

تجزیه و تحلیل عوامل تاخیر در پروژه های نیروگاهی با روش FMEA

مازیار لویزه

کارشناس ارشد برنامه ریزی طرحهای نیروگاه B.O.T سازمان توسعه برق ایران
دانشجوی فوق لیسانس مهندسی صنایع-سیستم و بهره وری- سازمان مدیریت صنعتی(رسمی)
m_lavizeh@yahoo.com

واژه های کلیدی

تأخیر ، شکست ، شدت ، وقوع ، بازیابی ، FMEA

چکیده

کمبود منابع دولتی و نیاز شدید به احداث نیروگاهها اعم از (حرارتی ، بادی ، خورشیدی و ...) جهت تأمین برق مورد نیاز کشور دولت را نیازمند به نگرشی نوین در اجرای پروژه های نیروگاهی وا داشته است. لذا با نگرشی جدید در اجرای پروژه ها با تجزیه و تحلیل عوامل تأخیر (که به نوعی شکست در پروژه محسوب می گردد) باعث کاهش هزینه ، عیوب و نواقص محتمل در پروژه می شویم. این مقاله سعی در ایجاد نگرشی جدید در وزارت نیرو دارد تا از مباحثی که سالهاست در صنایع خودرو کشور جهت شناخت، تجزیه و تحلیل عوامل شکست و ارائه راهکارهایی جهت پیشگیری و بهبود آنها بکار می رود، به صورت علمی و کاربردی استفاده نماید. در این روش **FMEA(Failure Mode & Effect Analysis)** تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن به دنبال انجام اقدامات پیشگیرانه قبل از وقوع برای پروژه هایی که آغاز نشده و همین طور اقدامات اصلاحی جهت پروژه های در حال اجرا هستیم که نهایتاً "منجر به جلوگیری یا کاهش تاخیرات در پروژه های نیرو گاهی می گردد.

۱- مقدمه

امروزه استفاده از روشهای مختلف علمی جهت شناسایی ریسکها، جلوگیری از وقوع شکستها در پروژه ها کاربرد روز افزونی دارد. با توجه به اینکه احداث پروژه های نیروگاهی بسیار هزینه بر می باشد. لذا کاربری این گونه روشها که یکی از معروفترین آنها **FMEA(Failure Mode & Effect Analysis)** تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن می باشد، نقش مهمی را ایفا می نماید.

این روش برای اولین بار در اواسط دهه ۱۹۶۰ در سازمان ناسای آمریکا در ساخت سفینه آپولوی ۱۱ به کار گرفته شد، بعد از آن در فرآیندهای صنایع اتومبیل سازی و صنعت شیمی بسیار کاربرد داشت.

لازم به ذکر است که در صنعت خودروسازی کشورمان علی الخصوص قطعه سازها، جهت جلوگیری از بوجود آمدن شکستهای محتمل در فرآیندهای تولیدی از حدود سال ۸۰ به پیاده سازی و استفاده از این ابزار علمی روی آوردند. بدین منظور در ابتدا به معرفی روش فوق الذکر در ارتباط با بکارگیری مؤثر و کاربردی جهت شناخت و تجزیه و تحلیل عوامل تأخیر در پروژه های نیروگاهی می پردازیم.

۲- مدل FMEA

هدف از FMEA

این روش جهت شناسایی و پیشگیری از وقوع مشکل در محصول و فرآیند آن می باشد و نهایتاً به دو پرسش ذیل پاسخ می دهد:

۱- چه اشتباهاتی ممکن است رخ دهد؟

۲- چنانچه اشتباهی رخ دهد، احتمال رخ دادن و آثار آن چیست؟

FMEA:

ایجاد یک روش استاندارد جهت یافتن راه حلهایی برای پیشگیری از بروز مشکلات، حذف منبع ضایعات و افزایش اطمینان در فرآیندها می باشد. در ضمن باعث کاهش عیوب و نقایص طراحی محصول/ فرآیند و ... می باشد.

شعار اصلی FMEA

علاج واقعه قبل از وقوع

بطور کلی فرآیند FMEA شامل دو مرحله ذیل می باشد:

۱- راهی جهت شناخت شکست، آثار و خطراتی که در فرآیند/ محصول وجود خواهد داشت.

۲- راهی جهت کاهش و یا حذف کلی شکستها

در چه مواردی از FMEA استفاده می نمائیم؟

وقتی که سیستم، طرح محصول، فرآیند تولید محصول و نحوه ارائه خدمات " جدید باشد"، " تغییری حاصل کند"، " مورد مصرف متفاوتی بوجود آید" و در صورت بهبود در موارد اشاره شده، بکار گرفته می شود.

انواع FMEA:

فرآیند Process FMEA

طراحی Design FMEA

سیستم System FMEA

خدمات Service FMEA

Design FMEA اولین مدرک کاربردی است، لذا به مانند یک مدرک زنده می بایستی بطور پیوسته و مطابق با نیازها و انتظارات مشتری (لازم به توضیح است در این مقاله شرکت مادر تخصصی توانیر بعنوان مشتری " سازمان توسعه برق ایران" مطرح می باشد) به روز گردد.

گروه FMEA و دامنه کاری

با توجه به مشکلات خاصی که برای محصول یا فرآیند محصول بوجود می آید، گردآوری افراد متخصص در ارتباط با مشکلات پیش آمده بعنوان گروه FMEA جهت حل آنها ضروری به نظر می رسد و پس از اتمام وظیفه، گروه از بین می رود. تعداد نفرات گروه FMEA بین ۴ تا ۹ نفر می باشد، در این تیم نقش کارشناسان فرآیند جهت سرعت بخشیدن به روند گروه بسیار مؤثر است.

دامنه کاری گروه

گروه **FMEA** دامنه فعالیت خود را بر روی هر یک از حوزه های محصول / فرآیند / خدمات مورد ارائه و سیستم به طور دقیق در کار برگه شروع **FMEA** تشریح می نماید.

جهت آشنایی با اساس کار **FMEA** در تجزیه و تحلیل عوامل و الگوهای شکست ، دانستن مفاهیم ذیل ضروری است:

(S: Severity) شدت ، وخامت ، اهمیت ضایعات : درجه اهمیت شکست اگر به وقوع به پیوندد

(O : Occurance) وقوع واقعه : احتمال وقوع شکست

(D : Detection) بازیابی ، شناسایی ، پیشگیری : احتمال کشف یا بازیابی شکست

هرسه عامل اشاره شده از ۱ تا ۱۰ (پایین به بالا) طبقه بندی می گردند.

RPN (Risk Priority Number)

حال به محاسبه نمره الویت خطرپذیری

$$RPN=S*O*D$$

باتوجه به **RPN** حاصله ، الگوهایی که بالاترین **RPN** را داشته باشند جهت تجزیه و تحلیل رفع شکست انتخاب می شوند یا الگوهایی که شدت آنها ۹ یا ۱۰ باشند ، بدون در نظر گرفتن **RPN** آن می بایستی به سرعت مورد بررسی قرار گیرند.

گامهای ذیل جهت پیاده سازی فرآیند **FMEA** کاربری دارند:

۱- تشکیل تیم **FMEA** با افرادی مسلط و داشتن آگاهی کامل بر فرآیند کاری

۲- ایجاد طوفان فکری جهت شناسایی الگوی شکست

۳- فهرست کردن آثار الگوهای شکست:

پس از دسته بندی الگوهای شکست حاصل از گزارشات برگشت خط ، خدمات پس از فروش ، برگشت از انبارها و ... از فرمهایی چون ویژگیهای فنی محصول ، مشخصات مهم محصول / فرآیند ، چک لیست **FMEA** و ... پارامترها و معیارهای مهم **FMEA** حاصل می گردد(بعنوان مثال پارامترهایی که در **DFMEA** وزن شدت آنها بالاست و یا در کلاس بحرانی قرار دارند) پس از ارزیابیهای بعمل آمده ، الویت بندی جهت موضوع مورد مطالعه بدست آمده و سپس آثار الگوهای شکست را با توجه به گزارشات مختلف حاصله برای موضوع انتخابی لیست و فهرست می نماییم.

۴- اختصاص یک درجه شدت برای هر الگوی شکست:

درجه بندی شدت اثر یا وخامت اثر برحسب ۱ تا ۱۰ درجه بندی می گردد. درجه ۱ کمترین و درجه ۱۰ بیشترین آن می باشد. بعنوان مثال : اگر تأثیر حیاتی باشد، شدت نیز بالا خواهد بود و برعکس اگر تأثیر جزئی باشد ، شدت آن نیز کم خواهد بود. چگونگی و میزان شدت براساس تأثیرش بر سیستم اصلی ، سیستم های دیگر ، محصول ، مشتری ، مقررات دولتی و ... مورد ارزیابی قرار می گیرد. جهت تخصیص میزان درجه تأثیر هر عامل شکست از جدول شدت اثر جهت استفاده در تجزیه و تحلیل سیستم و آثار آن استفاده می شود.

۵- اختصاص یک درجه وقوع برای هر الگوی شکست:

بااستناد به مستندات مرتبط با محصول / فرآیند و ... احتمال وقوع شکست حاصل می گردد، اما زمانیکه اطلاعات واقعی وجود ندارد، بالاترین درجه وقوع از نظریات کلیه افراد گروه بدست می آید. درجه وقوع براساس ۱ تا ۱۰ درجه بندی می گردد که درجه ۱ کمترین و درجه ۱۰ بیشترین احتمال وقوع می باشد و برای تخصیص درجه وقوع نیز از جدول ارزیابی وقوع شکست استفاده می کنیم.

۶- اختصاص یک درجه بازیابی برای هر الگوی شکست:

در این مرحله بهتر است ابتدا فهرستی از کنترلرهای موجود برای تمامی الگوهای شکست و آثار آن تهیه شود و سپس عمل تخصیص درجه بازیابی به هر یک از الگوهای شکست انجام پذیرد. درجه بازیابی نیز براساس ۱ تا ۱۰ درجه بندی می گردد که درجه ۱ بالاترین احتمال بازیابی و درجه ۱۰ کمترین احتمال بازیابی را دارد ، در ضمن برای تخصیص درجه بازیابی از جدول تعیین بازیابی شکست استفاده می کنیم.

"لازم به ذکر است جهت تخصیص درجات شدت/ وقوع/ بازیابی هر الگوی شکست از میانگین نظرات کلیه اعضاء گروه استفاده می کنیم ، جهت امنیت بیشتر و جلوگیری از هدر رفتن زمان بررسی درجه بالاتر انتخاب می شود"

۷- اختصاص نمره الویت خطرپذیری **RPN** برای هر الگوی شکست
 با توجه به اینکه نمره الویت خطرپذیری از حاصلضرب شدت ، درجه وقوع و درجه بازیابی حاصل می شود ، لذا برای انجام این مرحله از کاربرد تجزیه و تحلیل الگوی شکست بالقوه و آثار آن استفاده می کنیم. پس از محاسبه **RPN** هر الگوی شکست ، بصورت عمومی از الگوی ذیل استفاده می کنیم :

RPN < ۴۰	ریسک وجود ندارد
۴۰ < RPN < ۱۰۰	ریسک واضح نمی باشد
RPN > ۱۰۰	ریسک وجود دارد

قابل توجه است که معیار اندازه گیری **RPN** با در نظر گرفتن نوع و فعالیت هر سازمان متفاوت می باشد.

۸- تشخیص الگوهای شکست و انجام اقدامات پیشگیرانه/ اصلاحی مورد نیاز:
 با در نظر گرفتن اینکه بازده امتیاز نمره **RPN** (از ۱ تا ۱۰۰۰) می باشد. پس از محاسبه تمامی نمرات **RPN** الگوهای شکست ، اعداد **RPN** بدست آمده را از بالاترین نمره به پایین ترین نمره مرتب نموده سپس نمودار ارزیابی **Pareto** آنرا رسم می نماییم. با توجه به اینکه هر شرکت با تجربه خود حد مشخصی را برای قابل قبول بودن **RPN** معرفی کرده است، لذا برای الگوهای شکستی که نمره **RPN** آنها بالاتر از حد تعیین شده باشد اقدامات پیشگیرانه/اصلاحی انجام می شود و چنانچه این نمره زیر حد مشخص شده باشد، اقدام خاصی صورت نمی گیرد.

۹- اقدام لازم جهت حذف یا کاهش الگوهای شکست

۱۰- محاسبه **RPN** پس از کاهش و یا از بین بردن آثار الگوهای شکست

۳- مطالعه موردی

حال پس از توضیح اجمالی در ارتباط با نحوه چگونگی انجام روش **FMEA** به مطالعه موردی در ارتباط با عوامل تأخیر در پروژه های نیروگاهی می پردازیم:

بدر نظر گرفتن اینکه سازمان توسعه برق ایران بعنوان کارفرمای احداث پروژه های نیروگاهی اعم از حرارتی ، بادی ، خورشیدی و ... می باشد، لذا تأخیر در اجرای چنین پروژه هایی متضمن افزایش هنگفتی در بودجه دولت شده و تأخیر در بهره برداری از نیروگاهها به خصوص در پیک مصرف (ماههای تیر و مرداد) می تواند جزء مهمترین عوامل اصلی خاموشیهای متعدد برق در سراسر کشور باشد.
 لذا با چنین نگرشی می توان تأخیر در اجرا و بهره برداری از نیروگاهها را بعنوان عامل شکست در پروژه های نیروگاهی مطرح نمود، بعنوان مثال: یکی از نیروگاههای گازی سازمان توسعه برق ایران مورد بررسی و تحقیق مقاله قرار گرفته است.

زمان عقد قرارداد این نیروگاه (با ۶ واحد ۱۵۷/۵ مگاواتی در شرایط ایزو) دیماه ۸۲ و زمان اتمام قراردادی (تحويل موقت واحدها) فروردین ۸۵ می باشد، عبارتی مدت زمان قرارداد این نیروگاه گازی ۲۸ ماه می باشد.

شرایط پیشرفت فیزیکی نیروگاه نسبت به برنامه زمانی

بخش	تأخیر زمانی (برحسب درصد)
طراحی	٪۵۵
تامین تجهیزات	٪۵۵

عملیات ساختمانی	%۴۵
نصب	%۸۰
راه اندازی	%۶۰
کل نیروگاه	%۶۰

با در نظر گرفتن برنامه زمانی نیروگاه گازی مذکور (شروع دیماه ۸۲ و پایان فروردین ۸۵) و با توجه به تأخیرات زمانی کل نیروگاه که معادل ۶۰٪ می باشد، زمان پایان واقعی (تحویل موقت واحدها) مرداد ماه ۸۶ بوده یعنی ۱۷ ماه تأخیر نسبت به برنامه زمانبندی مصوب شده وجود دارد که با این اوصاف و باتوجه به برنامه زمانبندی پروژه در صورت اجرای به موقع پروژه هر ۶ واحد گازی با ظرفیت ۱۵۷,۵ مگاوات می توانستند سهم بسیار عمده ای را جهت جبران کسری برق در فصل تابستان ۸۵ داشته باشند، بغیر از موارد اشاره شده دو مؤلفه هزینه ای که عبارتند از عدم النفع یا **Loss of Profit** و دیگری هزینه های جاری نیز به پروژه اضافه می شوند. طبق گزارش اشاره شده در مورد تأخیرات این نیروگاه گازی مقدار عدم النفع به نحو ذیل محاسبه می گردد:

$$LOP = \text{قیمت فروش} \times ۱۳۰ \text{ (availability)} \times ۰.۶۵ \text{ (ساعت)} \times ۲۴ \text{ (روز)} \times ۳۰ \text{ (ماه)} \times ۱۷ \text{ (kwh)} \times ۱۰۰۰ \times ۱۵۷,۵ = ۶ \times ۱۰^۹$$

ریال $Loss\ of\ Profit = ۹۷۷,۳۹۴,۶۰۰,۰۰۰$

و به این مبلغ بین ۳۰ تا ۴۰ درصد به عنوان هزینه های جاری پروژه (دستمزد پرسنل ، انبارها و ...) و نرخ تعدیل پروژه نیز اضافه می گردد که رقم بسیار قابل توجهی با توجه به عدم مدیریت زمان و هزینه مناسب بر پروژه تحمیل می گردد. لذا جهت جلوگیری از هزینه های اضافی و از دست رفتن عواید محتمل وقوع پروژه به شناسایی عوامل تأخیر در بهره برداری از پروژه پرداخته و به تجزیه و تحلیل این عوامل با روش **FMEA** می پردازیم. با در نظر گرفتن مراحل پیاده سازی این روش در ابتدا با تشکیل کار گروه **FMEA** که متشکل از مدیران (۴ نفر) ، کارشناسان فنی (۳ نفر) و برنامه ریزی (۲ نفر) بخصوص معاونت مربوطه در سازمان (که مرتبط با نیروگاه مورد نظر بوده) با انجام جلسات متعدد کارشناسی با این افراد و استفاده از نمودار علت ومعلول (**Cause & Effect Analysis**) و حذف عوامل تأخیری که همپوشانی داشتند ، لیست مهمترین عوامل تأخیر در احداث پروژه های نیروگاهی به شرح ذیل تهیه گردید:

ردیف	موضوع عامل	شرح عامل
۱	طراحی	عدم تحویل به موقع نقشه به مشاور(نقشه های FC For Construction)
		عدم وجود برنامه زمانبندی و کنترل جهت ارسال نقشه ها (مشاور/پیمانکار)
		عدم وجود Master Drawing List
		تأخیر بیش از اندازه در تایید نقشه ها
۲	تامین تجهیزات	کسری مواد اولیه
		تغییر قیمتها
		مشکلات ناشی از حمل و ترخیص کالا
		عدم تعهد سازندگان به تحویل به موقع کالاهای خریداری شده
		عدم شناسایی مناسب سازندگان/ تامین کنندگان کالا و تجهیزات
۳	خارج از کنترل	عدم تخمین و برآورد مناسب جهت ظرفیتهای تامین مواد/تجهیزات
		مقررات و ضوابط دولتی بر سازندگان و فروشندگان
۴	مالی	تحریمهای بین المللی
		عدم وجود برنامه ریزی و مدیریت مالی مناسب پیمانکاران/ کارفرمایان
		عدم وجود نقدینگی کافی از سوی کارفرما جهت پرداخت مطالبات پیمانکاران

عدم گشایش به موقع L/C		
ضعف مدیریت در تصمیم گیری های به موقع (کارفرما/پیمانکار/مشاور)	برنامه ریزی، مدیریتی و آموزشی	۵
عدم هماهنگی و تداخل مسئولیتها مابین (کارفرما/پیمانکار/مشاور)		
عدم آموزش مناسب پرسنل اجرایی		
عدم برنامه ریزی مناسب پروژه (عدم پیش بینی شرایط جوی در برنامه)		
عدم کنترل و پیگیری مناسب پیشرفت پروژه		
عدم جذب افراد متخصص	اجرائی	۶
جابه جایی و تغییر پیمانکاران		
عدم مهارت و تجربه کافی بخصوص در پیمانکاران فرعی انتخاب شده		
ناهماهنگی در اجرای خطوط انتقال نیرو و گاز		
عدم رفع به موقع عیوب باقیمانده جهت تحویل کارها در پایان برنامه زمانبندی	حقوقی	۷
وجود معارض در هنگام اجرای کار		

پس از نهایی شدن عوامل اصلی تاخیر و زیر عوامل آن با توجه به اینکه حضور افراد کارگروه FMEA در جلسات متعدد بسیار سخت بود ، لذا با طراحی پرسشنامه و ارائه جداول راهنمای مورد نیاز نظرات کلیه افراد کار گروه در ارتباط با شدت ، وقوع و بازیابی کلیه زیر عوامل تاخیر اشاره شده در جدول قبلی از آنان اخذ گردید.

نتیجه پس از انجام محاسبات آماری (حذف داده های پرت و محاسبه میانگین نمرات اخذ شده در ارتباط با شدت ، وقوع و بازیابی عوامل تاخیر) مورد نیاز در کار برگ تجزیه و تحلیل عوامل تاخیر پروژه احداث نیروگاه که در ذیل آمده ، ثبت شده است.

کار برگ تجزیه و تحلیل عوامل تاخیر پروژه احداث نیروگاه

ردیف	شرح عامل	میانگین		
		شدت	وقوع	بازیابی
۱	عدم تحویل به موقع نقشه به مشاور(نقشه های FC For Construction)	۶	۷	۳,۵
۲	عدم وجود برنامه زمانبندی و کنترل جهت ارسال نقشه ها (مشاور/ پیمانکار)	۵,۲۵	۵,۷۵	۳,۵
۳	عدم وجود Master Drawing List	۵,۵	۴,۵	۲,۷۵
۴	تاخیر بیش از اندازه در تایید نقشه ها	۵,۲۵	۶,۵	۳,۷۵
۵	کسری تجهیزات	۷,۲۵	۶	۴,۵
۶	کسری مواد اولیه	۷,۲۵	۵,۲۵	۳,۲۵
۷	تغییر قیمتها	۴,۷۵	۵,۲۵	۴,۷۵
۸	مشکلات ناشی از حمل و ترخیص کالا	۵,۵	۵,۵	۳,۲۵
۹	عدم تعهد از طرف سازندگان به تحویل به موقع کالاهای خریداری شده	۷,۵	۵,۷۵	۳,۵
۱۰	عدم شناسایی مناسب سازندگان/ تامین کنندگان کالا و	۶,۵	۴,۷۵	۳,۲۵
۱۱	عدم تخمین و برآورد مناسب جهت ظرفیتهای تامین مواد/تجهیزات	۵,۵	۴,۲۵	۴,۲۵
۱۲	مقررات و ضوابط دولتی بر سازندگان و فروشندگان	۴,۷۵	۴,۵	۳
۱۳	تحریمهای بین المللی	۵,۲۵	۳,۷۵	۴,۷۵
۱۴	عدم وجود برنامه ریزی و مدیریت مالی مناسب پیمانکاران/کارفرمایان	۶,۲۵	۴,۵	۴,۷۵
۱۵	عدم وجود نقدینگی کافی از سوی کارفرما جهت پرداخت	۸	۶,۵	۵

۳۶۵	۶	۶,۷۵	۹	عدم گشایش به موقع L/C	۱۶
۱۵۵	۴,۵	۵,۵	۶,۲۵	ضعف مدیریت در تصمیم گیریهای به موقع (کارفرما/ پیمانکار/مشاور)	۱۷
۱۳۱	۴	۵,۲۵	۶,۲۵	عدم هماهنگی و تداخل مسئولیتها مابین (کارفرما/پیمانکار/مشاور)	۱۸
۷۰	۲,۵	۴,۵	۶,۲۵	عدم آموزش مناسب پرسنل اجرایی	۱۹
۸۱	۳,۲۵	۵,۲۵	۴,۷۵	عدم برنامه ریزی مناسب پروژه(عدم پیش بینی شرایط جوی در برنامه)	۲۰
۵۸	۳,۲۵	۳,۲۵	۵,۵	عدم کنترل و پیگیری مناسب پیشرفت پروژه	۲۱
۶۴	۲,۷۵	۳,۷۵	۶,۲۵	عدم جذب افراد متخصص	۲۲
۱۰۲	۳,۲۵	۴,۵	۷	جابه جایی و تغییر پیمانکاران	۲۳
۹۳	۳,۲۵	۵	۵,۷۵	عدم مهارت و تجربه کافی بخصوص در پیمانکاران فرعی انتخاب شده	۲۴
۱۷۷	۳,۵	۶,۷۵	۷,۵	ناهماهنگی در اجرای خطوط انتقال نیرو و گاز	۲۵
۱۴۹	۴,۵	۵,۵	۶	عدم رفع به موقع عیوب باقیمانده جهت تحویل کارها در پایان برنامه زمانبندی	۲۶
۱۲۹	۳,۷۵	۶	۵,۷۵	وجود معارض در هنگام اجرای کار	۲۷

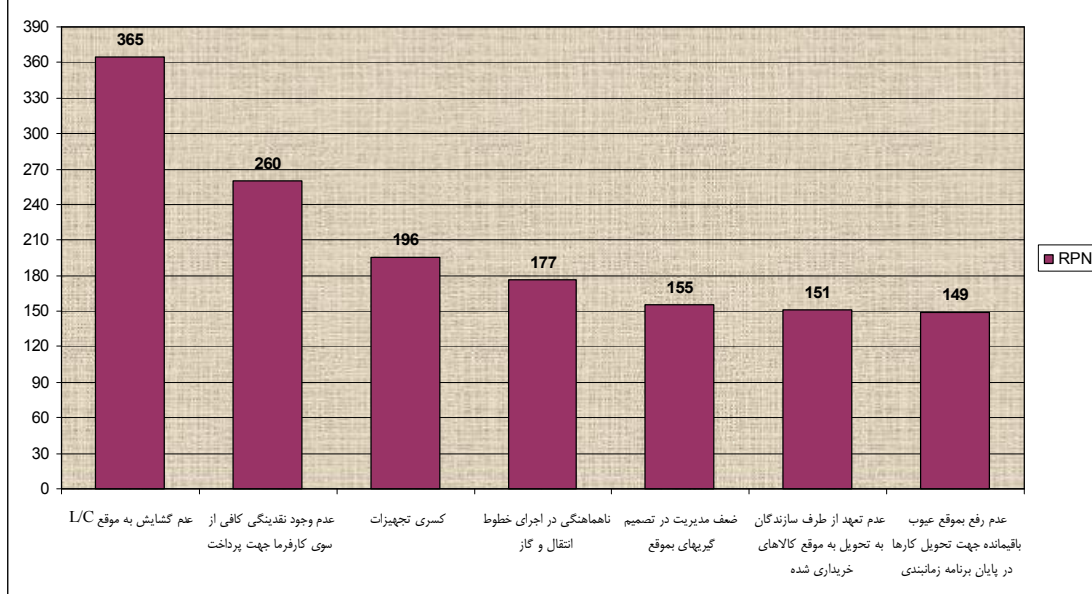
اکنون به کمک نمودار ارزیابی پارتو می توان علل مختلف تاخیر را طبقه بندی کرد و نشان داد که کدام دسته از علل ، از اهمیت بیشتری برخوردار است.

با توجه به عوامل تاخیر ذکر شده در احداث نیروگاههای حرارتی وبا در نظر گرفتن اصل **PARETO** تقریباً ۷ عامل تاخیر که دارای بالاترین نمره اولویت خطرپذیری می باشند و در جدول لیست اولویت بندی شده عوامل تأخیر پروژه احداث نیروگاه ذکر گردیده اند ، ۸۰ درصد تاخیر در پروژه احداث نیروگاههای حرارتی را باعث شده اند. جهت ترسیم نمودار ارزیابی در ابتدا عوامل تاخیر را برحسب **RPN** بدست آمده از بالا به پایین مرتب کرده بر طبق جدول لیست اولویت بندی شده عوامل تأخیر پروژه احداث نیروگاه و سپس نمودار میله ای آنرا ترسیم می نماییم.

لیست اولویت بندی شده عوامل تأخیر پروژه احداث نیروگاه

ردیف	شرح عامل	میانگین		
		شدت	وقوع	بازیابی
۱	عدم گشایش به موقع L/C	۹	۶,۷۵	۶
۲	عدم وجود نقدینگی کافی از سوی کارفرما جهت پرداخت	۸	۶,۵	۵
۳	کسری تجهیزات	۷,۲۵	۶	۴,۵
۴	ناهماهنگی در اجرای خطوط انتقال نیرو و گاز	۷,۵	۶,۷۵	۳,۵
۵	ضعف مدیریت در تصمیم گیریهای به موقع (کارفرما/ پیمانکار/مشاور)	۶,۲۵	۵,۵	۴,۵
۶	عدم تعهد از طرف سازندگان به تحویل به موقع کالاهای خریداری شده	۷,۵	۵,۷۵	۳,۵

نمودار پارتو عوامل تاخیر پروژه احداث نیروگاه



حال با در نظر گرفتن نمره اولویت خطر پذیری هر عامل در جهت رفع عامل تاخیر با دو نگرش :
 یک - در پروژه هایی که در حال اجرا می باشند اقدامات اصلاحی انجام می گردد و سپس نمره اولویت خطر پذیری محاسبه گشته با قبلی مقایسه می گردد.
 دو- در پروژه هایی که هنوز آغاز نشده است، جهت پیشگیری از وقوع تاخیرات اقدامات پیشگیرانه را بر روی عوامل تاخیر برمبنای نمره اولویت خطر پذیری بالاتر انجام می دهیم.

۴- نتیجه گیری : اقدامات پیشگیرانه و اصلاحی پیشنهادی

ذکر این مطلب ضروری است ، با در نظر گرفتن تیپ بودن اجرا واحداث نیرو گاههای حرارتی در کشور و تایید مدیران ارشد اجرایی سازمان توسعه برق ایران در ارتباط با اینکه میتوان نتایج بدست آمده از این تحقیق را به سایر نیروگاهها نیز تسری داد، لذا جدول ذیل که حاصل نظرات کار گروه FMEA می باشد ، به تشریح اقدامات پیشگیرانه و اصلاحی پیشنهادی جهت برخورد با عوامل تاخیر در پروژه احداث نیروگاه می پردازد:

شرح عامل	اقدام پیشگیرانه	اقدام اصلاحی
(۱) عدم گشایش به موقع L/C	۱- با توجه به تیپ بودن نیروگاههای مذکور ، بالا بردن سطح ساخت داخل پروژه های جدید می تواند مقدار وابستگی به اعتبارات خارجی را ته حد ممکن کاهش داد. ۲- برخورد فعال با قضیه گشایش LC در ابتدای سال مشابه آخر سال (معمولاً " بیشتر LC هادر روزهای پایانی اسفند گشایش می یابد)	۱- جلب نظر پیمانکاران و سازندگان به دریافت ریال معادل ارز ۲- موکول نمودن اجرای کارهای ساختمانی بر به گشایش LC

	<p>۳- استفاده از LC ریالی و عدم اتکا به LC ارزی</p> <p>۴- جلب نظر نهادهای بانکی و مالی با تماسهای نزدیک در سطح وزیر نیرو و مدیران بانکها از جمله بانک مرکزی</p>	
<p>(۲) عدم وجود نقدینگی کافی از سوی کارفرما جهت پرداخت</p>	<p>۱- کنار گذاشتن سیاستهای ارائه ارقام بالا برای بودجه، علی‌رغم اطلاع از وضعیت تخصیص نقدینگی در سالهای گذشته و عدم برنامه ریزی شروع به کار به اتکاء ارقام بالای بودجه</p> <p>۲- جلوگیری از انباشته شدن بدهی های سالانه</p> <p>۳- پیش بینی منابع مالی مطمئن و قابل حصول</p>	<p>۱- تخصیص بودجه جهت اتمام پروژه های نیمه تمام</p> <p>۲- شروع پروژه های اولویت دار</p> <p>۳- مدیریت جزیره ای پروژه ها بر اساس پیمانکاران مرتبط و عدم ایجاد تعهد گسترده برای پیمانکاران متعدد</p> <p>۴- پیگیری مستمر جهت حصول بودجه برآوردی از منابع دولتی در کوتاه ترین زمان ممکن</p>
<p>شرح عامل</p>	<p>اقدام پیشگیرانه</p>	<p>اقدام اصلاحی</p>
<p>(۳) کسری تجهیزات</p>	<p>۱- برخورد واقع بینانه با توان تولید تجهیزات در داخل یا امکان تهیه آنها از خارج</p> <p>۲- پیش بینی جرائم و محدودیتهای لازم در قراردادهایی که با سازندگان بسته می شود به منظور تحقق تعهدات برنامه ای ساخت تجهیزات</p> <p>۳- فراهم نمودن امکان جابه جایی تجهیزات در سایتهای مختلف برحسب اولویت</p> <p>۴- استفاده از سازندگان ذی صلاحی که سوابق آنها نشان دهنده تعهدشان نسبت به برنامه های ساخت تجهیزات و تحویل به موقع کالاهای سفارش شده می باشد.</p>	<p>۱- بازبینی طرح و استفاده از تجهیزات جایگزین در طراحی (در صورت امکان با توجه به وضعیت بازار)</p> <p>۲- نظارت و کنترل بر برنامه تامین تجهیزات پیمانکار و هشدار دادن در ارتباط با انجام سفارش دهی به موقع و ...</p> <p>۳- تقویت روحیه همکاری مدیران پروژه های مختلف جهت جابجایی تجهیزات مشابه و کاهش کسری</p>
<p>(۴) ناهماهنگی در اجرای خطوط انتقال نیرو و گاز</p>	<p>۱- برقراری جلسات هماهنگی در سطوح بالا و در شروع عملیات اجرایی پروژه های خطوط انتقال نیرو با بخش تولید (نیروگاهی) و نه صرفاً در کمیته های بهره برداری</p> <p>۲- کسب اطلاع دقیق از برنامه های شرکت ملی گاز ایران و رضایت ندادن به برنامه های کلی و خارج از برنامه و برگزاری جلسات هماهنگی در سطوح بالا</p> <p>۳- انجام به موقع پیش شرطهای مورد لزوم</p>	<p>۱- خودداری از ارائه درصد پیشرفت کار بالاتر از واقعیت پروژه و تقویت روحیه همکاری جهت حل تبعات منفی قضیه</p> <p>۲- در نظر گرفتن منافع ملی و تن ندادن به طرحهای پر هزینه جایگزین و فاقد توجیه اقتصادی</p> <p>۳- کنترل و نظارت کلان بر پیشرفت فیزیکی برنامه های اجرایی خطوط انتقال نیرو و گاز</p>

	جهت اجرای خطوط انتقال نیرو و گاز از جمله تحصیل اراضی و... توسط کارفرما(سازمان توسعه برق ایران)	
<p>۱- برگزاری دوره های آموزشی برای مدیران جهت افزایش دانش در Decision making</p> <p>۲- دامنه اختیارات مدیران در تصمیم گیریهایی که در راستای بهینه ساختن اهداف پروژه می باشد را افزایش دهیم</p> <p>۳- تغییر هشیارانه سیستم مدیریت با لحاظ کردن کمترین عوارض</p>	<p>۱- بکار گیری افراد واجد شرایط با تجربیات قابل قبول نیروگاهی در (کارفرما، مشاور و پیمانکار)</p> <p>۲- ایجاد تناسب و تعادل بین پروژه های محوله با توانایی مدیران در سطوح (کارفرما، مشاور و پیمانکار)</p> <p>۳- بکار گیری مدیریت دانش، تدوین دقیق فرآیندها در سطوح مختلف بصورت استاندارد</p> <p>۴- پرهیز از مدیریت سلیقه ای (تصمیم گیری سلیقه ای) و پایبند به استانداردهای تدوین شده</p> <p>۵- شناخت ریسکهای پروژه و پیش بینی اقدامات مورد لزوم جهت از بین بردن یا رفع آنها قبل از اجرای پروژه</p>	<p>(۵)</p> <p>ضعف مدیریت در تصمیم گیریهای به موقع (کارفرما/پیمانکار/مشاور)</p>
<p>شرح عامل</p>	<p>اقدام پیشگیرانه</p>	<p>اقدام اصلاحی</p>
<p>۱- اقدام مستقیم کار فرما جهت تامین کالا از منابع جایگزین (در صورت وجود)</p> <p>۲- برخورد جدی و اخذ جرائم دیر کرد از تامین کنندگان یا سازندگانی که نسبت به برنامه زمانی تحویل کالا متعهد نبوده اند</p> <p>۳- انعطاف به موقع در تغییر مشخصات فنی (در حد قابل قبول) جهت تامین کالای جایگزین</p>	<p>۱- سامان بخشی و ایجاد سیستم رتبه بندی تامین کنندگان کالا مشابه با پیمانکاران ساخت و ساز</p> <p>۲- تدوین سیاستهای رقابتی از طرف دولت برای خارج ساختن برخی محصولات استراتژیک نیروگاهی از حالت انحصاری (سازنده ای خاص) به چند سازنده</p> <p>۳- اخذ ضمانت از تامین کنندگان در ارتباط با تحویل به موقع کالاهای خریداری شده توسط پیمانکار اصلی (پیش بینی جرائم جهت دیرکرد در تحویل کالا در قراردادهای منعقد شده با تامین کننده)</p> <p>۴- حمایت مالی (جهت اجرای دقیق تعهدات قراردادی) از سازندگان متعهد و پرورش روح اجرای تعهدات متقابل</p>	<p>(۶)</p> <p>عدم تعهد از طرف سازندگان به تحویل به موقع کالاهای خریداری شده</p>
<p>۱- حمایت مالی از پیمانکار جهت رفع عیوب باقی مانده</p> <p>۲- استفاده از معیارهای مشخص فنی و یکپارچه جهت ارزیابی عیوب باقی مانده پایان کار که از سلیقه ای شدن نظرات جلوگیری نماید</p>	<p>۱- پیش بینی واقع بینانه مدت زمان لازم برای رفع عیوب</p> <p>۲- اعمال برنامه منظم و دائمی برای رفع عیوب در طول ساخت و عدم ارجاع رفع تمامی عیوب به انتهای پروژه</p> <p>۳- کنترل و نظارت مستمر پیمانکار اصلی در ارتباط با تامین منابع مورد لزوم بکار رفته از طرف پیمانکاران دست دوم جهت رفع معایب در پایان برنامه زمانبندی مشخص شده</p>	<p>(۷)</p> <p>عدم رفع بموقع عیوب باقیمانده جهت تحویل کارها در پایان برنامه زمانبندی</p>

	۴- ارائه روشی سیستماتیک و قانونمند ساختن نحوه بر طرف کردن عیوب باقی مانده ۵- اخذ تاییدیه صلاحیت پیمانکاران دست دوم از طرف کارفرما (از شروع پروژه تا انتهای پروژه)
--	--

با توجه به اقدامات پیشنهاد شده جهت جلوگیری یا کاهش تاخیرات در پروژه های نیروگاهی زمینه ای مناسب جهت تحقیق ، بررسی و انجام این اقدامات حاصل می شود . استفاده از چنین روشهایی همانگونه که در " مطالعه موردی " مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت باعث صرفه جوئی مالی میلیاردری و همچنین صرفه جویی زمانی چندین ماهه می گردد.

لذا خاطر نشان می سازد که عملی شدن و پرمحتواتر شدن این پژوهش نیازمند آنست که محققین و مدیران صنعت برق با اجرای اقدامات پیشگیرانه و اصلاحی پیشنهادی و کمی نمودن عوامل تاخیر و سرانجام محاسبه و مقایسه RPN حاصله به میزان صرفه جویی های مالی و زمانی آن بپردازند.

۵- تشکر و قدردانی:

از کلیه بزرگواریانی که در تهیه این مقاله با نظرات ارزشمندشان به اینجانب یاری رساندند کمال تشکر و امتنان را دارم :
 آقایان مهندس ابریشم فروشان ، مهندس سپهر، مهندس سید ، حسینی ، مهندس برجیسیان ، مهندس فراهانی ، مهندس سرداری، کاردان و مهندس قرقره چی

۶- منابع و مراجع:

- ۱- تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن
 نویسنده: دکتر رضا مهربان ناشر: پیکان سال نشر: ۱۳۸۰ چاپ دوم چاپخانه آسمان
- ۲- جزوه FMEA سازمان توسعه برق ایران
 مدرس و تهیه کننده: مازیار لویزه دی ماه ۱۳۸۱
- ۳- استانداردهای ایزو ۹۰۰۱ و تکنیکهای نوین مدیریت کیفیت
 نویسنده: مهندس بهرام جلوداری ممقانی ناشر: موسسه تحقیقات و آموزش وزارت نیرو (انتشارات آزاده) چاپ اول ۱۳۷۷
- ۴- گزارشات پیشرفت ماهانه (سال ۱۳۸۶) طرح نیروگاههای گازی سازمان توسعه برق ایران