استفاده از رویکرد جدید جهت کنترل نرخ خروج اضطراری نیروگاه‌ها

(مطالعه موردی در نیروگاه سیکل ترکیبی یزد)

محمد رضا خضری زاده*, یحیی زارع مهرجردی,** حسن حسینی نسب**

(محمد جعفری، سیدمحمدحسن جمال‌الدینی، محمدرضا کاظمی، سیدمصطفی سیدتقی‌زاده، محمود حسنی، محمدرضا یمین‌زاده، وحید صفدرخانی، رضا فاضل‌رضوی، علی میراولیایی،حامد دادگستر) ***

* کارشناس آمار و اطلاعات نیروگاه سیکل ترکیبی یزد .khezrizadeh@gmail.com

** استادیار دانشکده صنایع دانشگاه یزد

*** نیروگاه سیکل ترکیبی یزد (ypgmc)

چکیده:

هدف از این مقاله استفاده از رویکرد پیشنهادی جدید برای کنترل و بهبود وضعیت خروج‌های اضطراری در نیروگاه سیکل ترکیبی است. بدین منظور ابتدا ۹۶ مورد خروج اضطراری در چهار سال گذشته برای سه مولد برق G13, G14, S1 از واحد های فنی مهندسی معاونت بهره برداری و دفاتر شیفت استخراج گردید هزینه هر خروج به عنوان شاخص سنجش کارائی و سطح سیگمای تولید به عنوان شاخص اثر بخشی سیستمی برای هر مورد خروج محاسبه گردید خروجها به ۵۲ نوع دسته بندی و عامل ایجاد هر خروج به وسیله پرسشنامه به ۳ نوع انسانی فرسودگی تجهیزات و عوامل محیطی طبقه بندی شدند. به منظور اولویت بندی آنها با توجه به تعداد تکرار و هزینه و افت تولید هر خروج فاکتور وقوع و شدت برای هر کدام محاسبه گردید با نمره دهی عوامل تشخیص، فاکتور کشف برای هر کدام محاسبه و عدد ریسک مربوطه بدست آمد با رسم نمودار پارتو ۵۲ نوع خروج اولویت بندی شدند تا دلایل بحرانی خروجها مورد تمرکز قرار گیرند سپس باانجام شبیه سازی کامپیوتری میزان تاثیر سیاستهای مدیریتی در مقابله با عوامل طبقه بندی شده سه گانه بر کارایی و اثر بخشی سیستم پیش بینی گردید. در انتها طرح‌ریزی پایش سیستمی انجام گرفت. با توجه به پیگیری های مجدانه مدیریت و معاونین محترم و همکاران نیروگاه نرخ خروج اضطراری 13 درصدی سال ۸۹ طی چند سال گذشته با روند کاهشی به ۳ درصد در سال ۹۵ کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: نیروگاه سیکل ترکیبی, چرخه بهبود DMAIC[1] , ضریب خروج‌اضطراری, کارایی واثربخشی, اولویت بندی روش FMEA[2]

۱. مقدمه

نیروگاه سیکل ترکیبی[3] نیروگاهی است که در آن علاوه بر انرژی الکتریکی تولید شده در دو توربین گازی از حرارت موجود در گازهای خروجی توربینها جهت تولید بخار در یک بویلر بخار بازیاب استفاده شده و بخار تولیدی در یک توربو ژنراتور بخار تولید انرژی برق می کند همانگونه که می دانیم با وجود برنامه های نت موجود هر ساله هزینه‌های هنگفتی به دلیل خروج‌های اضطراری ناخواسته بر سازمان‌های تولید پیوسته و بخصوص نیروگاه‌های برق تحمیل می‌شود بر این راستا در این پژوهش روشی جهت بررسی، کنترل و بهبود نرخ خروج‌های اضطراری برای یک بلوکه سیکل ترکیبی ارائه شده است بنابراین در فرایند این تحقیق سعی شده تا رویکردی تلفیقی جهت بررسی و پایش کارایی و اثربخشی سیستم، طبقه بندی دلایل خروج‌های اضطراری، اولویت‌بندی عوامل ایجاد خروج‌های اضطراری، تمرکز دهی بر عوامل کلیدی، پیش بینی تاثیر سیاستهای متفاوت مدیریتی بر عملکرد سیستم و طرح ریزی پایش سیستم در جهت کنترل و بهبود آن با توجه به برنامه نت موجود ارائه و پیاده گردد.

۲. شرحی بر واژه‌ها و متدهای مورد استفاده

۲,۱ مقدمه ای از نت و بهبود در آن

نت به مجموعه فعالیت‌هایی در زمینه حصول اقتصادی‌ترین راه صرف هزینه جهت بهره برداری و بهسازی تجهیزات و مجموعه عملیاتی که در جهت نگهداری دستگاه‌ها در شرایط قابل قبول و یا تغییر آنها به شرایط قابل

[1] . define-measure-analyze-improve-control

[2] .Failure modes and effects analysis

[3] . http://www.ypgmc.co.ir/

قبول گفته می‌شود. با تغییر نوع تولیدات از تولید سفارشی تا دسته‌ای و انبوه و پیوسته, میزان پیچیدگی برنامه های نت (مدیریت فنی) و اهمیت آن رو به افزایش است[1]. توسعه مکاتب نت و ارتقاء آن از قبل جنگ جهانی دوم تاکنون در قالب ۴ نسل از صرف تعمیرات اصلاحی به نت مبتنی برریسک, دوره عمر, قابلیت اطمینان و مبتنی بر شرایط با کمک رایانه ارتقا یافته است [2]. روشهای تعمیرات و نگهداری را می توان در دو دسته اصلی شامل تعمیرات اصلاحی و تعمیرات پیشگیرانه تقسیم‌بندی کرد [3,4,5]. نت اصلاحی رویکردی انفعالی است که پس از کار افتادن سیستم و وقوع خرابی اعمال می‌شود اما نت پیشگیرانه قبل از کار افتادن سیستم به منظور حفظ تجهیزات در شرایط مناسب و کشف خرابی‌ها قبل از وقوع انها اعمال می گردد [6]. در هر حال نت پیشگیرانه سنتی با تاکید بر بازرسی های چشم بسته و اکتفا نمودن به دانش تجربی تعمیر کاران جوابگوی صنایع رو به رشد و تکنولوژی پیچیده امروزی نیست [7]. کوتاهی در انجام تعمیرات پیشگیرانه (PM[4]) افزایش هزینه‌های تعمیرات اضطراری شامل خرابی‌های پیش بینی نشده ماشین آلات (EM[5]) و توقفات خارج از برنامه تولید را در پی دارد از سوی دیگر زیاده روی در تعمیرات پیشگیرانه به دلیل توقفات پی در پی تولید هدر دادن منابع برای انجام فعالیت‌ها غیر ضروری با کاهش حاشیه سود و تحمیل هزینه های گزاف به سازمان همراه است [1,8].

۲,۲ شش سیگما و کاربردهای آن

شش سیگما نخستین بار در سال ۱۹۸۷ در شرکت موتورولا با هدف آرمانی کم کردن تعداد نقص در تولیدات به میزان ۳,۴ نقص در یک میلیون فرصت نقص معرفی گردید [9]. در شرکت آلاید سیگنال نیز این روش به عنوان ابتکار تجاری در راستای تولید با سطح کیفیت بالا بهبود فرایندهای کاری گسترش سطح مهارتهای کارکنان و ایجاد تحول فرهنگی استفاده شد [10]. آوازه جهانی و شهرت شش سیگما در جنرال الکتریک به بالاترین حد جهانی خود رسید [11]. شش سیگما ارائه روشی نظام مند به منظور اندازه گیری پایش عملکرد و تعیین انتظارات و اهداف آرمانی در مسیر بهبود یک سازمان می باشد [12]. سطح سیگما روشی برای اندازه گیری احتمالی است که یک فرایند می تواند یک هدف معین را با تنها ۳,۴ نقص در میلیون برآورد سازد شش سیگما اساسا یک برنامه فنی نیست بلکه یک برنامه مدیریتی است [13]. شش سیگما آرمان و هدفی است که سازمان را در جهت این نگرش سوق می‌دهد که کار بی عیب و نقص را بصورت فرهنگ کاری خود درآورد [14]. و به عنوان یک چشم انداز می‌کوشد با توسعه کیفیت فراتر از انتظار مشتری سازمانی در بالاترین سطح کلاس جهانی بنا نهد [15]. شش سیگما روشی هوشمند برای هدایت کسب و کار و یا یک فرایند مشخص می‌باشد که یا استفاده از داده‌های واقعی برای رسیدن به راه حلهای بهتر تلاش می کند [16] تاکید بر اندازه‌گیری یکی از ارکان مهم شش سیگما به شمار می رود [17] همانگونه که پاندی و همکاران محوریت اصلی در شش سیگما را تعیین و تمرکز بر یک هدف چالش برانگیز و در عین حال قابل باور بیان می کنند [18] بدین ترتیب اساس کار بر تحقق اهداف کمی بهبود در مبنای اندازه گیری تعداد نقص در یک میلیون فرصت (DPMO[6]) یا همان سطح سیگمای فرایند می‌باشد [19].

۲,۳ روش FMEA در اولویت بندی خروجها

با توجه به محدود بودن منابع در یک سازمان برنامه های نت یک سیستم متناسب با سطح دسترسی و عملکرد مورد انتظار از آن دستگاه است یعنی برای بحرانی ترین دستگاهها که کارکرد و عدم توقف تولید برای آنها پر اهمیت است باید در کمترین زمان ممکن تعمیر شده و اقدامات لازم جهت پیشگیری از بروز عیب در آنها پیاده گردد[20]. روش تحلیل حالتهای خرابی و آثار آن (FMEA) یک ابزار مهندسی است که به منظور شناسایی، اولویت‌بندی و حذف خرابی‌ها ، مشکلات یا خطرات به‌القوه مورد استفاده قرار می گیرد [21]. از موارد مورد استفاده آن می توان در صنایع خودرو سازی (کمپانی فورد) [22] و صنایع هوافضا در دهه ۱۹۵۰ [23] و سازمان هوایی آمریکا (ناسا[7]) [24] نام برد. انواع مختلفی از FMEA درپروژه‌های مختلف استفاده می شود از آن جمله طراحی سیستمها و زیرسیستمها، طراحی قطعات جدید یا اعمال تغییرات در طرح‌های جاری، طراحی و یا توسعه فرایندهای تولید یا مونتاژ، طراحی یا توسعه فعالیتها وارائه خدمات و شناسایی و اولویت‌بندی حالت‌های خرابی در ماشین آلات می‌باشند [71].

در این تکنیک درجه اهمیت حالت خروج اضطراری با عدد اولویت ریسک (RPN[8]) تعیین می‌شود عدد اولویت ریسک بر اساس حاصلضرب سه فاکتور شدت (S)، وقوع (O) و کشف (D) توسط تیم FMEA از یک تا ده نمره‌دهی می‌شوند. RPN بیشتر نشانگر اولویت ریسک بالاتر است[25].

این روش برای عوامل ایجاد خروج اضطراری نیز صدق می کند یعنی با توجه به تاثیرات متفاوتی که هر یک از عوامل خروج اضطراری بر سیستم تولید برق دارند اولویت بندی و یافتن درجه ریسک عوامل مختلف ایجاد خروج می تواند در بهینه سازی صرف منابع در جهت کنترل آنها مفید باشد

[4] . Preventive Maintenance
[5] . Emergency Maintenance
[6] . defect per million opportunity
[7] . national aeronautics and space administration
[8] . risk priority number

و با صرف هزینه کمتر برای رفع دلایل خروج با درجه ریسک بالاتر تاثیر بیشتری در کاهش اثرات منفی حاصل از خروجها بدست آید در فرایند این تحقیق نمره هر یک از فاکتورهای فوق با توجه به هزینه ، افت تولید ، تعداد تکرار ، جدول تشخیص عوامل و نظر سنجی از نخبگان به وسیله پرسشنامه برای هریک از عوامل ایجاد خروج اضطراری بدست آمده است.

۲,۴ تمرکز بخشی و قانون پارتو

قانون پارتو بیان می‌کند در بیشتر مواقع با تمرکز بر مهمترین عوامل می توان بزرگترین تاثیرات را بر یک سیستم گذاشت یعنی در یک سیستم شاید مهمترین عوامل کمتراز ۲۰ تا ۳۰ درصد ازکل عوامل باشند ولی با تمرکز برآنها میتوان ۷۰ تا ۸۰ درصد از سیستم را تحت تاثیر قرارداد.

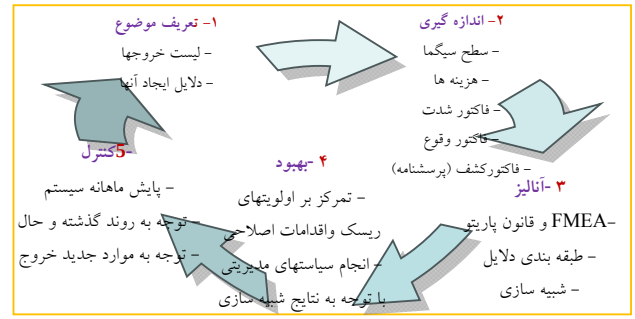
۲,۵ شبیه سازی مونت کارلو و گسسته پیشامد

شبیه سازی مجموعه‌ای از روشها ابزارها برای تقلید رفتار واقعی سیستمها است[26]. وقتی مطالعه مستقیم در سیستم واقعی هزینه بر، خطرناک یا غیر ممکن باشد می توان با یک مدل مناسب سیستم واقعی را شبیه سازی کرد از انواع شبیه‌سازی دو نوع پیشامد گسسته و مونت کارلو است در شبیه سازی نوع پیشامد گسسته زمان نقش کلیدی دارد و مدل از متغیر هایی تشکیل شده که دارای تابع زمان هستند بر خلاف آن در شبیه سازی مونت کارلو زمان نقشی ندارد بلکه معرف سیستم در لحظه خاصی از زمان است در این حالت شبیه سازی حالتی ایستا داشته و در آن برای مدلسازی از اعداد تصادفی استفاده می‌شود [27]. مونت کارلو شیوه بسیار ارزشمندی است که امروزه به طور گسترده به حل مسائل واقعی در علوم مختلف مهندسی کمک می کند [28] ایده اصلی در این روش ایجاد مجموعه مشخصی از اعداد تصادفی با توزیع های احتمالی مشخص، به منظور خلق یک سناریوی واقع بینانه در خصوص بخشی از دوره حیات یک سیستم واقعی بر اساس وقوع پیشامدهای گسسته در یک مدل کامپیوتری است. مدل شبیه سازی شده با استفاده از کامپیوتر در دفعات متعدد اجرا شده و براساس آن تخمین قابل قبولی از قابلیت سیستم واقعی بدست آمد[29].

۲,۶ متدولوژی پیشنهادی

با توجه به مطالعات انجام شده هیچ نمونه مدل قبلی برای بررسی و کنترل خروج‌های اضطراری در نیروگاه‌ها پیشنهاد نشده یا مدون نگردیده است در نتیجه در این تحقیق سعی شده با ترکیب متدهای متفاوت و مناسب رویکردی جهت بررسی، آنالیز و جهت‌دهی به خروج‌های اضطراری ارائه گردد. جزئیات انتخاب روش پیشنهادی در مطالعه قبلی با عنوان "بررسی روشهای بهینه سازی و ارائه روشی نوین به منظور کاهش خروج اضطراری در نیروگاهها" بیان شده بود. و در این مقاله جزئیات استفاده از این روش و اعتبارسنجی و نتایج انجام پروژه بیان گردیده است. در ادامه با توجه به مرور ادبیات انجام شده با انواع متدهای مورد استفاده و ماهیت متغیرهای موجود در سیستم در فرایند این تحقیق ابتدا با توجه به سابقه خروج های اضطراری واحدها علل و هزینه های مربوطه بررسی و دسته بندی و هزینه یابی می شوند و سپس تاثیر هر کدام بر هزینه بهره برداری سیستمی و کاهش تولید و راندمان مولد ها مورد سنجش قرار می‌گیرد بعد به روش علت و معلولی علل ایجاد این خروج‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد با توجه به علل آنها و دسته بندی آن موارد به روش FMEA و محاسبه عدد ریسک عوامل مختلف راهکارهایی جهت کم کردن تعداد آنها ارائه و با طبقه بندی آنها تاثیر سیاستهای مدیریتی بر فرایند و سطح سیگما به وسیله شبیه سازی مورد سنجش قرار می گیرد. به منظور طرح ریزی متد از یک چرخه بهبود شش سیگما استفاده گردید تا در هر مرحله از متدهای مورد نیاز استفاده شوند مطابق شکل:۲ متدها و فعالیت های مورد استفاده در هر مرحله عبارتند از:

۱. مرحله تعریف: در این مرحله لیست خروج‌ها تهیه شده و دلایل ایجاد آنها به روش علت و معلولی بدست می آیند.
۲. مرحله اندازه‌گیری: در این مرحله پارامتر های مهمی مانند سطح سیگمای تولید با توجه به هر خروج اضطراری، هزینه کل هر خروج با توجه به مقدار جریمه و عدم تولید، و فاکتور شدت، وقوع و کشف برای هر عامل ایجاد خروج محاسبه می شوند.
۳. مرحله آنالیز: در این مرحله با استفاده از مقادیر فاکتورهای محاسبه شده از متد FMEA و قانون پاریتو برای اولویتبندی و تمرکز بخشی استفاده میشودهمچنین انواع دلایل ایجادخروج نیز بااستفاده ازپرسشنامه و نظرسنجی از نخبگان به سه دسته انسانی، فرسودگی و عوامل محیطی طبقه بندی می شوند در ادامه با استفاده از مقداراحتمال پیشگیری بدست آمده توسط پرسشنامه با نمره دهی عوامل و انواع عوامل ایجاد خروج شبیه سازی انجام می شود تا تاثیر سیاستهای مختلف مدیریتی در کنترل خروجها بدست آیند.
۴. مرحله بهبود: در این مرحله با توجه به نتایج حاصل از شبیه‌سازی و اولویت‌بندی و تمرکزبخشی سیاستهای اجرایی مدیریتی اجرا می شوند.
۵. مرحله کنترل: در فاز کنترل پایش ماهانه سیستم انجام می شود روند خروجها از گذشته تا حال ثبت شده و موارد جدید ایجاد خروج به چرخه بهبود اضافه می‌شوند.

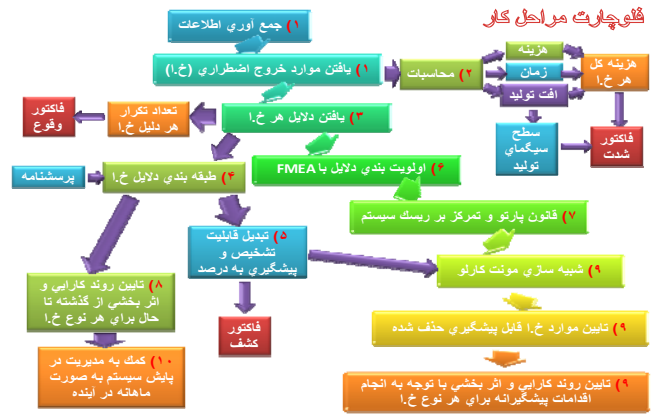


شکل:۱ متدهای مورد نیاز در هر مرحله از چرخه شش سیگما

۳. شرح اجرای متدولوژی و نتایج

۳,۱ جمع آوری داده موارد خروجها ویافتن دلایل آنها

با مراجعه به دفتر فنی و مهندسی و معاونت بهره برداری و دفاتر شیفت تک تک موارد خروج اضطراری ثبت گردیدند در کل ۹۶ مورد خروج اضطراری بافت شد هر یک از این موارد خروج اضطراری مربوط به یک یا چند بخش از سیستم با نامهای S1, G14, G13 بودند برای هر یک از آن موارد خروج اطلاعاتی نظیر تاریخ و ساعت خروج و ورود سیستم ، میزان تولید کل سیستم قبل از خروج اضطراری و میزان تولید بعد از خروج و هزینه جریمه و عدم تولید مربوط به آن برای هر مگاوات جمع آوری شد سپس علت هر خروج اضطراری نیز به روش علت و معلولی به صورت خلاصه ثبت گردید.



شکل۲: فلوچارت مراحل انجام پروژه

۳,۲ انجام محاسبات

در ادامه با انجام محاسبات مربوطه میزان افت تولید به خاطر هر خروج بدست آمد و به وسیله نرم افزار محاسبه سطح سیگما به شاخص میزان کاهش سطح سیگما تبدیل گردید تا معیاری برای سنجش تاثیر بر اثربخشی سیستم برای هر مورد خروج اضطراری باشد هزینه هر خروج اضطراری نیز با توجه به نرخ جریمه و عدم تولید و مدت خروج محاسبه گردید تا شاخصی جهت سنجش تاثیر هر خروج اضطراری بر کارایی سیستم باشد.

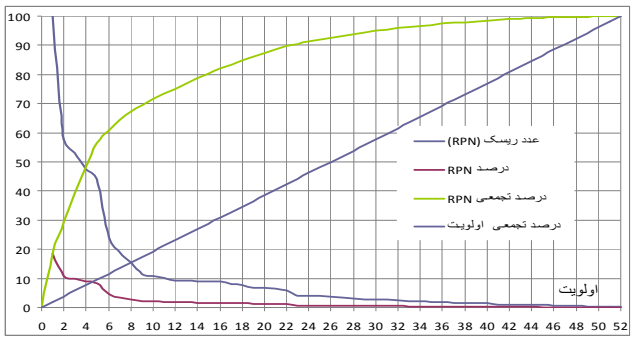
۳,۳ دسته بندی و طبقه بندی دلایل خروج اضطراری ها

در ادامه کل خروجهای اضطراری به ۵۲ دلیل دسته بندی شدند و توسط پرسشنامه و نظر سنجی به صورت حضوری و شفاهی نظر ۱۱ نفر از خبرگان نیروگاه در این زمینه گردآوری شد و در نهایت با جمع بندی نظرات آنها عوامل ایجاد خروج به سه دسته خطای انسانی ، فرسودگی و خرابی تجهیزات و عوامل بیرونی و محیطی طبقه بندی شدند.(برای دیدن جزئیات بیشتر به جدول شماره ۱ مراجعه شود).

۳,۴ اولویت‌بندی به روش FMEA و تمرکزبخشی به روش پاریتو

هریک از ۵۲ دلیل خروج اضطراری بین ۱ الی ۱۷ بار تکرار داشت که با تبدیل تعداد تکرار به عددی بین صفر تا ده فاکتور وقوع محاسبه گردید به کمک پرسشنامه و روش نمره دهی به عوامل تشخیص، فاکتور کشف برای هر ۵۲ مورد بدست آمد، با توجه به هزینه کل و میزان کاهش سطح تولید یا افت تولید به خاطر آن عامل خروج، فاکتور شدت بدست آمد در انتها با ضرب سه فاکتور وقوع و کشف و شدت عدد ریسک (RPN) برای هر دلیل خروج بدست آمد تا اولویت بندی این دلایل خروج به روش FMEA انجام پذیرد.

بعد از اولویت‌بندی دلایل نوبت به تمرکزبخشی بر مهمترین آنها می رسد بدین منظور از اولویت اول تا ۵۲ مقادیری به نام درصد تجمعی ریسک و درصد تجمعی اولویت محاسبه شد که برای هر کدام از اولویت اول تا ۵۲ مقدار آنها به صد نزدیک میشود و دراولویت ۵۲ به عدد صد می رسد با رسم نمودار پارتو برای این ۵۲ اولویت (جدول ضمیمه شماره1) به راحتی میتوان تشخیص داد که هر چندتا از اولویتهای اولیه چه مقدار ازدرصدتجمع ریسک سیستم رادارامی باشند.



نمودار۱: رسم نمودار پارتو برای ۵۲ اولویت ریسک

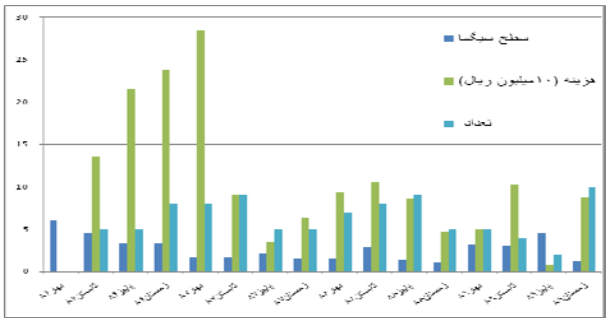
نکته قابل توجه صدق نمودن قانون پارتو برای آن است یعنی کمتر از ۲۰ درصد از دلایل خروج (اولوبت اول تا دهم) بیش از ۷۰ درصد تاثیرات منفی کل را در ایجاد خروجها گذاشته اند.

جدول شماره ۱: اولویت بندی ۵۲ عامل خروج اضطراری به روش پاریتو

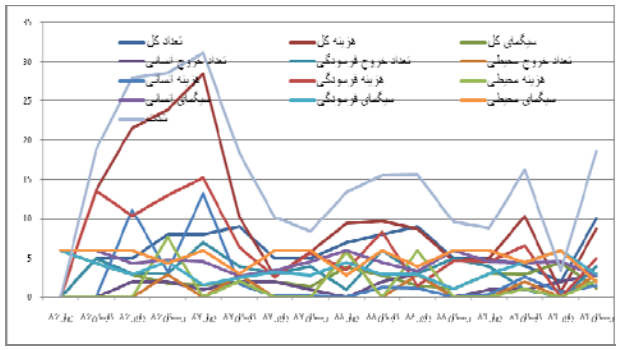
طبقه بندی	قابلیت تشخیص پیشگیری	درصد تجمعی اولویت	درصد تجمعی RPN	(RPN) عدد ریسک	کشف	وقوع	شدت	تعداد تکرار	.....دلیل خروج اضطراری	نام مولد تحت تاثیر	اولویت مشکل
محیطی	0.1	1.92	18.56	100.0	1.00	10.0	10.0	17	کارپیمانکار پست یزد ۲ تغذیه رله۲۳۰-۴۰۰،ریورس پاور،RTU ها ،رله دیستانس	S1,G13,G14	1
فرسودگی	0.85	3.85	29.29	57.83	8.50	2.35	2.89	4	عملکرد کاذب لیمیت سوئیچ های گیوتین دمپر به دلیل سوختگی	S1	2
فرسودگی	0.8	5.77	39.12	52.96	8.00	2.94	2.25	5	معیوب بودن ترموکوپل۸،۱۳ G14و۷ایجاد اسپرد	G14	3
فرسودگی	0.65	7.69	47.96	47.66	6.50	2.35	3.12	4	اختلاف درهات ول وافت خلا وعدم کنترل سیستم	S1	4
انسانی	0.75	9.62	56.13	44.00	7.50	1.18	4.99	2	تریپ G13در حال میکس ۳۰ درصد اسپرد بالا رفت	G13,B1	5
فرسودگی	0.5	11.54	60.60	24.10	5.00	1.18	4.10	2	تریپ G14عمل اشتباه پرشرسویچ فشار روغن عدم تست دراورهال	B2,G14	6
فرسودگی	0.4	13.46	64.09	18.82	4.00	1.18	4.00	2	بالا بودن لرزش یاتاغان ۴وعمل نمودن کاذب زون ۱فایر فایتینگG14	G14,B2	7
فرسودگی	0.55	15.38	66.94	15.35	5.50	1.18	2.37	2	اشکال در سیستم تحریک(تریستورها)	G13	8
انسانی	0.8	17.31	69.09	11.57	8.00	1.18	1.23	2	تریپG14اتصالی در کابل پمپ کولینگ۲ در زمان کار تعمیر روی پمپ۱	G14,B2	9
فرسودگی	0.65	19.23	71.11	10.91	6.50	1.18	1.43	2	تریپG14 وبویلر۲وبرنر۱به دلیل مشکل رگولاتوربرنر و تریپ توربین	S1	10

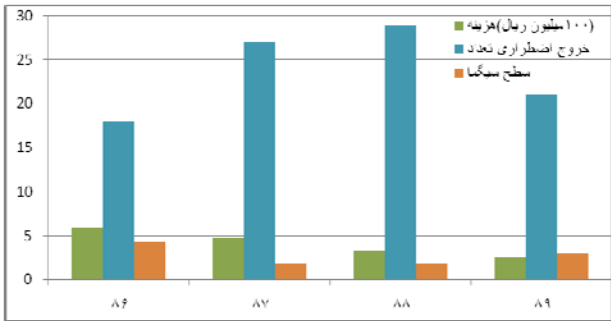
۳,۵ آنالیز کارایی و اثر بخشی و روند آنها

هدف از انجام این پروژه تحقیقاتی افزایش بهره وری سازمانی است بهره وری شامل دو جنبه کارایی و اثر بخشی می باشد کارایی نشان دهنده استفاده بهینه از منابع سازمان با کمترین هزینه ممکن و اثر بخشی نشان دهنده رسیدن به اهداف سازمانی به هر قیمت ممکن می باشد همانگونه که می دانیم با تمرکز بیش از حد روی هر یک از این جنبه امکان دارد مورد دیگر مورد کاستی و بی توجهی قرار گیرد بدین منظور در فرایند ابن تحقیق نبز شاخص اصلی در کارایی میزان هزینه حاصل از خروجها، و شاخص اثر بخشی را سطح سیگمای تولید مورد توجه قرار گرفت با در نظر گرفتن کل تولید بر حسب مگا وات به عنوان فرصت نقص و افت تولید پبش آمده به عنوان نقص موجود میزان سطح سیگمای فرایند تولید با توجه به خروج اتفاق افتاده محاسبه گردید. با استفاده از اطلاعات مربوط به هزینه و کاهش سطح سیگما و تعداد خروج و درصد هر یک از ۳ عامل اصلی طبقه بندی شده، روند وضعیت کارایی و اثر بخشی سیستمی با توجه به عوامل کلیدی خروجها به صورت نمودار های ماهانه، فصلی و سالانه ترسیم گردید در نمودارهای زیر روند هر یک از دلایل طبقه بندی شده به سه طبقه اصلی (خطای انسانی ، فرسودگی تجهیزات و عوامل محیطی) آورده شده است با توجه به این نمودارها می توان دریافت که آیا روند هر یک از عوامل اصلی خروج صعودی یا نزولی بوده و یا اینکه با توجه به موقعیتهای خاص و یا در فصول مختلف سال و با گذشت زمان چه تغییری داشته اند.



نمودار۲: مقادیر هزینه و سیگما و تعداد خروج اضطراری


نمودار۳: روند دلایل مختلف ایجاد خروج اضطراری‌ها



نمودار۳: مقادیر کارایی(هزینه) و اثر بخشی(سطح زیگما)

۳,۶ شبیه‌سازی و بررسی تاثیر سیاستهای مدیریتی بر سیستم

با انجام شبیه سازی مونت کارلو میزان تاثیر سیاست های پیشگیری مدیریتی بر روند گذشته تاکنون بدست آمد تا مشخص شود در صورت تمرکز راهکارهای مدیریتی در راستای هدایت منابع انسانی و کاهش فرسودگی تجهیزات یا تمرکز بر عوامل محیطی چه تاثیری بر وضعیت کارایی و اثر بخشی سیستم خواهد گذاشت.

به منظور انجام شبیه سازی ابتدا میزان قابلیت تشخیص و پیشگیری به وسیله پرسشنامه و نمره دهی عوامل تشخیص علت خروج بدست آمد مقدار بدست آمده عددی بین صفر تا صد درصد (احتمال بین صفر و یک) می باشد روند انجام شبیه سازی بدین صورت است که ابتدا در محیط نرم افزار اکسل اطلاعات گذشته در مورد هر خروج اضطراری لیست می شوند این اطلاعات شامل تاریخ ، ساعت خروج دلیل مختصر آن ، هزینه ، افت تولید ، افت سطح سیگما و احتمال تشخیص و پیشگیری از عیب می باشند در ستون بعدی یک عدد تصادفی برای هر روز دارای خروج اضطراری بطور جداگانه بین صفر و یک تولید می شود با استفاده از دستور if در اکسل در صورت کمتر یا مساوی بودن عدد تصادفی از احتمال بین صفر تا یک برای هر مورد خروج مضرب یک و در صورت بزرگتر بودن آن مضرب صفر اختیار می شود و در ستون بعدی قرار می گیرد مضرب یک یا صفر نشان دهنده امکان حذف یا عدم حذف ان مورد خروج اضطراری در آن روز خاص می باشد سپس با ضرب مضرب صفر یا یک بدست آمده در هزینه آن روز یا مورد خروج اضطراری هزینه شبیه سازی شده بدست می آید برای بدست آوردن مقدار افت سطح سیگمای شبیه سازی شده نیز از دستور if استفاده می شود یعنی در صورت صفر بودن مضرب میزان افت سطح سیگما صفر و با یک بودن آن مقدار قبلی افت سطح سیگما در ستون افت سطح سیگمای شبیه سازی شده جایگزین می گردد نتیجه شبیه سازی نمایانگر تعداد ، هزینه ، افت سطح سیگما و درصد هر یک از عوامل سه گانه ایجاد خروج اضطراری بعد از اعمال نفوذ مدیریت در جهت کنترل و پیشگیری از خروج اضطراری ها خواهد بود مزیت اصلی انجام شبیه سازی نمایانگر پیش بینی رفتار سیستم در چهار حالت است.

حالت اول: شبیه سازی با توجه به توجه مدیریت برمنابع انسانی

در این حالت فقط مقادیر قابلیت تشخیص و پیشگیری مربوط به دسته بندی عوامل خطای انسانی وارد می شوند و برای بقیه عوامل عدد صفر گذارده می شود نتیجه ران نمودن برنامه شبیه سازی نشان دهنده نتیجه تمرکز سیاستهای مدیریتی روی منابع انسانی سازمان در جهت کاهش خروج اضطراری ها می باشد

حالت دوم: شبیه سازی با توجه به تمرکز مدیریت بر فرسودگی تجهیزات و انجام تعمیرات پیشگیرانه

در این حالت فقط مقادیر قابلیت تشخیص و پیشگیری مربوط به دسته بندی عوامل فرسودگی و خرابی تجهیزات وارد می شوند و برای بقیه عوامل عدد صفر گذارده می شود نتیجه ران نمودن برنامه شبیه سازی نشان دهنده نتیجه تمرکز سیاستهای مدیریتی روی فرسودگی و خرابی تجهیزات در جهت کاهش خروج اضطراری ها با انجام اقدامات تعمیراتی پیشگیرانه وانجام زودتر از موعد تعمیرات پیشگیرانه می باشد.

حالت سوم: شبیه سازی سنجش میزان تاثیر مدیریت بر عوامل محیطی یا بیرونی

با توجه به قدرت مانور کم مدیران برای کنترل عوامل خارجی در این حالت فقط مقادیر قابلیت تشخیص و پیشگیری مربوط به دسته بندی عوامل محیطی و بیرونی وارد می شوند و برای بقیه عوامل عدد صفر گذارده می شود نتیجه ران نمودن برنامه شبیه سازی نشان دهنده نتیجه تمرکز سیاستهای مدیریتی روی عوامل خارجی سازمان در جهت کاهش خروج اضطراری ها می باشد برای موارد خاص ایجاد خروج اضطراری که جلوگیری از آنها تاثیر به سزایی دارد مدیران با برگذاری جلسات ویژه می توانند بیش از پیش به قابلیت پیشگیری آنها بیافزایند.

حالت چهارم: در این حالت مقادیر قابلیت تشخیص و پیشگیری مربوط به هر سه دسته بندی عوامل وارد می شوند نتیجه ران نمودن برنامه شبیه سازی نشان دهنده نتیجه تمرکز سیاستهای مدیریتی روی تمام عوامل خروج اضطراری در جهت کاهش خروج اضطراری ها می باشد.

۳,۷ پایش ماهانه سیستم

با توجه به نامه های اخیر وزارت نیرو در جهت تشکیل جلسات برای بهبود وضعیت سیستم توصیه می شود جلسات کمیته حوادث در جهت بهبود وضعیت سیستم و کنترل آنها سازماندهی گردد بدین منظور باید سابقه خروجهای اضطراری در فایلی به صورت اکسل جمع آوری شده و به صورت ماهانه موارد جدید خروج بطور طبقه بندی شده به آنها اضافه گردد فایلها باید حاوی اطلاعاتی نظیر هزینه ، میزان افت تولید و تعداد خروج ماهیانه در سه طبقه اصلی انسانی ، فرسودگی و محیطی باشند در زمان برگزاری جلسات مزبور با توجه به روند صعودی یا نزولی هر یک از عوامل فوق و یا وجود مورد خاص و جدید دردسر ساز برای سیستم مدیران می توانند بلافاصله اقدام به تصمیم گیری در آن زمینه نمایند. در انتها طرح ریزی پایش سیستمی به صورت ماهانه انجام گرفت تا با داشتن روند کارایی و اثربخشی گذشته تا

حال و اضافه نمودن اطلاعات مربوط به خروجهای جدید به صورت طبقه بندی شده راهکارهای لازم را در جهت کنترل سیستم بدست آید.

۳,۸ اعتبار سنجی از مدل

در انجام این تحقیق در زمان انجام هر یک از موارد مورد نیاز جهت اعتبار سنجی اقدامات لازم صورت گرفت به عنوان مثال روایی و پایایی پرسشنامه ها بدین صورت بود که اکثر نخبگان نیروگاهی برای پاسخ به پرسشنامه ها انتخاب شدند یعنی نمونه آماری با جامعه آماری تا حدی منتبق بود همچنین به منظور سنجش پایایی پرسشنامه ها نیز نمونه ای از هر پرسشنامه چند بار توسط افراد خاص در زمانهای مختلف تکمیل گردید تا بتوان به پایایی آن یقین حاصل کرد به منظور سنجش اعتبار سنجی روش شبیه سازی نیز برنامه نرم افزاری مربوط به آن چندین بار ران شد نتایج حاصله شباهت نتایج شبیه سازی در ران های مختلف را نشان می داد همچنین با نظر سنجی از کارشناسان خبره در نیروگاه و نمره دهی به اعتبار متدولوژی مورد استفاده میانگین نمره ۸۳ به طرح تحقیق داده شد.

۳,۹ نتایج شبیه سازی و نتایج پروژه

نتایج شبیه سازی میزان بهبود در سطح سیگمای فرایند و کاهش هزینه با توجه به تمرکز بر عوامل حیاتی را نشان می‌دهد.

جدول شماره۲: نتایج شبیه‌سازی و تاثیر هر عامل بر کارایی و اثربخشی

فاکتور	سطح سیگما	هزینه
کل قبل شبیه سازی	۲,۲	۱۶۴۳ (میلیون ریال)
سیاستهای مدیریتی	بهبود سطح سیگما	کاهش هزینه
۱) انسانی	0.6	17%
۲) فرسودگی تجهیزات	1.1	25%
۳) عوامل محیطی	0.1	3%
کل بهبود با شبیه سازی	1.8	45%

از آن زمان (سال۱۳۹۰) تاکنون با توجه به پیگیری های مجدانه مدیریت و معاونین محترم و همکاران نیروگاه نرخ خروج اضطراری ۱۶ درصدی سال ۸۹ طی چند سال گذشته با روند کاهشی به ۳٪ در سال ۹۵ کاهش یافته است. با توجه به پیشنهادهای جدید امید است در آینده به ۲٪ کاهش یابد.

منابع

[۱] حاج شیرمحمدی، علی، برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات (مدیریت فنی در صنایع)، چاپ نهم ، انتشارات غزل ، اصفهان ، ۱۳۸۳

[2] Arunraj N.S., Maiti J., Risk-based maintenance-Techniques and applications, Journal of Hazardous Materials, 142, 2007, 653–661

[3] Li. J.R. ,Khoo L.P.,Tor.s.b., generation of possible multiple components disassembly sequence for maintenance using a disassembly constraint graph, international journal of production economics, 142, 2006, 51-65

[4] Waeyenberg, G., Pintelon. L., maintenance concept development: a case study, international journal of production economics 89, 2004, 395-405

[5] Bris .R. reliability engineering and system safety 93, 2006, 852-862

[6] Wang H., A survey of maintenance policies of deteriorating systems, European Journal of Operational Research, 139, 2002, 469-489

[7] Gabbar H.A., et al., Computer-aided RCM-based plant maintenance management system, Robotics and Computer Integrated Manufacturing, 19, 2003, 449-458

[۸] سید حسینی، سید محمد، برنامه ریزی سیستماتیک نگهداری و تعمیرات در بخش صنایع و خدمات، چاپ اول، تهران، سازمان مدیریت صنعتی،1376

[۹] اکس، جرج، شش سیگما، راهبردها و تاکتیکهای اجرایی ، مشبکی ، اصغر، عسگری ، غلامرضا ، ترقی ، تهران ، ۱۳۸۲

[10] Scheroeder, R.G., Linderman, K., Liedtke, C., Choo, A.S., six sigma: definition and underlying theory, journal of operations management, 26, 2008, 536-554

[11] Su, C.T., Chou, C.J., a systematic for creation of the six sigma project: a case study of semiconductor foundry, expert system with applications 34, 2008, 2693-2703

[12] Naumann, E., & Hoisington, S.H., customer centered six sigma linking customers process improvement and financial result, ASQ Quality press, 2001

[13] Shahin, A., six sigma breakthrough strategy: an overview of a new advance quality engineering technique, ravesh magazine, No 70, 2002, 59-61

[14] Zaremehrjerdy, Y., six sigma and supply chain management, 2nd international conference of six-sigma, Tehran, 1386

[15] Zaremehrjerdy, Y., six sigma methodology tools and its future, international journal of assembly automation, 2010

[16] Pande, P.S., Holpe, L., what is six sigma? USA McGraw-Hill, 2002

[17] Zu, X., Fredendall, L, D., Douglas, T, J., the evolving theory of quality management: the role of six sigma, journal of operations management, (in press), 2008,

[18] Pande, P, S., Neuman, R, P., Cavanagh, R,R, the six sigma way: how GE,motorolla and other top companies are honing their performance, McGraw-Hill, new york, 2000

[19] Linderman, K., Schroeder, R, G., Choo, A, S., six sigma: the role of goals in improvement teams, journal of operations management 24, 2006, 779-790

[20] Gomez De Leom Hijes, F.C., Cartagena, J.J.R., maintenance strategy based on a multicritrion classification of equipments, reliability engineering and system safety, 91, 2006, 444-451

[21] [20] [21] Rhee S.J., Ishii K., Using cost based FMEA to enhance reliability and serviceability, Advanced Engineering Informatics, 17, 2003, 179–188

[22] Carmignani G., An integrated structural framework to cost-based FMECA: The priority-cost FMECA, Reliability Engineering and System Safety (In press), 2008

[۲۳] دبیری, غلامرضا, ودایع خیری, حیدر, آنالیز حالات به القوه خرابی و آثار آن (FMEA) , چاپ دوم, سابکو, تهران, ۱۳۸۳

[24] Hu A.H., et al., Risk evaluation of green, components to hazardous substance using FMEA and FAHP, Expert Systems with Applications, 2008

[25] Chin K.S., et al., Failure mode and effects analysis using a group-based evidential reasoning approach, Computers & Operations Research, 36, 2009, 1768-1779

[26] Kelton, W.D., Sadowski, D.A., And Sturrock, D.T., simulation with arena , 4th edition, MC Graw-Hill, 2007

[۲۷] واقفی، ابوالفضل، نورالسناء، رسول، ایوزیان، مجید، کاربرد شبیه‌سازی گسسته پیشامد در تحلیل و بهبود پروژه‌های شش‌سیگمای ناب، دومین کنگره بین‌المللی شش‌سیگمای ناب، تهران، ۱۳۸۶

[28] Rao K.D., et al., Dynamic fault tree analysis using Monte Carlo simulation in probabilistic safety assessment, Reliability Engineering and System Safety,(In press), 2008

[29] Marquez A.C., et al., Monte Carlo-based assessment of system availability: A case study for cogeneration plants, Reliability Engineering and System Safety, 88, 2005, 273–289

[۳۰] جری بنکس, شبیه سازی سیستمهای گسسته پیشامد , ترجمه: محلوجی , دانشگاه صنعتی شریف , تهران ، ۱۳۸۷