

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



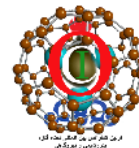
مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آو ساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی



بکارگیری تکنیک آنالیز حالات خرابی (FMEA) در نیروگاه های فرآیند شیمیایی

حمیدرضا فیلی¹، سینا نصیری²، نوید آکار³، مجید مهرعلی⁴

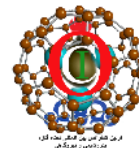
¹استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه الزهراء(س)

^{2,3,4}کارشناسی، مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

چکیده

مدت مدیدی است که نیروگاه ها در پی استفاده از متدولوژی هایی جهت ارزیابی ارزش اقتصادی قوانین برنامه ریزی شده برای نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه می باشند. در این بین آنالیز حالات های خرابی از جمله مواردی است که در تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه نقش بسزایی را ایفا می کند. از جمله تکنیک ها در زمینه تجزیه و تحلیل حالات خرابی، می توان به تکنیک حالات خرابی و بررسی اثرات (FMEA) اشاره کرد که در تسریع و اقدامات عملکردی بسیار سودمند خواهد بود. با استفاده از این تکنیک می توان از اقدامات مهندسی در جهت آنالیز حالات شکست بالقوه بهره برد که از آن در جهت بهبود و ایمنی نیروگاه ها و کارخانجات از جمله نیروگاه های فرآیند شیمیایی که از پتانسیل حالات شکست بالایی برخوردار می باشد استفاده لازم را به عمل آورد. در این مقاله سعی شده است با بکارگیری تکنیک آنالیز حالات خرابی در صنعت پتروشیمی گامی در افزایش ایمنی و کاهش ریسک های زمان بهره برداری را دارا بود.

واژه های کلیدی: آنالیز حالات خرابی (FMEA) - نیروگاه های فرآیند شیمیایی - نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه.



اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران

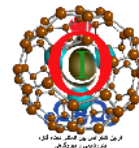
1 مقدمه

امروزه فشار بی رویه و سنگین هزینه های ناشی از خرابی دستگاه ها و تجهیزات، مدیران و خبرگان مربوطه را به این فکر واداشته است که روندی سیستماتیک را در جهت از بین بردن هزینه های مازاد و یا کاهش آن ها در کارخانجات و سازمان های خدماتی به کار گیرند. از این جهت استفاده از سیستم هایی سودمند در پیشگیری و کنترل خرابی های تجهیزات و وسایل، توصیه می گردد. این سیستم ها با تجزیه و تحلیل حالات خرابی و اثرات آن ها، در پی جلوگیری از این خرابی ها برآمده و در نتیجه باعث کاهش هزینه های ناشی از آن می شود. از جمله این سیستم ها می توان به روش آنالیز حالات شکست و اثرات آن تحت عنوان روش FMEA بهره برد که از طریق آن می توان هر گونه از حالات خرابی را به صورت جداگانه بررسی نموده و نسبت به جلوگیری از آن، اقدامات پیشگیرانه را به انجام رساند. از سویی دیگر شرایط در تاسیساتی مانند نیروگاه های فرآیند شیمیایی به گونه ای می باشد که هر کدام از این تجهیزات و دستگاه ها تحت عوامل بسیاری از حالات خرابی نظیر خوردگی و پوسیدگی و در نتیجه از کارافتادگی تجهیزات قرار دارند و در نتیجه نیازمند اقدامات پیشگیرانه و سیستماتیکی جهت جلوگیری از بروز شکست های ناشی از خرابی می باشند. در این جهت می توان از تکنیک آنالیز حالات شکست FMEA در کاهش این خرابی ها بهره برد که در تجزیه و تحلیل عوامل خرابی و همچنین در رتبه بندی آن ها به صورت مهندسی کمک شایانی به عمل خواهد آورد. [1],[2],[7]

2 صنایع پتروشیمی

یک کارخانه تولید مواد شیمیایی یک فرآیند صنعتی است که مواد شیمیایی را اغلب در مقیاس بزرگ تولید می کند و در واقع هدف کلی از آن ایجاد مواد با ارزش از طریق تبدیل یا تغییر شکل شیمیایی یا زیستی مواد یا تفکیک مواد است. کارخانه های تولید مواد شیمیایی از تجهیزات، واحدها و فن آوری های ویژه ای در فرایندها استفاده می کنند. سایر کارخانه های مواد شیمیایی مانند صنایع پلیمری، دارویی، غذایی، نوشیدنی (نوشابه)، نیروگاه های برق، پالایشگاه های نفت و فاضلاب ها از فن آوری های شبیه به هم استفاده می کنند. کارخانه های مواد شیمیایی معمولاً از فرایندهای شیمیایی که روشهایی در مقیاس صنعتی است برای تولید مواد شیمیایی استفاده می کنند. یک کارخانه تولید مواد شیمیایی در یک سایت ممکن است برای استفاده از بیش از یک فرآیند شیمیایی ساخته شود. این فرایندهای شیمیایی ممکن است در عملیات پیوسته یا دسته ای اجرا شود و اغلب در عملیات دسته ای تولید در مراحل زمانی متوالی در دسته ها رخ می دهد. در عملیات پیوسته تمام مراحل به طور مداوم در زمان در حال انجام است. در جریان عملیات معمول پیوسته، تغذیه و حذف محصول جریان مداوم مواد در حال حرکت هستند. [3],[8]

انواع مختلف عملیات واحدهای جداگانه انجام شده است و گرچه برخی از واحدها ممکن است در دما یا فشار محیطی کار کنند ولی بسیاری از واحدها در درجه حرارت ها و فشارهای بالاتر یا پایین تر کار می کنند و همچنین مخازن در کارخانه های مواد شیمیایی اغلب استوانه ای با گوشه های گرد هستند به شکلی که بتوانند برای نگه داشتن با فشار بالا یا خلا بالا مناسب باشد. امروزه جنبه های اساسی از طراحی کارخانه مواد شیمیایی توسط مهندسين مواد شیمیایی انجام می گیرد. هرچند به لحاظ تاریخی همیشه این طور نبوده است و بسیاری از کارخانه های تولید مواد شیمیایی به طور تصادفی قبل از ایجاد منظم رشته مهندسی شیمی ساخته شده است. در طراحی کارخانه به طور معمول در کمتر از 1 درصد از ایده ها برای طراحی های جدید تاکنون به مصارف تجاری تبدیل شده است و مقدار زیادی از مواد خام و یا محصولات ممکن است توسط خط لوله یا مخازن راه آهن و یا تانکر وارد یا خارج می شود. برای مثال نفت خام معمولاً از طریق خط لوله به پالایشگاه می آید. [7],[8]



اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران

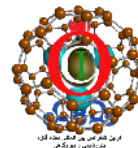
3 حالات خرابی و بررسی اثرات (FMEA)

FMEA ابزار و رویکردی قدرتمند است که در جهت تجزیه و تحلیل حالات شکست بالقوه در درون سیستم با سنجش و بررسی حالات و شدت مخاطرات، به رتبه بندی و مقابله با آن می پردازد. این رویکرد در پی شناسایی حالات مخاطرات براساس تجربه های گذشته در محصولات و خدمات و فرآیندهای مشابه، به کمک تیم هایی شامل کارشناسان و متخصصان خبره، با حداقل تلاش و صرف منابع و در نتیجه کاهش زمان و هزینه های توسعه می باشد که به صورت گسترده در صنایع و مراحل مختلف از چرخه ی عمر پروژه مورد استفاده قرار می گیرد. در واقع هدف FMEA تجزیه و تحلیل ویژگی های طراحی نسبت به روند تولید برنامه ریزی شده برای اطمینان از این است که کالا یا خدمات حاصل، نیازها و انتظارات مورد نظر مشتریان را برآورده می سازد. پس از بررسی، روش های مخاطراتی شناسایی و ثبت شده و اقدامات اصلاحی لازم در جهت حذف و یا کاهش تدریجی پتانسیل وقوع خطرات انجام می شود. بدین صورت رویکرد FMEA همواره در جهت افزایش کیفیت، ایمنی و قابلیت اطمینان گام برداشته و همچنین می تواند جهت استفاده در ارزیابی و بهبود برنامه های نگهداری و تعمیرات نیز مورد استفاده قرار گیرد. [1]، [6]

این نکته حائز اهمیت است که علل شکست، هم می تواند به عنوان علل ریشه ای و هم به سبب مکانیزم هایی که به احتمال وقوع شکست می انجامد قلمداد شود. در واقع حالات شکست ایجاد شکست نیست بلکه راهی است که به سمت شکست هدایت می شود. به این سبب روش FMEA، ارقام دارای ارزشی را به هریک از ریسک های موجود نسبت می دهد که بر مبنای معیارهایی از جمله احتمال وقوع، شدت و تشخیص آن ها تنظیم می شود. بر این اساس هر مقدار که مخاطره افزایش پیدا می کند، رتبه و رقم ارزش نیز به نسبت افزایش می یابد. و سپس این نسبت ها به عنوان مقیاسی جهت سنجش مخاطره به صورت عدد اولویت خطر (RPN) تعریف می شود. که با هدف قرار دادن RPN با ارزش بالا، ریسک هایی با میزان مخاطره زیاد خطاب می شود و همچنین به دلیل استفاده های گوناگون از FMEA در صنایعی همچون الکتروتکنیکال، نظامی، هسته ای و نیز صنایع حمل و نقل هوایی استانداردهای خاصی به نسبت کاربرد آن در نظر گرفته می شود که از جمله گسترده ترین آن ها می توان به استانداردهایی اشاره کرد که در صنایع نظامی آمریکا مورد استفاده قرار می گیرد. در FMEA عناصر شدت، وقوع و تشخیص به صورت جداگانه با استفاده از یک مقیاس عددی به طور معمول در محدوده ی بین 0 تا 10 رتبه بندی می شوند و زمانی که یک استاندارد تعریف می شود می بایست در تمام طول پروژه مورد استفاده قرار گیرد. [1]، [2]، [5]

1.3 تاریخچه FMEA

در ابتدا رویکرد انجام FMEA در نیروهای نظامی آمریکا در سال 1949 به عنوان استاندارد MIL-STD-1629A مورد استفاده قرار گرفت. در اوایل سال 1960، پیمانکاران سازمان ملی هوایی آمریکا و هوانوردی و فضایی ایالات متحده آمریکا (NASA) از FMEA تحت عنوان عناوین مختلف بهره برد و از آن ها در پروژه های بسیاری نظیر آپولو، وایکینگ بهره برد. در طول سال های نزدیک به 1970 استفاده از FMEA و تکنیک های مرتبط به آن در دیگر صنایع نیز گسترده شد تا جایی که در سال 1971، هوانوردی ایالات متحده آمریکا در گزارشی به زمین شناسی کشور توصیه ای جهت استفاده از FMEA جهت اکتشافات دریایی نفت را ارائه داد. در اواخر سال 1970 نیز شرکت فورد موتور رویکرد FMEA را جهت ایمنی و نظارت در صنایع خودرو معرفی کرد. اگرچه در ابتدا FMEA در صنایع نظامی مورد استفاده قرار گرفت اما امروزه از این تکنیک در صنایع مختلف نظیر صنایع غذایی، پلاستیک سازی، نرم افزار و غیره به صورت گسترده استفاده می شود. [4]



اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران

2.3 مراحل انجام FMEA

از آن جایی که رویکرد FMEA بر شناسایی امکان حالات شکست و تاثیرات آن ها بر تجهیزات متمرکز می باشد، بر این اساس کمبودهای طراحی شناخته شده و اصلاحات مورد نظر حاصل می شود و در نتیجه شناسایی حالت بالقوه شکست، سبب هدایت طرح به برنامه های اثر بخش و قابل اطمینان خواهد شد. بر این اساس لازم است تا الویت های حالات شکست بر مبنای عدد اولویت خطر (RPN) مطرح شود و تلاش متمرکز و مستمر بیشتر بر روی ریسک های دارای RPN بالا انجام شود و با پیشرفت روزافزون مراحل چرخه ی عمر پروژه، تجزیه و تحلیل های FMEA جزئی تر شده و به صورت مداوم انجام می شود. اصولاً فرآیند FMEA در چهار مرحله به اجرا در می آید:

پیش نیازهای ملزوم FMEA

بلاک دیاگرام عملکردی

آماده سازی کاربرگ FMEA

نقد و بررسی تیم FMEA

اجرای اقدامات اصلاحی

1.2.3 پیش نیاز FMEA

الف) بررسی مشخصات و خصوصیات لازم نظیر (SOW) و (SRD) اطلاعات لازم جهت بررسی و تجزیه و تحلیل دربردارنده ی داده هایی نظیر تنظیمات تجهیزات، طراحی ها، مشخصه ها و فرآیندهای عملیاتی می باشد.
ب) جمع آوری تمامی اطلاعات موجود جهت توصیف زیر جزء هایی که لازم است مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. بر این اساس مهندسی سیستم می تواند اطلاعات مربوط به تنظیمات سیستم، اطلاعات مربوط به رابط کاربری و شرح عملکردی را فراهم سازد.
ج) گردآوری اطلاعات مربوط به طرح های مشابه قبلی از کاربران نظیر دیاگرام جریان داده و قابلیت اطمینان عملکرد داده از طریق گزارش ها و سیستم آنالیز و اقدامات اصلاحی (FRACAS).
د) اطلاعات فوق می بایست به طور کافی جزئیات لازم جهت پیکربندی تجهیزات به سطح مورد نیاز برای تجزیه و تحلیل را فراهم سازد.

2.2.3 بلاک دیاگرام عملکردی

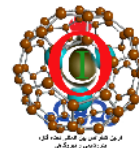
یک بلاک دیاگرام عملکردی به این جهت مورد استفاده قرار می گیرد تا ارتباط بین بخش های مختلف از سیستم را به منظور بررسی مسیر بحرانی نشان دهد. راه توصیه شده جهت تجزیه و تحلیل سیستم، تقسیم بخش های سیستم به سطوح مختلف می باشد. بدین منظور نقشه ها و طرح های مهندسی شده ی سیستم، مورد تجزیه و تحلیل و بررسی قرار می گیرد تا تفاوت های موجود بین زیر سیستم ها و اجزاء موجود به وسیله سیستم های پشتیبانی حیاتی نظیر برق، لوله کشی، سیگنال های تحریک، جریان داده و غیره را به نمایش بگذارد تا بتوان نیازهای موجود در جریان عملکردی نرمال را دریافت کرد.

3.2.3 آماده سازی کاربرگ های FMEA

الف) تعیین حالات بالقوه شکست

ب) تعیین پتانسیل موجود اثرات

پتانسیل اثرات برای هر حالت شکست لازم است که به هر دو صورت تحلیل زیر سیستم و تحلیل سیستم انجام شود. برای مثال خرابی قسمتی از سیستم می تواند نتایج و تاثیرات بسزایی روی سیستم قرار دهد و موجب نارسایی و یا توقف کالا و یا خدمات



اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران

حاصل از سیستم شود. رضایت مشتری کلیدی در تعیین اثرات حالات شکست می باشد و حساسیت های ایمنی نیز اغلب براساس ایمنی محیط زیست و سلامتی تعیین می شود.

ج) تعیین دلایل بالقوه ی شکست

- تعمیر و نگهداری پیشگیرانه
- عدم اجرا در ساعات مقرر
- عملیات متناوب
- علل طراحی

برای هر حالت شکست، مکانیزم و علل شکست در work sheets ذکر شده است. این عناصر در هموار کردن راه به سوی اقدامات پیشگیرانه و اصلاحی نقش بسزایی را ایفا می کنند. برای مثال نشت خارجی بیش از حد می تواند سبب آسیب دیدگی و خوردگی در سطح خارجی شود.

د) تعیین کنترل های در جریان و عیب یابی

بیشتر سازمان ها حساسیت هایی را جهت در دستور کاری طراحی های خود قرار می دهند تا بتوان به وسیله آن ها در پیش گیری از این حالات شکست بهره برد.

ر) تعیین عدد اولویت خطر (RPN)

RPN شاخص مهمی در تعیین اقدامات مناسب در جهت اصلاح حالات شکست می باشد. عدد اولویت خطر از حاصل ضرب سه معیار عددی رتبه ی تشخیص (1-10)، رتبه ی احتمال وقوع (1-10) و رتبه ی شدت (1-10) بدست می آید که بر این اساس محدوده این مقیاس از 0 تا 1000 در نظر گرفته می شود.

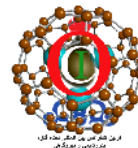
تعیین سه معیار اصلی برای محاسبه ی عدد اولویت خطر نیازمند تهیه ی جداولی می باشد که از این طریق می توان به مخاطره های موجود بنا به معیارهای فوق امتیاز داده شود.

جدول شماره 1 رتبه بندی شدت

رتبه ی شدت	مفهوم
1-2	نقص به صورت نرمال است و تشخیص آن توسط مشتری امکان پذیر نمی باشد.
3-5	نقص باعث ناراحتی جزئی در مشتری می شود.
6-7	نقص باعث نارضایتی از طرف مشتری می شود.
8-9	نقص باعث درجه ی بالایی از نارضایتی مشتری شده است.
10	نقص باعث نارضایتی عمومی و سبب مغایرات با مقررات دولت می شود.

جدول شماره 2 رتبه بندی تشخیص

رتبه ی تشخیص	مفهوم
1-2	احتمال بسیار بالای تشخیص
3-4	احتمال بالای تشخیص
5-7	احتمال تشخیص محتمل
8-9	احتمال تشخیص پایین
10	احتمال تشخیص به ندرت



اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران

جدول شماره 3 رتبه بندی وقوع

رتبه ی احتمال وقوع	مفهوم
1	غیر محتمل ($X < 0.001$)
2-3	احتمال بسیار جزئی ($0.001 < X < 0.01$)
4-6	احتمال گاه به گاه ($0.01 < X < 0.10$)
7-9	احتمال متوسط ($0.10 < X < 0.20$)
10	احتمال بالا ($0.20 < X$)

عدد اولویت خطر (RPN) = شدت * احتمال وقوع * تشخیص
این نکته حائز اهمیت است که هر چه عدد اولویت خطر بالا تر باشد میزان مخاطره خطرناک تر و هر چه این مقیاس در سطح پایین تری باشد مناسب تر می باشد. این مقیاس تیم مهندسی را در جهت مناسب جلوگیری از خطر کمک کرده و آن ها را به اقدامی جدی برای مخاطره هایی با سطح RPN بالا وادار می کند.

4.2.3 نقد و بررسی توسط تیم FMEA

این تیم مهندسی با استفاده از پیشنهادات و بازبینی های کاربرگ های تنظیم شده، ریسک ها و حالات خرابی با رتبه ی RPN بالا را در نظر گرفته و به آنالیز و تجزیه و تحلیل آن می پردازد و بدین وسیله مشخص می سازد که کدام یک از حالات خرابی نیاز به بازبینی و اقدامات اصلاحی دارد.

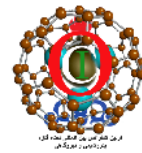
5.2.3 اجرای اقدامات اصلاحی

شامل سه مرحله ی مهندسی طراحی، پشتیبانی فنی و تولید می باشد که به شناسایی پتانسیل های حالات شکست و طراحی های مهندسی در این جهت و برنامه ریزی آماری جهت تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه می باشد.

4 ارائه رویکرد FMEA در نمونه مورد مطالعه

در این تحقیق روش های تعمیرات نگهداری اعم از تعمیرات نگهداری پیشگیرانه، تعمیرات نگهداری مبتنی بر شرایط اقدامات اصلاحی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نیازهای تعمیرات نگهداری نیروگاه فرآیند شیمیایی با استفاده از حالات شکست، اثرات و حساسیت های آن مورد آنالیز قرار گرفت.

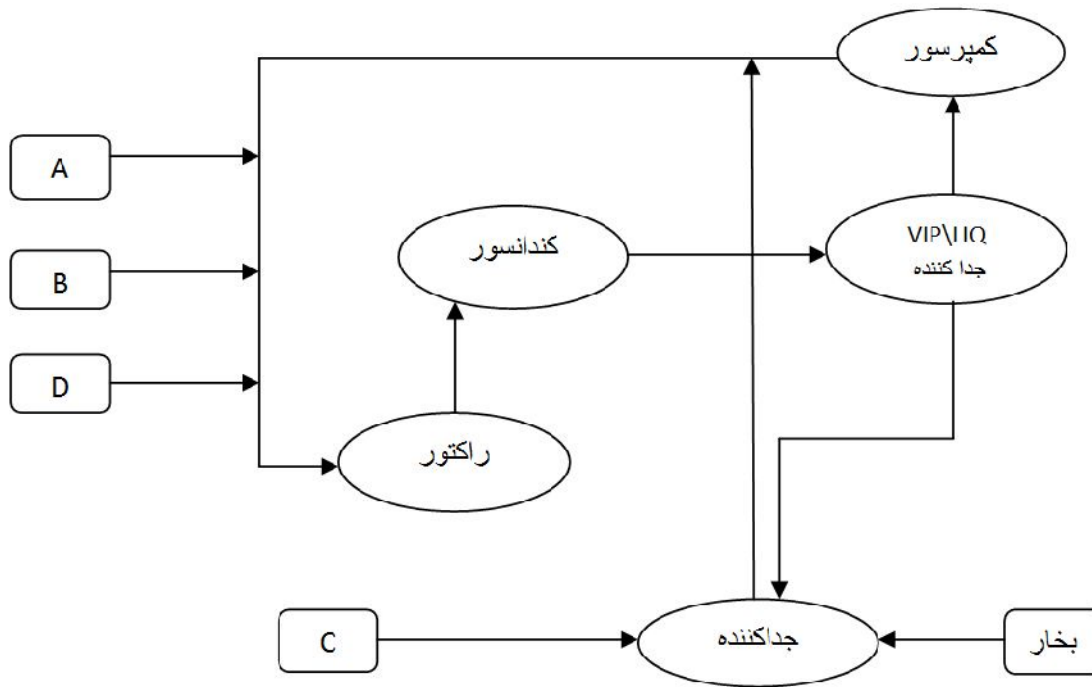
- ✓ تعیین دیاگرام جریان داده در نیروگاه فرآیندهای شیمیایی به صورت ساده شده.
- ✓ تعیین دیاگرام بلاک تجهیزات در نیروگاه فرآیندهای شیمیایی.
- ✓ تعیین عدد اولویت خطر (RPN) برای هر حالت شکست.
- ✓ تعیین کاربرگ FMEA با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده و اقدامات اصلاحی بررسی شده.



اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران

شکل 1 نمودار ساده فرآیند جریان صنعت پتروشیمی

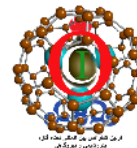


شکل 2 نمودار بلاک تجهیزات



شکل 3 کاربرد FMEA مربوط به صنعت پتروشیمی

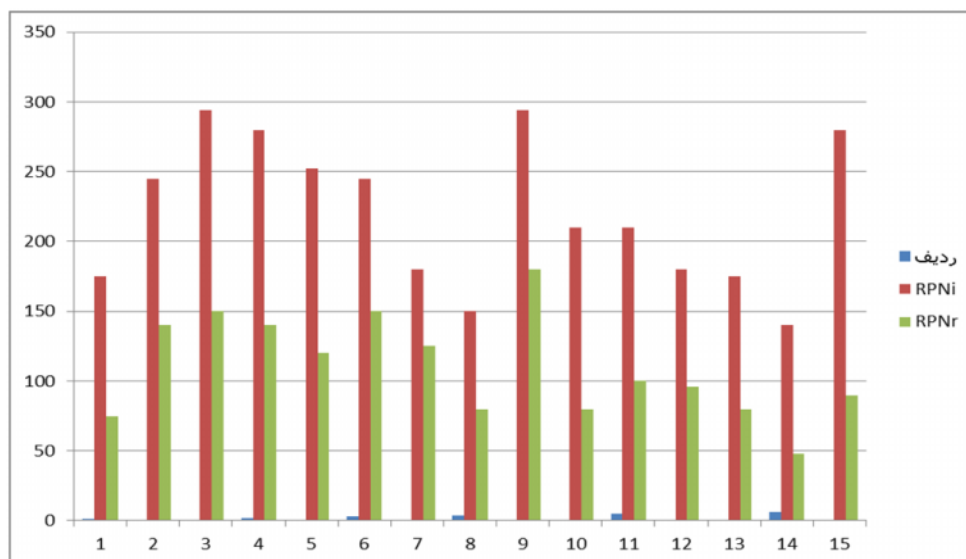
ردیف	تجهیزات	حالت شکست	دلایل شکست	Oi	کنترل	Di	RPMi	عمل توصیه شده	Sr	Or	Dr	RPNr
1	مبدل حرارتی	نشست افزایش آف فنسار	مشکل بیج و مهره رسوب بیش ز حد لوله	7	بج و مهره سخت / روان تمیز کردن سالانه	5	175	جابجایی نمودن بیج و مهره تعویض لوله	3	4	6	140
2	بازیافت کمپرسور	افزایش سایبش و پارگی گرمی بیش از حد کاهش ظرفیت	خریجه های کنترل بلبرینگ/چرخش قطعات کویل کندانسور / فیلتر	7	روغنکاری تمیز کردن	8	280	تعویض قطعات	5	4	6	120
3	راکتور گرمای دو فاز	فشار فرسایش	عضو ساحتار فیلتر	7	نقصی کردن جت پ تالیبراسیون هر سال	6	180	تعویض قطعات	5	5	5	125
4	نلمبه	فشار کم مکن نشست قدرت بیش از حد	کرم پروانه شکست/خم مسنود شدن پروانه	5	روغنکاری پشت پروانه	6	150	تعویض قطعات	4	4	4	80
5	درجه	بازکردن ناموفق بسیار ناموفق نشست از طریق تمبر	اهرم نسیر رسوب	5	خط و بیت کردن روغنکاری تمیز کردن	7	210	تعویض قطعات	5	4	6	100
6	کندانسور محصول	نشست کاهش کیفیت آب	خوردگی لایه سوخت کاهش کیفیت آب	7	رنگ کردن تعویض فیلتر تعویض آب	4	140	تعویض قطعات	4	4	4	46
				5		7	280		6	3	6	90



اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی

مرکز همایش های بین المللی هتل المپیک تهران

شکل 4 نمودار مقایسه ای RPNi با RPNr



5 نتیجه گیری

بررسی ها در روش FMEA نشان داد که بیشتر مشکلات ناشی از تعمیرات و نگهداری نیروگاه های فرآیند شیمیایی مربوط به مشکلات شرایط محیطی و خوردگی های تجهیزات می شود و بررسی های نگهداری در دیگر نیروگاه های فرآیند های شیمیایی بیانگر این است که خوردگی و شرایط محیطی به میزان قابل توجهی تحت تاثیر طراحی، عملیات و اقدامات پیشگیرانه می باشد و این روشن است که استفاده از روش FMEA در آنالیز خرابی در طرح توسعه ی فرآیندهای شیمیایی برای آینده این صنعت ضروری می باشد.

منابع

- [1] DiVenti A, "Failure Mode Effect Analysis (FMEA) & Critical Items List (CIL) GLAST LAT Anti-Coincidence Detector (ACD) Report", *Greenbelt*, Maryland (2002).
- [2] Arabian Hoseynabadi H, Oraee H, Tavner P.J., "Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) for Wind Turbines", *Elsevier Editorial System(tm) for International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, IJEPES-D-09-00041 (2009).
- [3] Tan, J. S., Kramer, M. A., (1997), "A General Framework for Preventive Maintenance Optimization in Chemical Process Operations". *Comput. Chem. Eng*
- [4] Gilchrist W, "Modeling failure mode and effect analysis", *International Journal of Quality and Reliability Management*, (1993).
- [5] Hatami Nasab H, Afzalabadi M.R., Afzalabadi M.H, "Using FMEA Technique in Risk analysis", (2007).
- [6] Villacourt M, "Failure Mode and Effects Analysis (FMEA): A Guide for Continuous Improvement for the Semiconductor Equipment Industry", *International SEMATECH Technology Transfer*, September (1992).
- [7] (1989), "Guidelines for Process Equipment Reliability Data with Data Tables", Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers: New York
- [8] Peters, M. S., Timmerhaus, K. D., West, R. E., (2003), "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", 5th Edition; McGraw-Hill: New York

SID



سرویس های
ویژه



سرویس ترجمه
تخصصی



کارگاه های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی

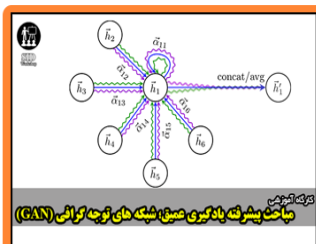


عضویت در
خبرنامه



فیلم های
آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آوساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی