدول (۱) حوزه های مطرح شده در تحقیقات موجود و این تحقیق

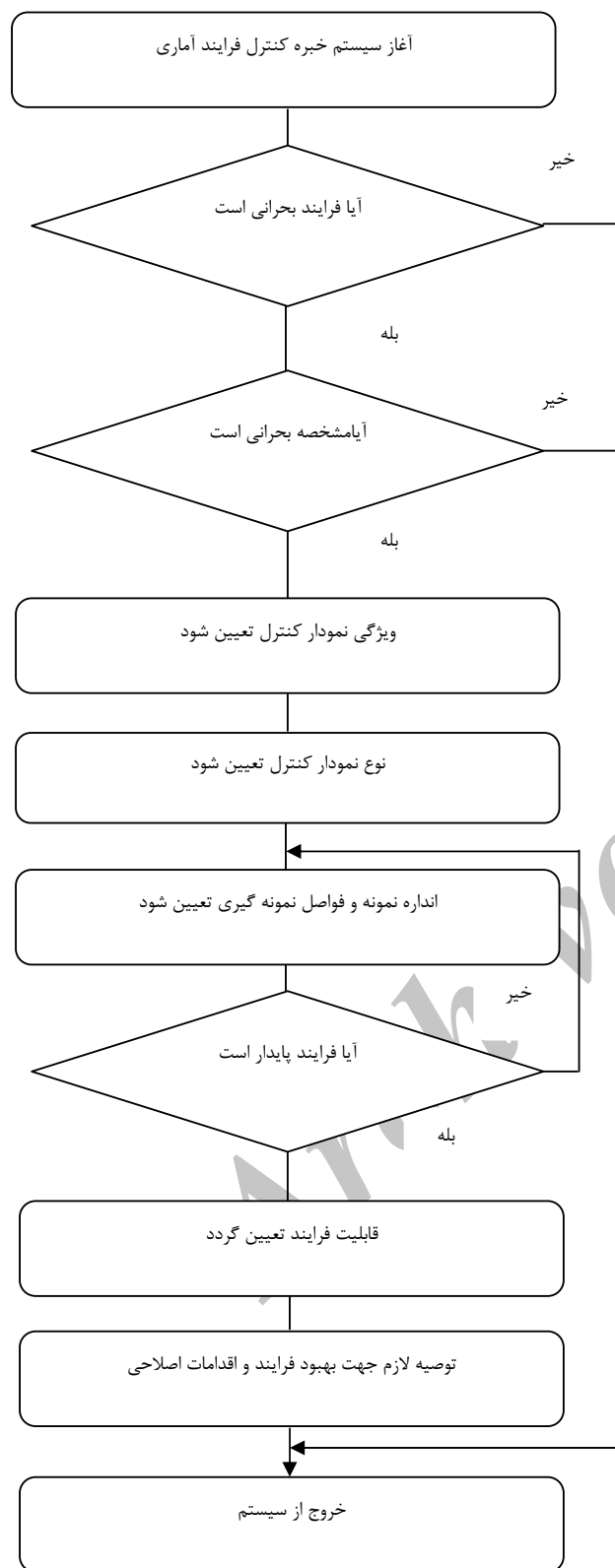
نام محقق	حوزه های مطرح شده در تحقیق							
	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
Alexander	*		*		*	*		
Elsennawy and Hosni			*		*	*		
Dagli and Stacy					*	*		
Pham and Oztemel	*	*	*		*	*		
Masudi and Thenappan	*		*		*	*		
Willborn	*		*		*	*		
Aly and Tsacly	*	*	*	*	*	*		
Fuzhou	*		*		*	*		
Cook	*		*		*	*		
Monark	*		*		*	*		
این تحقیق	*	*	*	*	*	*	*	*

قابل ذکر است که شماره حوزه‌های مطرح شده در جدول (۱) در پاراگراف ششم از همین بخش مشخص شده است.

## ۲- طراحی مدل

با عنایت به اینکه دانش موجود در پایگاه داده از مهمترین بخشهای سیستم خبره طراحی شده محسوب می شود لذا گردآوری اطلاعات در این سیستم به سه روش کتابخانه ای، مصاحبه و نظر سنجی از خبرگان و پرسش نامه بوده است.

در روش کتابخانه‌ای دیدگاه های صاحب نظران در زمینه سیستم خبره کنترل آماری فرایند از مقالات معتبر در مجلات و اینترنت، پایان نامه-



شکل (۱) فرآیند تصمیم گیری سیستم خبره پیشنهادی

بنابراین برای انجام آزمون فرضیه ها از آزمون دو جمله ای استفاده شده است.

این سیستم به دلیل گستردگی حوزه‌ها و مولفه‌های دانشی قواعد موجود در هر حوزه با استفاده از نرم افزار VP EXPERT که یکی از نرم افزارهای سیستم خبره می‌باشد، نوشته شده است. با اجرای این نرم افزار پنجره‌های متوالی باز شده و در هر حوزه یک سؤال و تعدادی گزینه که همان مولفه‌های دانشی قواعد می‌باشند، مطرح گردیده است. کاربر با توجه به شرایط واقعی فرایند تولید آن مجموعه، یکی از گزینه‌ها را انتخاب می‌نماید و سیستم پاسخ متناسب با آنرا ارائه می‌کند و همین روند تا پایان برنامه ادامه می‌یابد.

در پایان، این نرم افزار در چند فرایند از صنایع تولیدی مستقر و اجرا گردیده نتایج حاصل از آن مورد تایید کارشناسان و مهندسان خبره صنعتی قرار گرفت.

همانگونه که توضیح داده شد با توجه به اطلاعات، نظرات خبرگان و اسناد بدست آمده، در سیستم خبره طراحی شده، هشت حوزه(فاز) طراحی گردید که در نهایت هدف آن اجرای سیستم کنترل آماری فرایند کارآمد می‌باشد. این هشت حوزه عبارتند از:

- بحرانی بودن فرایند
- بحرانی بودن مشخصه کیفی
- ویژگی نمودار کنترل
- نوع نمودار کنترل
- نحوه نمونه گیری ( اندازه نمونه و فواصل نمونه گیری )
- پایداری فرایند ( تحت کنترل بودن )
- قابلیت فرایند
- بهبود فرایند و اقدامات اصلاحی

این سیستم ، به گونه ای طراحی گردیده که هر حوزه به حوزه قبلی خودش وابسته است و بر اساس حالت‌های مختلف آن حوزه ، رفتارهای خاص خود را نشان می دهد که شمای کلی آن در شکل (۱) آورده شده است به عنوان مثال در خصوص نحوه وابستگی حوزه بهبود فرایند و اقدام اصلاحی به عنوان آخرین حوزه به حوزه های قبل از آن به شرح ذیل می باشد :

اگر فرایند بحرانی باشد و مشخصه بحرانی باشد و خصوصیت نمودار کنترل متغیر باشد و از یکی از انواع نمودارهای کنترل استفاده شود و یکی از انحاء نمونه گیری ( اندازه نمونه و فواصل نمونه گیری ) را انتخاب کند و فرایند پایدار ( تحت کنترل ) باشد و فرایند توانا باشد آنگاه یکی از توصیه های مندرج در حوزه بهبود فرایند و اقدامات اصلاحی ارائه میگردد .

### ۳-عناصر سیستم خبره پیشنهادی

سیستم‌های خبره دارای معماریهای متفاوتی می باشند. بعضی ساده و بعضی دیگر پیچیده هستند. در همه این معماری‌ها عناصر مشترکی وجود دارد که ارکان سیستم خبره را تشکیل می‌دهند. این عناصر در سیستم خبره طراحی شده عبارتند از:

**جدول (۴) مولفه‌های دانشی قواعد سیستم مربوطه به حوزه ویژگی نمودار کنترل**

دیف	شرح	منبع
۱	اگر مشخصه کیفی قابل اندازه‌گیری باشد از نمودارهای کنترل متغیر استفاده می‌شود.	۱۴-۱۰-۲-۱
۲	اگر فرایند در حال تولید باشد اما بسیار مشکل دار باشد و به سختی بتواند تولید را در حدود استاندارد حفظ نماید (فرایند نا توان باشد) از نمودارهای کنترل متغیر استفاده می‌شود.	۲-۱
۳	اگر مشخصه کیفی قابل اندازه‌گیری نباشد از نمودار کنترل وصفی استفاده می‌شود.	۱۰-۲-۱
۳	زمانیکه نمودار کنترل متغیر نشان دهد که فرایند در سطح قابل قبول تحت کنترل است و می‌توان احساس نمود که محصول طبق مشخصات فنی تعیین شده تولید می‌گردد از نمودار کنترل وصفی برای ادامه استفاده می‌شود و در هزینه‌ها صرفه جویی می‌گردد.	۲-۱

**جدول (۵) مولفه دانشی قواعد سیستم مربوط به حوزه پایداری فرایند**

ردیف	شرح	منبع
۱	اگر یک نقطه خارج از حدود کنترل باشد فرایند خارج از کنترل است بعبارت دیگر اگر هیچ نقطه ای خارج از حدود کنترل نباشد، فرایند تحت کنترل است.	۱۴-۲-۱ ۱۵

از دیگر موارد حائز اهمیت متغیرهای سیستم است. در این سیستم با توجه به قواعد (رولهای) طراحی شده، متغیرهای ورودی و خروجی به شرح جدول (۶) تعیین گردیده است:

**۳-۳-عناصر انسانی :** بعد از مشخص شدن حوزه دانش و جمع آوری اطلاعات این حوزه در پایگاه دانش، نوبت به عناصر انسانی که در این امور دخالت دارند، است. عناصر انسانی دخیل در این امور سه دسته شامل: گروه دانش، گروه توسعه دهنده و گروه کاربران به شرح ذیل می‌باشند:

**۳-۳-۱-گروه دانش :** این گروه می‌بایست تجربیات، خبریوتها و اطلاعات مربوط به حوزه و دانش فرد خبره را کسب نماید که به این عمل اکتساب دانش گویند. نحوه و تکنیکهای بکار گرفته شده در این مقاله و طبقه بندی آن به گونه‌ای است که در طراحی مدل توضیح داده شده است.

**۳-۱-حوزه دانش :** زمینه یا حوزه‌ای که این سیستم خبره برای آن طراحی گردیده است، کیفیت می‌باشد که به منظور توسعه و استقرار سیستم کنترل فرایند آماری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**۳-۲-پایگاه دانش :** بعد از مشخص شدن حوزه دانش، باید اطلاعات آن حوزه به صورت پایگاه دانش جمع آوری شود. این اطلاعات در واقع همان اطلاعات و نظرات خبرگان می‌باشد که تحت عنوان حوزه‌های (فازهای) هشت گانه و گزینه‌های مربوط به آن که تعداد ۱۲۴ مولفه دانشی قواعد سیستم را تشکیل می‌دهند، می‌باشد که در جدول (۲) آورده شده است:

**جدول (۲) حوزه‌ها و تعداد مولفه‌های دانشی قواعد هر حوزه**

ردیف	نام حوزه	تعداد مولفه دانشی قواعد
۱	بحرانی بودن فرایند	۹
۲	بحرانی بودن مشخصه کیفی	۷
۳	ویژگی نمودار کنترل	۲۳
۴	نوع نمودار کنترل	۳۹
۵	نحوه نمونه‌گیری	۲۰
۶	پایداری فرایند	۱۷
۷	قابلیت فرایند	۳
۸	بهبود فرایند و اقدام اصلاحی	۸

همانگونه که قبلا بیان گردید مولفه‌های دانشی مذکور از منابع مختلف استخراج نموده (حدود ۸۱ منبع که اکثرا خارجی می‌باشد) و توسط مصاحبه و پرسشنامه از نظرهای خبرگان آکادمیک و صنعتی نیز بهره جسته و تاییدیه نیز گرفته است (نتیجه تحلیل‌های آماری سئوالات پرسشنامه در متن آورده شده است) که در ادامه به عنوان مثال به چند مولفه دانشی قواعد مربوط به حوزه‌های بحرانی بودن فرایند و ویژگی نمودار کنترل در جداول (۳)، (۴) و (۵) اشاره می‌گردد:

**جدول (۳) مولفه‌های دانشی قواعد سیستم مربوط به حوزه بحرانی بودن مشخصه کیفی**

ردیف	شرح	منبع
۱	در مواردی که مشخصه کیفی، بیشترین هزینه را باعث شوند (که عمدتا بر اساس اصل پارتو انتخاب می‌شوند)، مشخصه بحرانی است.	۲-۱
۲	اگر مشخصه کیفی از نظر ایمنی مشکل ایجاد نماید، مشخصه بحرانی است.	تجربی

جدول (۶) متغیرهای ورودی و خروجی سیستم خبره طراحی شده

حوزه	متغیرهای ورودی و مقادیر آنها ( ۸ متغیر)		متغیرهای خروجی و مقادیر آنها ( ۸ متغیر)	
	نحوه نمونه گیری (اندازه نمونه و فواصل نمونه گیری) (نمونه گیری)	Sharayet E	A,e	samples
B,c,h,m,t			Small_in_short_time	
D			Smallest_sample_size	
F,n			big	
G			Big_in_short_time	
I,k			Decrease_size_&_time	
J			increase_size_&_time	
L,q			Decrease_time	
P,s			increase_time	
R,o			Increase_sample_size	
پایداری فرایند ( تحت کنترل بودن)	Sharayet F	a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,o,p,q	Process situation (PS)	Process_out_control
		r		Process_in_control

حوزه	متغیرهای ورودی و مقادیر آنها ( ۸ متغیر)		متغیرهای خروجی و مقادیر آنها ( ۸ متغیر)		
	بحرانی بودن فرایند	Sharayet A	a, b, c, d, E,F,G,h,I,j	Process criticality (PC)	Critical
Non critical					
بحرانی بودن مشخصه	Sharayet B	a, b, c, d, e,f,g,h	Attribute criticality (AC)	Critical	
				Non critical	
ویژگی نمودار کنترلی	Sharayet C	a, b, c,d,e,f,g,h,I,j,k,l,m,n,o,p,q,r	Chart attribute (CA)	Variable	
				S,t,u,v,w	attribute
نوع نمودار کنترلی	Sharayet D	a, b, c	Chart type (CT)	Xbar_and_r	
				D,e,f,g	Xbar_and_s
				H	R_or_s_without_xbar
				I,j	Group_chart_cont
				K	Xbar_Chart_With_linear_Trend
				L,m,n,o,p,q,r,s	I_MR_Chart
				T	P_chart
				U	NP_BARR_chart
				V	C_chart
				W	U_chart
				X	KU_chart
				Y,z,aa,bb	Shor t-run
				Cc,dd,ee,ff,gg	EWMA
				Cc,ee,ff,gg	Cusum
Hh	Xbar_and_ewma / cusum				
Ii	Xbar_and_I_MR				

با انتخاب هر یک از گزینه‌های فوق (یعنی  $a, b, c$  و ... ) توسط کاربر، سیستم، پاسخ متناسب با آن یعنی مقادیر متغیرهای خروجی را به شرح ذیل نمایش می‌دهد:

الف-فرایند بحرانی است (critical)

ب-فرایند غیر بحرانی است (noncritical)

قابل ذکر است با انتخاب گزینه‌های  $a$  الی  $i$ ، سیستم، مقدار متغیر خروجی الف بعبارت دیگر پاسخ الف و با انتخاب گزینه SO، سیستم، مقدار متغیر خروجی ب بعبارت دیگر پاسخ ب را نمایش می‌دهد.

مطالب فوق قبلاً در بخش‌های مختلف نیز به اختصار توضیح داده شده و در مطالعه موردی نیز به طور عملی تشریح شده است.

**۳-۲-۳- گروه توسعه دهنده:** پس از اکتساب دانش و طبقه بندی و نظم بخشیدن به آن، می‌بایست دانش کسب شده در اختیار گروه توسعه دهنده قرار گیرد تا این گروه با استفاده از زبانها یا کامپیلهای مناسب آنرا تبدیل به یک نرم افزار کاربردی نماید و گروه کاربران بتوانند از آن استفاده مناسب را بعمل آورند. بدین منظور، طراحی و تحلیل سیستم جهت انجام این مرحله صورت گرفت و به جهت گستردگی حوزه‌ها و مولفه‌های دانشی قواعد از VP EXPERT که یکی از نرم افزارهای سیستم خبره می‌باشد، استفاده شده است.

**۳-۳-۳- گروه کاربران:** خروجی گروه توسعه دهنده یک نرم افزار است که این نرم افزار در اختیار کاربران قرار می‌گیرد. کاربران این سیستم کلیه صنایع، سازمانها و شرکتهای تولیدی می‌باشند که تمایل به کنترل آماری فرایند دارند.

**۳-۴-۳- نرم افزار:** چهارمین عنصر از عناصر اصلی ساختار یک سیستم خبره، نرم افزار استفاده شده در آن می‌باشد. این عنصر به عنوان خروجی سیستم، نمود دهنده دانش، استنتاج گر و رابط کاربر، از عناصر مهم است و مدل سیستم خبره طراحی شده در این عنصر نمود پیدا می‌کند که به شرح ذیل می‌باشند:

**۳-۴-۱- بازنمایی دانش:** بازنمایی دانایی که در این سیستم استفاده شده است، با استفاده از قواعد IF-THEN به شکل ذیل می‌باشد.

IF SELECT A OR B OR C THEN E

IF SELECT D THEN F

اگر  $A, B, C$  و  $D$  را گزینه‌های مطرح شده در یک حوزه (فاز) در نظر بگیریم با انتخاب گزینه‌های  $A, B$  و  $C$  اقدام قابل انجام در این فاز  $E$  است و در صورت انتخاب گزینه  $D$  اقدام متناسب با آن یعنی  $F$  انجام می‌پذیرد. این طریقه بازنمایی دانایی در کلیه حوزه‌های (فازهای) این سیستم خبره استفاده می‌شود.

حوزه	متغیرهای ورودی و مقادیر آنها ( ۸ متغیر)		متغیرهای خروجی و مقادیر آنها ( ۸ متغیر)	
	توانا بودن فرایند	Sharayet G	A	Process capability (PC)
	B		CP2	
	C		CP3	
بهبود فرایند و اقدامات اصلاحی	Sharayet H	A	Corective action (CA)	CA1
		B		CA2
		C		CA3
		D		CA4
		E		CA5
		F		CA6
		G		CA7

قابل ذکر است که هر یک از مقادیر متغیرهای ورودی یعنی مقادیر  $a, b, c$  و ... مندرج در جدول (۶) در واقع همان مولفه‌های دانشی قواعد یا قسمت شرط قواعد در هر حوزه است که بعنوان گزینه توسط کاربر انتخاب می‌شود و بر اساس آن مقدار متغیر خروجی که همان قسمت نتیجه قواعد می‌باشد، توسط سیستم پاسخ داده می‌شود. بعنوان مثال در حوزه بحرانی بودن فرایند، مقادیر متغیرهای ورودی (یعنی  $a, b, c$  و ...) که همان گزینه‌های انتخابی هستند و باید توسط کاربر انتخاب شوند به شرح ذیل است:

a-مشکل فرایند ناشی از نوسانات تولید بوده و ناشی از مشخصه های اقلام ورودی نباشد.

b-فرایند در شکل‌گیری اساسی محصول اهمیت ویژه‌ای داشته باشد.

c-فرایند عمر یا عملکرد محصول را تهدید نماید.

d-فرایند ضایعات بالایی داشته باشد که عمدتاً بر اساس نمودار پارتو انتخاب می‌شود.

e-فرایند دوباره کاری و اصلاح زیادی داشته باشد که عمدتاً بر اساس نمودار پارتو انتخاب می‌شود.

f-در این فرایند موقعیت‌هایی برای صرفه‌جویی در منابع (زمان، هزینه، نیروی انسانی، ماشین‌آلات و تجهیزات و انرژی و ...) وجود داشته باشد.

g-فرایند هزینه بالایی داشته باشد که عمدتاً فرایند بر اساس نمودار پارتو انتخاب می‌شود.

h- فرایند مشکل ایمنی ایجاد نماید.

i-فرایند زمینه را برای نارضایتی یا شکایت مشتریان فراهم سازد.

so-فرایند هیچکدام از شرایط فوق را ندارد.



سپس در حوزه بحرانی بودن مشخصه گزینۀ "SO- هیچکدام از شرایط را دارا نیست" انتخاب گردید که سیستم پیام " مشخصه بحرانی نیست(noncritical) " را اعلام نمود لذا پیشنهاد حذف کنترل آماری فرایند و با یک درجه تخفیف نمونه گیری در فواصل زمانی طولانی تر در این مشخصه از فرایند مطرح گردید.

برای صحت این پاسخ، میزان ضایعات و هزینه‌ها و سایر موارد ناشی از عدم اجرای کنترل آماری فرایند از جمله مسائل فنی در فواصل زمانی متفاوت اندازه گیری شده و مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصل از تحلیل آنها و گزارش‌های مسئولین مربوطه در صنعت نشان داد که زمان و هزینه صرفه جویی شده ناشی از اجرای سیستم خبره پیشنهادی، بسیار قابل توجه بوده است

از آنجائیکه در وضعیت موجود، صنعت بر اساس سوابق به طور مستمر اجرای کنترل فرایند آماری را ادامه می‌داد و هزینه های غیر ضرور و بی‌موردی را جهت کنترل فرایند بر صنعت تحمیل می‌نمود با ارائه نتایج حاصل از اجرای سیستم خبره پیشنهادی، نظریه سیستم خبره طراحی شده مبنی بر عدم نیاز به اجرای کنترل آماری فرایند و با یک درجه تخفیف، نمونه گیری در فواصل زمانی طولانی‌تر(مثلا روزانه)مورد تایید مهندسين و خبرگان صنعتی نیز قرار گرفت.

**جدول(۷) بررسی وضعیت موجود و پیشنهادهای ارائه شده توسط سیستم در خصوص مشخصه قطر از فرایند فرم بندی در خط تولید b**

شرح	حوزه ۱	حوزه ۲	حوزه ۳	حوزه ۴
وضع موجود	مطرح نیست	مطرح نیست	نمودار کیفی وصفی	نمودار p استفاده می شود
پاسخ سیستم ارائه شده	فرایند بحرانی است		مشخصه بحرانی نیست	

**ادامه جدول (۷) بررسی وضعیت موجود و پیشنهادهای ارائه شده توسط سیستم در خصوص مشخصه قطر از فرایند فرم بندی در خط تولید b**

شرح	حوزه ۵	حوزه ۶	حوزه ۷	حوزه ۸
وضع موجود	هر ۱۵ دقیقه ۱۰ نمونه	پایدار است	مطرح نیست	فرایند تحت کنترل است
پاسخ سیستم ارائه شده			مشخصه بحرانی نیست	

**۳-۴-۲- موتور استنتاجی :** استراتژی استنتاجی استفاده شده در این سیستم خبره ، زنجیره پیشرو<sup>۵</sup> است. در این سیستم با نمایش هر یک از گزینه‌ها به صورت مستقیم این سؤال مطرح می‌شود که کدامیک را انتخاب می‌نمائید. با انتخاب یکی از این گزینه‌ها یک مرحله به جلو می‌رویم و این روند ادامه می‌یابد تا جایی که به انتهای مسیری که هدف گذاری نموده‌ایم، برسیم. طی نمودن این مسیر بر اساس IF و THEN های قواعد صورت می‌گیرد.

**۳-۴-۳- مدیریت دانش :** مدیریت دانش وظیفه نمایش بیانات، اطلاعات و راهنماییهای خاص هر یک از حوزه های ( فازهای) هشت گانه از بین تمام اطلاعات موجود و ارتباط کاربر به پنجره ها و گزینه- های مناسب از بین تمامی پنجره‌ها و گزینه‌های موجود در پایگاه دانشی و سیستم ارائه شده را بر عهده دارد.

**۳-۴-۴-ارتباط با کاربر:** این سیستم، ارتباط با کاربر را از طریق صفحات تعریف شده در نرم افزار VP EXPERT میسر نموده که از سیستم عامل ویندوز بدین منظور استفاده شده است.

#### ۴- مطالعه موردی

جهت بررسی اثر بخشی و اعتبارسنجی سیستم طراحی شده، یک مطالعه کاربردی در چند فرایند از صنایع تولیدی صورت گرفته که نتایج آن در ادامه ارائه می‌گردد.

در صنایع Y محصول X از محصولات بسیار استراتژیک و کلیدی آن صنعت محسوب می‌شود. برای تولید محصول مورد نظر ابتدا اجزاء و مجموعه‌ها در چند خط مستقل a ، b و c تولید و سپس در یک خط ، مونتاژ و محصول نهایی ارائه می‌گردد. در هر یک از خطوط تولید اجزا در چند فرایند سیستم مستقر و اجرا گردید که به عنوان مثال دو فرایند به عنوان مطالعه موردی در اینجا آورده شده است.

برای نشان دادن میزان موثر بودن سیستم خبره طراحی شده، ابتدا وضع موجود و سپس پاسخ سیستم را در هر یک از حوزه‌های هشت گانه ارائه نمودیم که خلاصه آنها در جداول (۷) و (۸) آورده شده است.

نکته قابل توجه اینکه در هنگام ورود به سیستم خبره پیشنهادی به ترتیب می‌توان وارد حوزه‌ها شد. در هر مطالعه موردی بنابر نیاز به تعدادی از حوزه‌ها ورود صورت می‌گیرد. در هر حوزه تعدادی گزینه که همان شرایط تصمیم‌گیری می‌باشد وجود دارد که باید از بین آنها یکی را انتخاب نمود تا سیستم پاسخ مناسب را ارائه نماید.

مورد اول : بررسی مشخصه قطر از فرایند فرم بندی در خط تولید b، ابتدا وارد سیستم خبره پیشنهادی شده و در حوزه اول با عنوان حوزه بحرانی بودن فرایند از بین گزینه‌های مطرح شده، توسط اپراتور گزینه "b- در شکل گیری اساسی محصول اهمیت ویژه ای دارد" انتخاب گردید که سیستم پاسخ متناسب با این انتخاب را اجرا و پیام " فرایند بحرانی است(critical) " را نمایش داد.

جدول (۸) بررسی وضعیت موجود و پیشنهادهای ارائه شده توسط سیستم در خصوص مشخصه لنگی از فرایند کشش ۱ در خط تولید b

شرح	حوزه ۱	حوزه ۲	حوزه ۳	حوزه ۴
وضع موجود	مطرح نیست	مطرح نیست	نمودار کیفی وصفی	نمودار p استفاده می-شود
پاسخ سیستم ارائه شده	فرایند بحرانی است	مشخصه بحرانی است	نمودار کیفی وصفی استفاده شود	نمودار p استفاده شود

ادامه جدول (۸) بررسی وضعیت موجود و پیشنهادهای ارائه شده توسط سیستم در خصوص مشخصه لنگی از فرایند کشش ۱ در خط تولید b

شرح	حوزه ۵	حوزه ۶	حوزه ۷	حوزه ۸
وضع موجود	هر ۱۵ دقیقه ۱۰ نمونه	پایدار است	مطرح نیست	فرایند تحت کنترل است
پاسخ سیستم ارائه شده	اندازه نمونه بزرگ باشد	پایدار است	فرایند قابلیت دارد	عدم استفاده از نمودار کنترل یا افزایش میانگین

## ۵- نتیجه گیری :

بر اساس جمع بندی و تحلیل مرور ادبیات و پیشینه تحقیق مربوط به انواع سیستم‌های خیره در زمینه کنترل آماری فرایند و زمینه‌های مشابه و جدول (۱)، به این نتیجه می‌رسیم که در سیستم‌های خیره موجود به حوزه‌های نحوه نمونه گیری (اندازه نمونه و فواصل نمونه گیری)، ویژگی نمودار کنترل، نوع نمودار کنترل، پایداری فرایند، قابلیت فرایند و اقدامات اصلاحی و بهبود فرایند پرداخته شده است در حالیکه در سیستم خیره پیشنهادی علاوه بر حوزه‌های فوق، حوزه‌های بحرانی بودن فرایند و بحرانی بودن مشخصه نیز به عنوان شرط لازم جهت ورود به بحث کنترل فرایند آماری به طور شفاف و روشن اضافه شده است.

برای طراحی این سیستم، سیستم Aly and Tsacly به عنوان مبنا در نظر گرفته شده زیرا سیستم مذکور علاوه بر حوزه‌های نحوه نمونه گیری (اندازه نمونه و فواصل نمونه گیری)، ویژگی نمودار کنترل، نوع نمودار کنترل، پایداری فرایند، قابلیت فرایند و بهبود فرایند و اقدامات

مورد دوم : در بررسی مشخصه لنگی از فرایند کشش ۱ در خط تولید b، در حوزه بحرانی بودن فرایند، گزینه "b- در شکل گیری اساسی محصول اهمیت ویژه ای دارد" انتخاب شد که سیستم پیام " فرایند بحرانی است () " را نمایش داد. سپس در حوزه بحرانی بودن مشخصه، گزینه "a- عمر یا عملکرد نهایی مورد انتظار را نهدید می نماید " انتخاب گردید که در پاسخ، سیستم "مشخصه بحرانی است" را اعلام نمود.

در حوزه ویژگی نمودار کنترل، با انتخاب گزینه " g- فرایند در حالت تحت کنترل بسر می برد و توانا می باشد " سیستم " استفاده از نمودارهای کنترل وصفی (attribute)" را پیشنهاد نمود. در حوزه نوع نمودار کنترل، با انتخاب گزینه " t- نسبت اقلام معیوب تولید شده در فرایند مد نظر باشد" پیشنهاد سیستم " استفاده از نمودار p (p-chart) " است.

بعد از آن در حوزه پایداری فرایند گزینه " r- هیچکدام از شرایط را دارا نیست " انتخاب شد که پاسخ سیستم " فرایند تحت کنترل یا پایدار است (process in control) " اعلام گردید. متعاقب آن در حوزه قابلیت فرایند، بر اساس فرمول ارائه شده در گزینه های این حوزه، قابلیت فرایند محاسبه و گزینه " a- PCR>1/33 " انتخاب گردید که پاسخ سیستم " فرایند قابلیت دارد به عبارتی دیگر فرایند توانا است توام با توضیحات تحت عنوان (CPI) " می باشد . نهایتاً در حوزه بهبود فرایند و اقدامات اصلاحی، با توجه به انتخاب گزینه " e- فرایند تحت کنترل و توانا باشد " پاسخ سیستم " لیستی از اقدامات جهت بهبود و اصلاح فرایند (CA5) " می باشد لذا لیستی از پیشنهادهای ارائه گردید که بعضی از آنها عبارتند از :

-می توان از نمودارهای کنترل استفاده نکرد و با یک درجه تخفیف، نمونه گیری در فواصل زمانی طولانی تر (مثلاً روزانه) انجام شود.

-میانگین را افزایش داد.

برای صحت این پاسخ، میزان ضایعات و هزینه‌ها و سایر موارد ناشی از عدم استفاده از نمودار کنترل و یا افزایش میانگین از جمله مسائل فنی در فواصل زمانی متفاوت اندازه گیری شده و مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصل از تحلیل آنها و گزارش‌های مسئولین مربوطه در صنعت نشان داد که زمان و هزینه ناشی از اجرای سیستم خیره پیشنهادی بسیار قابل توجه بوده است .

از آنجائیکه در وضعیت موجود، صنعت بر اساس سوابق به طور مستمر اجرای کنترل فرایند آماری را ادامه می‌داد و هزینه‌های غیر ضرور و بی‌موردی را جهت کنترل فرایند بر صنعت تحمیل می‌نمود با ارائه نتایج حاصل از اجرای سیستم خیره پیشنهادی، نظریه سیستم خیره طراحی شده مبنی بر عدم استفاده از نمودار کنترل و یا افزایش میانگین مورد تایید مهندسين و خبرگان صنعتی نیز قرار گرفت.

در هر دو مورد با توجه به پاسخ‌های ارائه شده توسط سیستم و تجزیه و تحلیل‌های انجام شده، نظریه سیستم مورد تایید مهندسين و خبرگان صنعتی نیز قرار گرفت.

زمانی مختلف بسیار قابل توجه است. این صرفه جویی‌ها ناشی از عدم یا کاهش بکارگیری پرسنل کیفیت، حذف یا کاهش تعداد دفعات آزمایش در فرایندها، مشخصه‌ها و موارد غیر ضرور، حذف یا کاهش اندازه نمونه و تعداد دفعات نمونه‌گیری در فرایندها و مشخصه‌ها و موارد غیر ضرور و در نهایت کاهش هزینه‌ها بود.

در خصوص برخی دیگر صرفاً تغییراتی در ویژگی نمودار کنترل، نوع نمودار کنترلی و نحوه نمونه‌گیری مطرح شد که بدلیل حساس بودن فرایند یا مشخصه و ماهیت صنعتی آن، این تغییرها بسیار حیاتی بود.

از نکات دیگر قابل توجه، بحث توجیه مدیریت‌ها بود که به دلیل آکادمیک بودن و خبره بودن این سیستم، اعتماد آنها به این سیستم جلب گردید و مجوز برخورد با فرایندهای مجموعه‌شان مطابق با پاسخ-های ارائه شده توسط سیستم را صادر نمودند.

از نکات برجسته دیگری که در این سیستم قابل توجه است نوع دانشی است که در پایگاه دانش سیستم مذکور نهفته و امکان دسترسی به مسائل گسترده فنی و خبرگی را در هر یک از حوزه‌ها فراهم می‌آورد.

با عنایت به موارد مطروحه فوق در خصوص بهبودهای انجام شده در چند نمونه از فرایندهای صنایع تولیدی و ساختار حاکم بر مجموعه‌های مشابه، حضور این سیستم در کلیه صنایع تولیدی با فناوریهای ساده تا پیچیده، جهت ایجاد بهبودهای بیشتر و موثرتر و مستمر می‌تواند نقش بسزایی داشته باشد.

از آنجائیکه پایه و اساس سیستم‌های خبره، دانش موجود در پایگاه دانشی آنها است لذا این سیستم با داشتن حوزه‌ها و مولفه دانشی قوی و گسترده می‌تواند به عنوان مبنایی برای سیستم‌های خبره هوشمندتر مورد استفاده واقع شود.

این سیستم به طور خاص می‌تواند در حالت‌های مختلف فازی، معماری‌های پیچیده‌تر سیستم خبره، کنترل آماری فرایند چند متغیره و نمودارهای کنترلی خاص با شرایط ویژه، طراحی و در قالب مطالعه‌های موردی عمیق و گسترده مورد استفاده قرار گیرد.

### پیوست الف - نمونه سؤال پرسشنامه :

در مصاحبه و پرسشنامه از کارشناسان و خبرگان خواسته شد که نظر خود را در خصوص هر یک از سئوالات اعلام نمایند به عنوان مثال در خصوص حوزه بحرانی بودن فرایند سئوالات مطرح شده به شرح ذیل می‌باشد :

۱- اگر مشکل فرایند ناشی از نوسانات تولید بوده و ناشی از مشخصه‌های اقلام ورودی نباشد آنگاه فرایند بحرانی است ؟

کاملاً موافقم - متوسط - مخالفم - کاملاً مخالفم

۲- اگر فرایند در شکل‌گیری اساسی محصول اهمیت ویژه‌ای داشته باشد آنگاه فرایند بحرانی است ؟

اصلاحی، به حوزه‌های بحرانی بودن فرایند و بحرانی بودن مشخصه نیز با استفاده از نمودار استخوان ماهی و طوفان ذهنی به طور تلویحی اشاراتی داشته است لیکن به طور اساسی به حوزه‌های مذکور ورود ننموده و در سیستم نیز کارسازی نشده است. در این سیستم از استراتژی زنجیره پیشرو جهت استنتاج استفاده شده و بازنمایی دانایی با استفاده از if then می‌باشد. نرم افزار سیستم به گونه ای طراحی شده که با انتخاب یکی از گزینه‌های مطرح شده در هر حوزه، پاسخ مناسب از سوی سیستم ارائه می‌گردد.

همچنین سیستم خبره پیشنهادی شامل ۱۲۴ مولفه دانشی قواعد می‌باشد که دانش آنها را از منابع مختلف استخراج نموده (حدود ۸۱ منبع که اکثراً خارجی می‌باشد) و توسط مصاحبه و پرسشنامه از نظرهای خبرگان آکادمیک و صنعتی نیز بهره جسته و تاییدیه نیز گرفته است (نتیجه تحلیلهای آماری سئوالات پرسشنامه در متن آورده شده است) در حالیکه در سیستم‌های خبره موجود، این قواعد به صورت تصریحی بیان نشده است لذا کلیه موارد فوق از ویژگیهای بارز این سیستم می‌باشد.

به طور خلاصه، سیستم طراحی شده شامل هشت حوزه بحرانی بودن فرایند، بحرانی بودن مشخصه، نحوه نمونه‌گیری (اندازه نمونه و فواصل نمونه‌گیری)، ویژگی نمودار کنترل، نوع نمودار کنترل، پایداری فرایند، قابلیت فرایند و اقدامات اصلاحی و بهبود فرایند و ۱۲۴ مولفه دانشی قواعد می‌باشد.

این سیستم با توجه به گستردگی حوزه‌ها و مولفه‌های دانشی موجود در آن با استفاده از یکی از نرم افزارهای سیستم خبره با عنوان VP EXPERT نوشته شده است.

به جهت اعتبار سنجی، سیستم پیشنهادی در فرایندهای صنایع تولیدی مستقر گردید لیکن به دلیل محدودیت کلیه مطالعات موردی در این مقاله آورده نشده است لذا به طور خلاصه به اهم نتایج قابل توجهی که بدست آمده اشاره می‌شود:

برای صحت این پاسخ، میزان ضایعات و هزینه‌ها و سایر موارد ناشی از عدم استفاده از نمودار کنترل و یا افزایش میانگین از جمله مسائل فنی در فواصل زمانی متفاوت اندازه‌گیری شده و مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصل از تحلیل آنها و گزارش‌های مسئولین مربوطه در صنعت نشان داد که زمان و هزینه ناشی از اجرای سیستم خبره پیشنهادی بسیار قابل توجه بوده است .

از آنجائیکه در وضعیت موجود، صنعت بر اساس سوابق به طور مستمر اجرای کنترل فرایند آماری را ادامه می‌داد و هزینه‌های غیر ضرور و بی‌موردی را جهت کنترل فرایند بر صنعت تحمیل می‌نمود با ارائه نتایج حاصل از اجرای سیستم خبره پیشنهادی، نظریه سیستم خبره طراحی شده مبنی بر عدم استفاده از نمودار کنترل و یا افزایش میانگین مورد تایید مهندسين و خبرگان صنعتی نیز قرار گرفت.

در یکسری از فرایندها، صرفه جویی‌های ناشی از اجرای کنترل آماری فرایند بر اساس اندازه‌گیریها و تحلیلهای انجام شده در فواصل

- 996,1998
- [۷] Pham d.t. and oztemel e, " an on-line expert systems for statistical process control " international journal of production research,vol.30,no12,2857-2872.
- [۸] masudi a.s.m and thenappan m.s.l , "a knowledge –based advisory system for statistical quality control " , international journal of production research,vol,31,no1891-1900,1993.
- [۹] Willborn walter w.o, " expert system in support of quality management " annual quality congress transactions ,v44,p758-763,1990.
- [۱۰] Tsacle e.g and aly.n.a , " an expert system model for implementing statistical process control in the health care industry " ,computer ind. Engng ,vol 31,no1/2,pp.447-450,1996.
- [۱۱] Fuzhou u, "The knowledge-based statistical process control" journal of Fuian university of technology ,2006.
- [۱۲] Cook d and massey j.g and mckinney c, " an knowledge-based approach to statistical process control " , Computer and electronic in agriculture ,vol7,p13-22, 2007.
- [۱۳] monark b and susanta k.g and Shankar c, "an expert system for control chart pattern recognition", international journal of advanced manufacturing technology , vol62 , p291-301,2012.
- [۱۴] abdur r. and hiroshi o, " an integrated optimization model for inventory and quality control problems " , optimization and engineering ,vol5,p361-377,2004.
- [۱۵] jalote p, " optimum control limits to employing statistical process control in software process " , software engineering , vol28,p1126-1134,2002.
- کاملا موافقم- موافقم- متوسط- مخالفم- کاملا مخالفم
- ۳- اگر فرایند عمر یا عملکرد محصول را تهدید نماید آنگاه فرایند بحرانی است؟
- کاملا موافقم- موافقم- متوسط- مخالفم- کاملا مخالفم
- ۴- اگر فرایند ضایعات بالایی داشته باشد آنگاه فرایند بحرانی است؟ (فرایند بر اساس نمودار پارتو انتخاب می شود)
- کاملا موافقم- موافقم- متوسط- مخالفم- کاملا مخالفم
- ۵- اگر فرایند دوباره کاری و اصلاح زیادی داشته باشد آنگاه فرایند بحرانی است؟ (فرایند بر اساس نمودار پارتو انتخاب می شود)
- کاملا موافقم- موافقم- متوسط- مخالفم- کاملا مخالفم
- ۶- اگر در این فرایند موقعیت‌هایی برای صرفه‌جویی در منابع ( زمان ، هزینه ، نیروی انسانی ، ماشین‌آلات و تجهیزات و انرژی و ... ) وجود داشته باشد آنگاه فرایند بحرانی است ؟
- کاملا موافقم- موافقم- متوسط- مخالفم- کاملا مخالفم
- ۷- اگر فرایند هزینه بالایی داشته باشد آنگاه فرایند بحرانی است؟ (فرایند بر اساس نمودار پارتو انتخاب می شود)
- کاملا موافقم- موافقم- متوسط- مخالفم- کاملا مخالفم
- ۸- اگر فرایند مشکل ایمنی ایجاد نماید آنگاه فرایند بحرانی است؟
- کاملا موافقم- موافقم- متوسط- مخالفم- کاملا مخالفم
- ۹- اگر فرایند زمینه را برای نارضایتی یا شکایت مشتریان فراهم می‌سازد آنگاه فرایند بحرانی است؟
- کاملا موافقم- موافقم- متوسط- مخالفم- کاملا مخالفم
- ۱۰- اگر فرایند هیچکدام از شرایط فوق را نداشته باشد آنگاه فرایند غیر بحرانی است؟
- کاملا موافقم- موافقم- متوسط- مخالفم- کاملا مخالفم

#### زیر نویس‌ها:

- <sup>1</sup> Inference  
<sup>1</sup> Center Line  
<sup>1</sup> Upper Control Limit  
<sup>1</sup> Lower Control Limit  
<sup>1</sup> Forward Chaining

#### - منابع و مراجع :

- [۱] غضنفری ، مهدی و کاظمی ، زهره . اصول و مبانی سیستم های خیره . تهران ، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ، ۱۳۸۹.
- [۲] مونتگمری ، داگلاس . کنترل کیفیت آماری . ترجمه نور السنا، رسول. تهران ، انتشارات دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۸۶.
- [۳] فاطمی قمی، محمد تقی. کنترل کیفیت آماری، تهران ، دانشگاه صنعتی امیر کبیر ، ۱۳۸۰.
- [۴] Alexander s.m, " the application of expert system to Manufacturing process control " , computers ind.Engng ,vol12,p307-312,1987.
- [۵] Hosni y.a and elshennawy a.k , "knowledge-based quality control system" computers ind.Engng ,vol15,p331-337,1988.
- [۶] Dagli c.h and stacy r, " a prototype expert system for selecting control charts" int. j.prod.res,vol26, p987-