



# هشتمین کنگره ملی تازه یافته در مدیریت و مهندسی صنایع با تاکید بر توانمندی و هوش رقابت

8th National Congress new founding in Industrial Management and Engineering  
With emphasis on empowerment and competitive intelligence

[www.M-IE.ir](http://www.M-IE.ir)



پایگاه استنادی علوم جهان اسلام  
۰۰۲۰۱۵۳۴۱۳

ارائه مدل دینامیکی - فازی جهت ارزیابی ریسک خرابیها در سیستم

مجید وزیری سرشک

گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

[m.vaziri@pin.iaun.ac.ir](mailto:m.vaziri@pin.iaun.ac.ir)

## چکیده

در این مقاله، ابتدا به مرور کلی تکنیک کیفی تجزیه و تحلیل حالات خرابی و آثار آن (FMEA) سنتی و ضعف ها و محدودیت های آن اشاره شده و سپس جهت رفع نقایص مربوطه، مدل دینامیکی - فازی پیشنهاد شده است. در این راستا پس از تخمین تابع تبدیل مناسب برای تعیین رفتار زمانی ریسک، پارامترهای آن با بکارگیری قواعد اگر- آنگاه فازی محاسبه می شود.

مدل حاصله در نرم افزار MATLAB اجرا شده است. چالش اصلی این مقاله، مدلسازی دینامیک تأثیر ریسک آم(مرحله قبلی)

روی ریسک ژام(مرحله بعدی)، استفاده از اصل کانولوشن و بکارگیری تبدیل لاپلاس در محاسبات مربوط به کمیت فوق می باشد.

**واژگان کلیدی:** سیستم های دینامیک، تابع تبدیل، متغیر های کلامی، منطق فازی، عدد اولویت ریسک



# هشتمین کنگره ملی تازه یافته در مدیریت و مهندسی صنایع با تاکید بر توانمندی و هوش رقابت

8th Congress new founding in Industrial Management and Engineering  
With emphasis on empowerment and competitive intelligence

www.M-IE.ir



مركز علوم جهان اسلام  
۰۲۰۱۳۴۱۳

## ۱- مقدمه:

کیفیت محصول، یکی از مهمترین عوامل برای پایداری و بقا هر سازمان تولیدی و بازرگانی می باشد. در این راستا، رویکرد "پیشگیری از خطا" بعنوان یکی از محور های اصلی در ایجاد، استقرار و بکارگیری سیستم های مدیریت (مدیریت کیفیت، مدیریت محیط زیست، مدیریت ایمنی و...) در سازمان ها -با بکارگیری تکنیک های کیفی گوناگون، مانند تجزیه و تحلیل حالات و آثار خرابی (FMEA) - نقش با اهمیتی را ایفا می نماید.

FMEA، خطا های ممکن و بالقوه را بطور سیستماتیک شناسایی نموده و عدد اولویت ریسک (RPN) <sup>۱</sup> کلیه خطاها را با ترکیب عواملی مانند شدت خطا (S) <sup>۲</sup>، نرخ وقوع خطا (O) <sup>۳</sup> و قابلیت کشف خطا (D) <sup>۴</sup>، سنجیده و آنگاه با توجه به سیستم اولویتی بوجود آمده، جهت کاهش ریسک های موجود در تولید محصولات جدید و افزایش قابلیت اطمینان آن به اقدامات اصلاحی می پردازد. در راستای امتیازدهی به عوامل مذکور، از جداولی که با اعداد ۱ تا ۱۰ مقیاس بندی شده، استفاده می شود. در FMEA اعداد بالاتر، شرایط بدتر را نشان میدهند؛ لذا مقدار RPN در کمترین حالت، ۱ و در بیشترین حالت (بدترین وضعیت) ۱۰۰۰ میباشد. این روش نمره دهی به ریسک (حاصل ضرب سه فاکتور)، یکی از ضعفهای FMEA سنتی است. از محدودیتهای دیگر آن میتوان به موارد زیر اشاره کرد:

### ۱-۱- محدودیتهای روش FMEA سنتی:

- الف) ترکیبات مختلف سه فاکتور ریسک، ممکن است RPN یکسان، نتیجه دهد؛ در صورتیکه اولویت ریسک آنها در واقعیت، برابر نباشد.
- ب) برای سه فاکتور S, O, D، وزنها مساوی در نظر می گیرد؛ در حالیکه عملاً چنین نیست.
- ج) امتیازات مربوط به S, O, D بصورت عددی بین ۱ تا ۱۰ توسط تیم تعیین میشود در صورتیکه استفاده از عبارات کلامی و مقادیر فازی قابل فهم تر و آسانتر است.
- د) وابستگی خرابیها به خرابیهای دیگر و یا به خود، در محاسبات لحاظ نشده است.
- ه) اثر زمانی (دینامیک) خرابیهای مراحل مختلف که پارامتری مهم در مدلهای ارزیابی ریسک و قابلیت اطمینان است، در نظر گرفته نشده است.

### ۱-۲- پیشینه تحقیق (ادبیات نظری و تحقیقات صورت گرفته):

روش FMEA یکی از روشهای تجربه شده و بسیار مفید برای شناسایی، طبقه بندی، تجزیه و تحلیل خطاها و ارزیابی مخاطرات و ریسک های ناشی از آنهاست. به کمک این روش میتوان خطاها را ریشه یابی واز بروز آنها جلوگیری نمود. این روش برای اولین بار در ارتش آمریکا مورد استفاده قرار گرفته است. استاندارد نظامی MIL-STD-1629 با عنوان (روش آنالیز عیب، تأثیرات مربوط و میزان اهمیت آن) در نهم نوامبر ۱۹۴۹ انتشار یافت. در قالب این استاندارد، خطاها یا اشکالات پیش آمده به لحاظ تأثیرگذاری آنها در هدف غایی و میزان ایمنی پرسنل/تجهیزات طبقه بندی می شوند.

بر اگلیا، فرسولینی و مونتاناری (۲۰۰۳) یک نگرش تصمیم گیری چند شاخصه به نام نگرش تکنیک فازی جهت مرتب کردن ارجحیت بوسیله شباهت به راه حل ایده آل (Topsis) برای FMEA ارائه کردند که علل خرابی را بعنوان گزینه هایی که می بایست رتبه بندی شوند و فاکتورهای ریسک S.O و D مرتبط با یک حالت خرابی را بعنوان معیارها در نظرمی گیرد. خرابی ها براساس معیار فاصله اقلیدسی یک گزینه از یک هدف ایده آل، اولویت بندی می شوند. در روش TOPSIS فازی پیشنهاد شده، سه فاکتور ریسک و وزن های اهمیت متناظرشان، بجای اعداد کریسپ دقیق، توسط اعداد فازی مثلثی، ارزیابی می شوند. حاصل، یک رتبه بندی نهایی برای علل خرابی بوده که تفسیر آن آسان است.

<sup>1</sup>.Risk Priority Number

<sup>2</sup>.Severity

<sup>3</sup>.Occurrence

چانگ، وی و لی (۱۹۹۹)، از روشهای فازی و تئوری خاکستری در اجرای FMEA استفاده نمودند. در این تحقیق، عبارات کلامی فازی؛ مثل: خیلی پایین، پایین، متوسط، بالا و خیلی بالا به منظور ارزیابی فاکتورهای ریسک O, S و D لحاظ گردید و تجزیه و تحلیل روابط خاکستری نیز به منظور تعیین اولویت های ریسک علل بالقوه اجرا شد. به منظور اجرای آنالیز روابط خاکستری، متغیرهای فازی کلامی، بصورت مقادیر کریسپ دیفازی (غیر فازی) شده و پایین ترین سطوح سه فاکتور ریسک بعنوان سربهای استاندارد تعریف گردید.

همچنین، اطلاعات ارزیابی سه فاکتور ریسک برای هر علت بالقوه بعنوان سربهای مقایسه ای در نظر گرفته شد تا ضریب ارتباطی خاکستری و درجه ارتباط با سربهای استاندارد بر اساس تئوری خاکستری محاسبه شوند. درجه ارتباط قویتر به معنای اثر کمتر علت بالقوه است. بنابراین، رتبه فزاینده درجات ارتباطی، اولویت ریسک مسائل (مشکلات) بالقوه را نشان می دهد که می بایست بهبود یابند.

یانگ و همکارانش (۲۰۰۹) اعداد اولویت ریسک فازی (FRPNs) را برای اولویت بندی حالات خرابی پیشنهاد کردند، زیرا در کاربردهای عملی واقع گرایانه نبود که اولویتهای ریسک حالات خرابی از طریق RPN هایی تعیین گردد که نیازمند ارزیابیهای دقیق سه فاکتور ریسک به ازاء هر حالت خرابی هستند. در این مقاله، FRPNها بصورت میانگین هندسی وزنی فازی مقادیر کلامی O, S, D و تعریف شده که توسط مجموعه های برش آلفا (آلفا-سطح) و مدل های برنامه ریزی خطی محاسبه می شوند. نهایتاً، FRPNها با استفاده از روش دیفازی سازی مرکز ثقل به منظور رتبه بندی حالت های خرابی، غیر فازی می شوند.

گارسیا و همکاران (۲۰۰۵) نگرشی با عنوان تحلیل پوششی داده های (DEA) فازی برای FMEA ارائه کردند که در آن، فاکتورهای ریسک معمول، یعنی؛ O, S, D به صورت مجموعه های فازی مدل سازی شده و همچنین از مدل DEA امکان فازی معرفی شده توسط لرتوراسیریکول و همکاران (۲۰۰۳) برای تعیین شاخصهای رتبه بندی بین حالات خرابی استفاده گردید. نگرش پیشنهادی برای یک سیستم تغذیه کمکی راکتور آب تحت فشار (PWR) به کار گرفته شد.

کیسکین و ازکان (۲۰۰۹) نگرشی مرکب از منطق فازی و شبکه های عصبی را جهت ارزیابی RPN در FMEA بکار بردند. در این تحقیق، مقادیر وقوع، شدت و تشخیص که تشکیل دهنده مقدار RPN هستند، بصورت جداگانه برای هر ورودی ارزیابی می شوند. مقادیر RPN متفاوت از ترکیبهای مختلف ورودیها، بدست آمده و هر ورودی در حالت خاص خود بصورت ترکیبی از پارامترهای O, S, D در سیستم نشان داده می شود. در هر مورد، یک ورودی مرکب از سه داده مذکور بر اساس پارامترهای منتج از آزمون مدل به سیستم داده شده و ورودیهای مشابه بر طبق سه پارامتر دسته بندی می شوند؛ نهایتاً میانگین منطقی مقادیر ورودی در هر طبقه خرابی بدست آمده و برای اولویت بندی استفاده می شود.

با مرور ادبیات نظری و پیشینه تحقیق، مشخص گردید که اکثر تحقیقات در رابطه با رفع ۳ محدودیت اول - که در بالا به آن اشاره شد - متمرکز بوده اند؛ لذا یک نیاز آشکار به منظور بررسی اثر زمانی و تأثیر وابستگی خرابیها در راستای رفع ضعفهای FMEA سنتی وجود دارد. پرداختن به این مقوله، انگیزه اصلی این مقاله است.

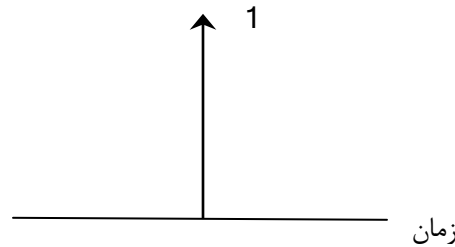
## ۲- مدل پیشنهادی جهت محاسبه عدد اولویت ریسک پذیری :

منشأ اصلی در شناسایی سیستم ها، مشخص کردن تابع تبدیل (تابع انتقال) آنها می باشد. تابع تبدیل نشان دهنده عملی است که یک سیستم معینی روی ورودی اعمال کرده تا خروجی بدست آید. با معلوم بودن تابع تبدیل، خروجی سیستم در قبال ورودیهای مختلف با استفاده از انتگرال کانولوشن و خواص تبدیل لاپلاس بدست می آید.

لذا در این تحقیق، برای محاسبه کمیت ریسک به تابع تبدیل متناظر نیاز داریم. در این راستا از اصل تشابه و قیاس پذیری سیستم ها استفاده می نماییم و پس از تعیین تابع تبدیل مناسب، پارامترهای آن را با استفاده از قواعد اگر - آنگاه فازی محاسبه می نماییم. قبل از محاسبه تابع تبدیل ریسک، دو مفهومی که در ادامه از آن استفاده مینماییم را توضیح می دهیم.

۱- پاسخ ضربه<sup>۴</sup> سیستم: پاسخ سیستم به ورودی ضربه واحد<sup>۵</sup> - سیگنالی که در زمان صفر دارای مقدار یک و در مابقی زمانها دارای مقدار صفر مطابق شکل ۱ می باشد- است.

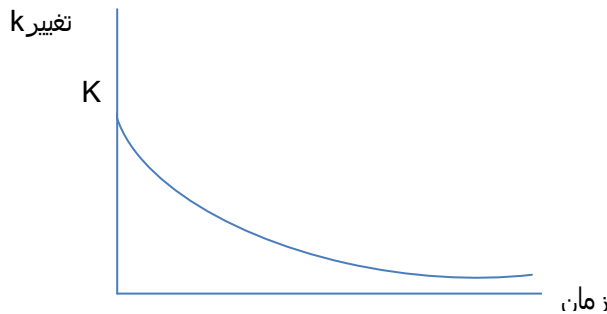
۲- پاسخ پله<sup>۶</sup> سیستم: پاسخ سیستم به ورودی پله واحد<sup>۷</sup> - سیگنالی که به ازاء t بزرگتر و مساوی صفر دارای مقدار یک است. ورودی پله واحد در واقع نشاندهنده تحریک (انگیزش)<sup>۸</sup> دائم سیستم از زمان شروع به کار سیستم (مبدأ فرضی t=0) به اندازه واحد می باشد.



شکل ۱- نمودار تابع ضربه واحد

### ۱-۲- تخمین تابع تبدیل سیستم ریسک

در حالت کلی، اگر ورودی سیستم را پله ای واحد ( $u(t)$ ) در نظر بگیریم، با توجه به رفتار خروجی در قبال زمان (پاسخ پله) می توان تابع تبدیل سیستم ها را تخمین زد. اکثر علت های خرابی پس از گذشت زمان به خرابی منجر می شوند. پس افزایش ریسک در لحظه شروع (مبدأ فرضی) دارای حداکثر مقدار بوده و با گذشت زمان و نزدیک شدن به وقوع خرابی به صفر میل میکند که رفتاری مطابق شکل ۲ را می توان برای آن در نظر گرفت:



شکل ۲- رفتار کاهش تغییرات ریسک در قبال زمان (سیستم درجه اول)

نمودار ۲ رفتار افزایش ریسک در طول زمان (عملکرد سیستمی درجه اول) را نشان می دهد.

4 -impulse response  
5 -unit impulse  
6 -step response  
7 -unit step  
8 -stimulation



# هشتمین کنگره ملی تازه یافته در مدیریت و مهندسی صنایع با تاکید بر توانمندی و هوش رقابت

8th National Congress new founding in Industrial Management and Engineering  
With emphasis on empowerment and competitive intelligence

www.M-IE.ir



پژوهشگاه استنادی علوم جهان اسلام  
۰۰۲۰۱۵۳۴۱۳

در ادامه، رابطه ریاضی متناظر با رفتار مزبور را با استفاده از خواص تبدیل لاپلاس (کانولوشن دو سیگنال در حوزه زمان = حاصلضرب تبدیل لاپلاس آنها) بدست می آوریم.

## ۲-۲ - استفاده از تبدیل لاپلاس در مدل ریاضی سیستم ها:

تبدیل لاپلاس یکی از تبدیلهای مهم و عمده در ریاضیات کاربردی است که در حالت کلی بصورت زیر بیان می شود:

$$F(s) = L\{f(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-st} dt$$

این رابطه، تبدیل لاپلاس تابعی مانند  $f(t)$  را بصورت تابع جدیدی مانند  $F(s)$  ارائه می کند.  $s$  یک متغیر مختلط است  $(s = \sigma + j\omega)$ . چنانچه متغیر  $t$  زمان باشد (مانند تحقیق حاضر)، رابطه تبدیل لاپلاس بالا بصورت زیر تغییر می یابد:

$$F(s) = L\{f(t)\} = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt$$

تبدیل لاپلاس ابزار بسیار مناسب و کارآیی برای سهولت در حل معادلات دیفرانسیل در اختیار قرار می دهد.

قبلاً ملاحظه گردید که در حالت کلی معادله حاکم بر یک سیستم خطی عبارتست از:

$$a_n D^n x(t) + a_{n-1} D^{n-1} x(t) + \dots + a_0 x(t) = b_m D^m u(t) + b_{m-1} D^{m-1} u(t) + \dots + b_0 u(t)$$

تبدیل لاپلاس معادله دیفرانسیل فوق با قرار دادن اپراتور  $s$  بجای اپراتور  $D$  در شکل دسته بندی شده مطابق رابطه زیر است:

$$(a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_0) x(s) = (b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \dots + b_0) u(s)$$

لذا تابع انتقال لاپلاسی سیستم عبارتست از:

$$\frac{x(s)}{u(s)} = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \dots + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_0} = G(s)$$

$$x(s) = G(s)u(s)$$

در نتیجه:

با معلوم بودن تابع انگیزش یا ورودی سیستم یعنی  $U(t)$  تبدیل لاپلاس آن یعنی  $U(s)$  از جدول لاپلاس بدست می آید. آنگاه برای یک سیستم معین با  $G(s)$  معلوم، خروجی  $X(s)$  طبق رابطه قبل محاسبه می شود. اینک با داشتن  $X(s)$  و از جدول لاپلاس می توان با عکس تبدیل لاپلاس،  $X(t)$  را بدست آورد که  $X(t)$  همان رفتار، پاسخ یا واکنش سیستم است. قابل ذکر است که این خاصیت تبدیل لاپلاس معادل محاسبه انتگرال کانولوشن (کانوالو کردن ورودی و تابع انتقال سیستم) می باشد. عبارات دیگر؛ کانوالو دو سیگنال در حوزه زمان (یعنی ورودی و تابع تبدیل یا تابع انتقال) برابر است با: حاصلضرب آنها در حوزه فرکانس  $(s)$ .

$$\int_0^t U(\tau)G(t-\tau)d\tau = U(s)G(s)$$

در ادبیات نگرش پویایی سیستم، به  $G(t)$  پاسخ ضربه سیستم می گویند. ضمناً به انتگرال پاسخ ضربه، پاسخ پله سیستم گویند که از انتگرال کانولوشن در قبال ورودی ضربه بدست می آید.

$$\int_0^t G(t)dt = G(T) \text{ عبارت دیگر:}$$



### ۳-۲ - پاسخ زمانی (رفتار) افزایش ریسک با ورودی پله واحد:

تابع انتقال سیستمهایی که رفتاری مانند نمودار ۳ دارند، بصورت  $G(s) = \frac{k\tau s}{1+\tau s}$  می باشد که معرف سیستمی درجه اول است. در این رابطه  $\tau$  ثابت زمانی سیستم (زمان تأثیر گذاری) و  $k$  میزان تأثیر گذاری را نشان می دهد.

با استفاده از رابطه  $x(s) = G(s)u(s)$  می توان نوشت:  $x(s) = \frac{k\tau s}{1+\tau s} \frac{1}{s}$  یا  $x(s) = \frac{k\tau}{1+\tau s}$   
اگر صورت و مخرج را بر  $\tau$  تقسیم کنیم می شود:  $x(s) = \frac{k}{\frac{1}{\tau} + s}$

انجام این کار برای بدست آوردن  $x(t)$  از جدول لاپلاس است. با عکس تبدیل لاپلاس در جدول تبدیل لاپلاس، می توان نوشت:

$$x(t) = ke^{-\frac{t}{\tau}}$$

عبارت مزبور بیانگر پاسخ یا رفتار یک سیستم درجه اول در قبال انگیزش واحد می باشد.

همانطور که در نمودار مربوطه نیز مشخص است، مطابق فرمول ریاضی حاکم بر این پدیده  $x(0) = k$  و  $x(\infty) = 0$ .

زمانی که  $t$  به سمت بی نهایت میل کند، حالت ماندگار حاصل می شود. در رابطه با ریسک، حالت ماندگار به منزله حادث شدن خرابی بوده و معادل صفر شدن افزایش ریسک است. در واقع رابطه  $ke^{-\frac{t}{\tau}}$  فرآیند گذار سیستم است که به سمت صفر میل می کند ( $k e^{-\frac{t}{\tau}} \rightarrow 0$ ). به فرآیند گذار، دوران گذار یا حالت گذار نیز گفته می شود. ضمناً می توانیم رفتار سیستم را بصورت هنجار

$$\frac{x(t)}{k} = e^{-\frac{t}{\tau}}$$

این رابطه را می توانیم بصورت جدول ۱ نمایش دهیم:

جدول ۱- محاسبه حالات سیستم

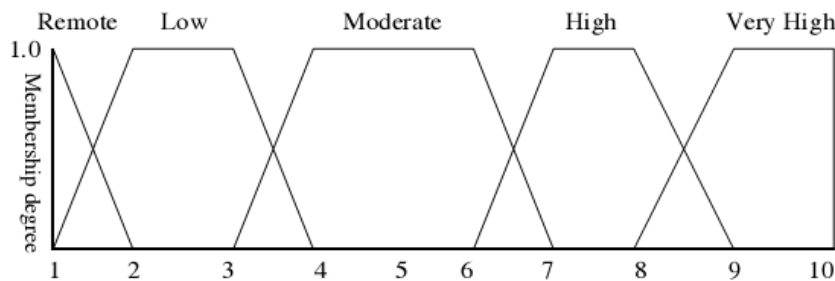
$\frac{t}{\tau}$	0	1	2	3	4	4.6	5	.....	$\infty$
$\frac{x(t)}{k}$	1	.368	.135	.05	.18	.01	.007	.....	0

چنانکه ملاحظه می گردد از نظر ریاضی، زمان نشست؛ یعنی مدت زمانی که طول می کشد تا سیستم به حالت ماندگار برسد بی نهایت است. لیکن چنانچه از جدول قابل ملاحظه است برای  $\frac{t}{\tau} \geq 4.6$ ، سیستم به حدود ۹۹ درصد هدف یا حالت ماندگار خود نائل می گردد. به این زمان، زمان نشست یک درصد یا زمان نشست یک درصد حالت ماندگار گفته می شود. لذا در صورت مشخص بودن ثابت زمانی سیستم، می توان نتیجه گرفت که زمان فرا رسیدن خرابی حدوداً پنج برابر آن است ( $T \cong 5\tau$ ). در واقع در هر ثابت زمانی  $0.632$  اختلاف بین وضعیت موجود و وضعیت مطلوب (هدف)، پوشش داده می شود و این نشاندهنده عملکرد فیدبک در سیستمهای پویا می باشد. لذا با مشخص شدن پارامترهای  $K$  و  $\tau$  می توان به رفتار کمیت ریسک در قبال زمان دست یافت؛ این کار توسط منطق فازی بصورت زیر صورت می گیرد.

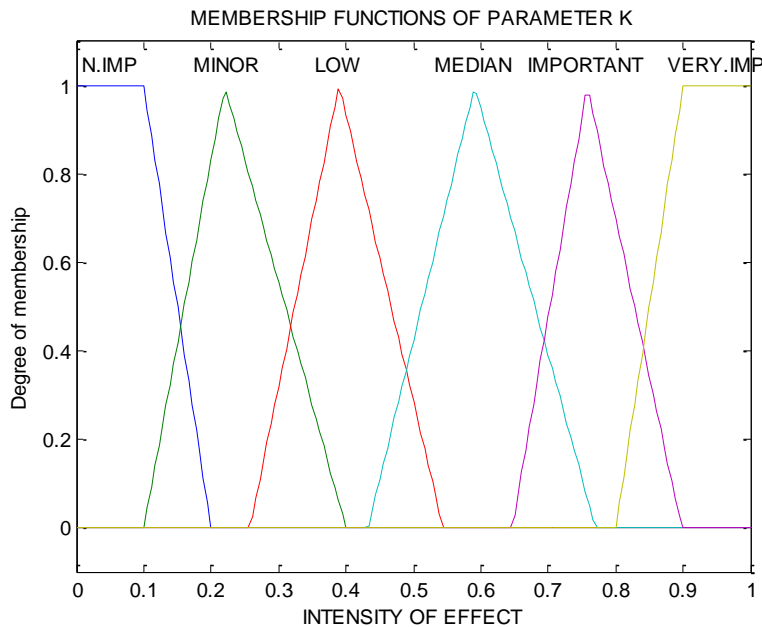
۲-۴ - سیستم استنتاج فازی (FIS)<sup>۹</sup>

به منظور محاسبه مقادیر این دو پارامتر، دو سیستم استنتاج فازی با ورودی های احتمال وقوع علت خرابی، احتمال عدم کشف آن و وابستگی به سایر علل، طراحی شده که خروجی سیستم اول، میزان تأثیر گذاری (k) و خروجی دومی، زمان اثر گذاری (T) را نشان می دهد.

توابع عضویت مقادیر کلامی ورودیها، دوزنقه ای (شکل ۳) و خروجیها از نوع مثلثی (شکل ۴) است.



نمودار ۳- توابع عضویت مقادیر کلامی متناظر با متغیرهای کلامی ورودی



نمودار ۴- توابع عضویت مقادیر کلامی پارامترهای تابع تبدیل ریسک

<sup>9</sup>-Fuzzy Inference System



# هشتمین کنگره ملی تازه یافته در مدیریت و مهندسی صنایع با تاکید بر توانمندی و هوش رقابت

8th National Congress new founding in Industrial Management and Engineering  
With emphasis on empowerment and competitive intelligence

www.M-IE.ir



پایگاه استنادی علوم جهان اسلام  
۰۲۰۱۵۳۴۱۳

نمونه قوانین مربوط به محاسبه پارامتر اول (K) چنین است:

اگر وابستگی زیاد و احتمال وقوع خیلی زیاد و احتمال عدم تشخیص خیلی زیاد باشد، آنگاه میزان اثر در افزایش ریسک خیلی زیاد است.  
اگر وابستگی متوسط و احتمال وقوع متوسط و احتمال عدم تشخیص متوسط باشد، آنگاه میزان اثر در افزایش ریسک متوسط است.  
اگر وابستگی کم و احتمال وقوع کم و احتمال عدم تشخیص کم باشد، آنگاه میزان اثر در افزایش ریسک کم است.

نمونه قوانین مربوط به محاسبه پارامتر T چنین است:

اگر وابستگی زیاد و احتمال وقوع خیلی زیاد و احتمال عدم تشخیص خیلی زیاد باشد، آنگاه زمان اثرگذاری خیلی کوتاه است.  
اگر وابستگی متوسط و احتمال وقوع متوسط و احتمال عدم تشخیص متوسط باشد، آنگاه زمان اثرگذاری متوسط است.  
اگر وابستگی کم و احتمال وقوع کم و احتمال عدم تشخیص کم باشد، آنگاه زمان اثرگذاری طولانی است.  
در هر دو سیستم مزبور از عملگر and برای دلالت قوانین، عملگر or برای تجمیع خروجی قوانین در نتیجه نهایی، روش ممدانی جهت استنتاج و روش مرکز ثقل برای غیر فازی سازی خروجی نهایی استفاده می شود.

### ۳- مطالعه موردی

به منظور پیاده سازی و اجرای مدل، فرآیند تولید قطعه پیستون موتور خودرو مورد بررسی قرار گرفته و اطلاعات زیر در رابطه با عملیات تراش نشیمنگاه پیستون (بعنوان نمونه) بدست آمده است:

حالات خرابی بالقوه:

۱- بزرگ شدن قطر نشیمنگاه و ۲- کم شدن فاصله نشیمنگاه تا ته پیستون

آثار و شدت متناظر هر اثر برای حالت خرابی ۱: لق زدن در فیکسچرهای مراحل بعدی تولید با شدت ۷

آثار و شدت متناظر هر اثر برای حالت خرابی ۲: زیاد شدن وزن پیستون با شدت ۴

علل خرابی بالقوه و احتمال وقوع هر علت برای حالت خرابی ۱: از تنظیم خارج شدن ابزار با عدد وقوع ۸

علل خرابی بالقوه و احتمال وقوع هر علت برای حالت خرابی ۲: درست قرار نگرفتن قطعه داخل سه نظام با عدد وقوع ۵

کنترل‌های جاری و احتمال تشخیص هر علت برای حالت خرابی ۱: کنترل قطر نشیمنگاه با عدد نسبت داده شده=۹

کنترل‌های جاری و احتمال تشخیص هر علت برای حالت خرابی ۲: کنترل اندازه فاصله نشیمنگاه تا ته پیستون با عدد نسبت داده شده=۳  
همچنین توسط تیم برای متغیر وابستگی مربوط به علت خرابی اول، عدد ۶ و برای خرابی دوم عدد ۴ در نظر گرفته شد.

داده های  $D=9, O=8$  و وابستگی متوسط برای خرابی ۱ بعنوان ورودیهای دو FIS مربوط به محاسبه پارامترهای مدل، لحاظ گردید که نتیجه آن بصورت خروجیهای فازی برای K و  $\tau$  بدست آمد.

ورودیها با اعداد فازی دوزنقه ای و خروجیها با اعداد فازی مثلثی نشان داده شده و پایگاه قوانین سیستم فازی طراحی شده مشتمل بر ۲۷ قاعده اگر- آنگاه فازی است.

با استفاده از تکنیک دیفازی سازی مرکز ثقل، خروجیهای کریسپ (غیر فازی) برای این دو پارامتر عبارت بودند از:  $K=.768$  و

$$\tau = .24$$

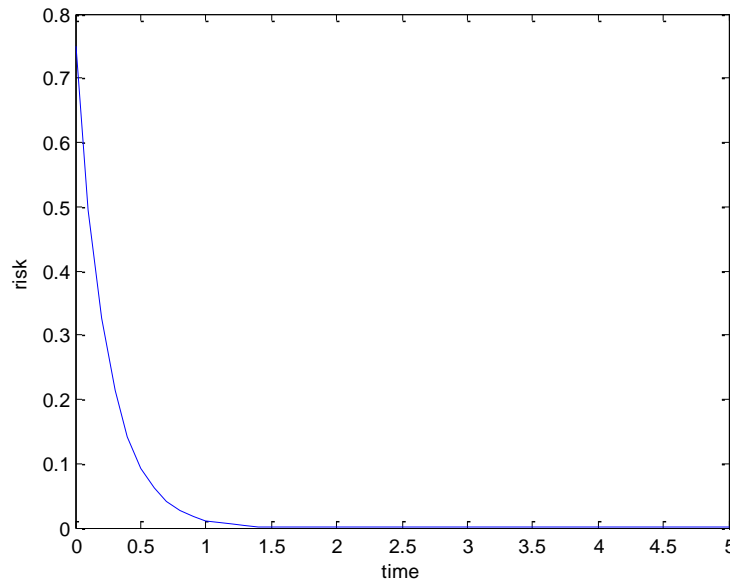
با جایگذاری مقادیر بدست آمده در رابطه تابع تبدیل سیستم داریم  $G(s) = \frac{K\tau s}{1+\tau s} = \frac{.18s}{1+.24s}$

جهت محاسبه خروجی سیستم از انتگرال کانولوشن-مطابق با روش تشریح شده در بالا- استفاده شده است.

نتیجه بصورت  $X(t) = .18e^{-\frac{t}{.24}}$  میباشد که پاسخ زمانی یا واکنش سیستم (افزایش ریسک) را نشان می دهد.



به منظور شبیه سازی رفتار تابع زمانی بدست آمده در یک بازه زمانی مشخص (پنج ماهه)، از نرم افزار MATLAB استفاده شده که نتیجه آن بصورت نمودار ۵ می باشد:



نمودار ۵- پاسخ زمانی (رفتار) شبیه سازی شده ریسک برای خرابی اول (بزرگ شدن قطر نشیمنگاه)

همچنین، داده های  $D=3$ ،  $O=5$  و وابستگی کم برای خرابی ۲ بعنوان ورودیهای دو FIS مربوط به محاسبه پارامترهای مدل، لحاظ گردید که نتیجه آن  $K=0.5$  و  $\tau=0.5$  است.

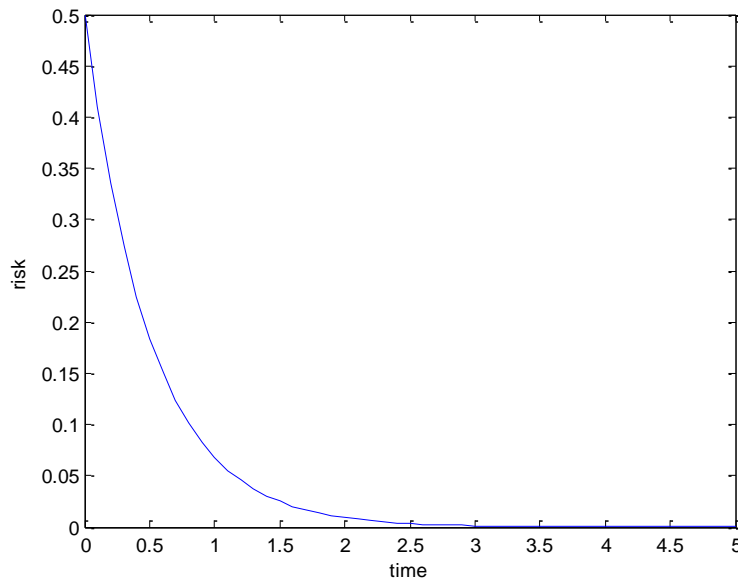
$$G(s) = \frac{K\tau s}{1+\tau s} = \frac{.25s}{1+.5s}$$

با جایگذاری مقادیر بدست آمده در رابطه تابع تبدیل سیستم داریم:

جهت محاسبه خروجی سیستم، مانند حالت قبل عمل می نماییم. لذا داریم:

$$X(t) = .25e^{-\frac{t}{.5}}$$

پاسخ پله بدست آمده دارای نمودار ۶ میباشد که برای بازه زمانی ۵ ماهه توسط نرم افزار MATLAB شبیه سازی شده است.



نمودار ۶- پاسخ زمانی (رفتار) شبیه سازی شده ریسک برای خرابی دوم

با توجه به نمودار ۵ و ۶ میتوان نتیجه گرفت که خرابی اول با زمان نشست تقریباً ۱/۳ در اوایل ماه دوم و خرابی دوم با زمان نشست ۲/۵ در اواسط ماه سوم اتفاق می افتند؛ لذا علت متناظر با خرابی اول از اولویت بالاتری برای اینکه اقدامات اصلاحی برای آن تدارک دیده شوند برخوردار است.

#### ۴- نتیجه گیری

افراد، شرکتها و نیز جامعه بطور کلی هر چه بیشتر و بیشتر به سیستمهایی که هر روز بر پیچیدگی آنها افزوده می شود وابسته تر می شوند. بعلاوه، خرابی این سیستمهای پیچیده اغلب باعث یک ائتلاف خدمت با پیامدهای بالقوه جدی است. هدف مطالعات قابلیت اطمینان و از جمله تحقیق حاضر حفظ پایایی سیستم بصورت ایمن و اقتصادی و با کیفیت مناسب است. با توجه به تأثیر متقابل خرابیها و همچنین تأثیر زمانی (دینامیک) خرابی در مراحل مختلف ارائه مدلی که بتواند با دید سیستمی ریسک سیستم تولیدی را شبیه سازی و ارزیابی نماید، حائز اهمیت است. در این مقاله ابتدا با پیاده سازی تکنیک کیفی FMEA الگوهای وابستگی خرابیهای مراحل مختلف به یکدیگر شناسایی شده؛ سپس با در نظر گرفتن فاکتورهای تشکیل دهنده ریسک و با استفاده از طراحی سیستمهای استنتاج فازی، مدل دینامیک ریسکهای مرتبط با خرابیهای مختلف بدست آمد.



# هشتمین کنگره ملی تازه یافته در مدیریت و مهندسی صنایع با تاکید بر توانمندی و هوش رقابت

8th National Congress new founding in Industrial Management and Engineering  
With emphasis on empowerment and competitive intelligence

www.M-IE.ir



پایگاه استنادی علوم جهان اسلام  
۰۰۲۰۱۵۳۴۱۳

## منابع و مأخذ:

- برارپور، کوروش، عراقی، مجتبی، تحلیل پویایی زیرساختهای رقابتی صنایع خودروسازی ایران با استفاده از رویکرد سیستمی، پژوهشنامه بازرگانی، شماره ۳۹، تابستان ۱۳۸۵
- خان محمدی، سهراب، تئوری مجموعه های فازی، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ۱۳۸۹
- امیری، شهرام (۱۳۷۷). "FMEA و بکارگیری آن در یک واحد صنعتی". پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، دانشگاه تهران.
- نادری، عزت ا... و مریم سیف نراقی (۱۳۸۳). روشهای تحقیق و چگونگی ارزشیابی آن در علوم انسانی با تاکید بر علوم تربیتی. چاپ بیست و چهارم، انتشارات بدر، تهران.
- مهربان، رضا (۱۳۸۰). تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن، چاپ دوم، انتشارات پیکان، تهران.
۱. Burgazzi, L. State of the art in reliability of thermal-hydraulic passive systems, Reliability Engineering and System Safety 92 (2007) 671-67
  ۲. Braglia, n., Frosolini, M., & Montanari, R. (2003b). Fuzzy TOPSIS approach for failure mode, effects and criticality analysis. International Journal of Quality & Reliability Management, 19, 425-443.
  ۳. Chin, K. S., Chan, A., & Yang, J. B. (in press). Development of a fuzzy FMEA based product design system. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, doi: 10.1007/s00170-006-0898-3.
  ۴. Dong, W. M., & Wong, F. S. (1987). Fuzzy weighted averages and implementation of the extension principle. Fuzzy and Systems, 21, 183-199.
  ۵. Guimarães, A. C. F., & Lapa, C. M. F. (2007). Fuzzy inference to risk assessment on nuclear engineering systems. Applied Soft Computing, 7, 17-28.
  ۶. Garcia, P. A. A., Schirru, R., Frutuoso, P. F., & Melo, E. (2005). A fuzzy data envelopment analysis approach for FMEA. Progress in Nuclear Energy, 46(3-4), 359-373.
  ۷. Pillay, A., & Wang, J. (2003). Modified failure mode and effects analysis using approximate reasoning. Reliability Engineering & System Safety, 79, 69-85.
  ۸. Stamatis, D. H. (1995). Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution. Milwaukee, WI: ASQC Quality Press.
- Sankar, N. R., & Prabhu, B. S. (2001). Modified approach for prioritization of failures in a system failure mode and effects analysis. International Journal of Quality & Reliability Management, 18(3), 324-335.
- Tay, K. M., & Lim, C. P. (2006). Fuzzy FMEA with a guided rules reduction system for prioritization of failures. International Journal of Quality & Reliability Management, 23(8), 1047-1066.
- Xu, K., Tang, G. C., Xie, M., Ho, S. L., & Zhu, M. L. (2002). Fuzzy assessment of FMEA for engine systems. Reliability Engineering & System Safety, 75, 17-29.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. Information and Control, 8, 338-353.