

« ضمیمه ۱۲ »

**راهنمای آنالیز حالات خرابی بالقوه  
و آثار آن ( FMEA )**

۱	اطلاعات عمومی	۱
۱	کلیات	۱
۱	تاریخچه	۱
۱	چارچوب کتابچه	۱
۲	نیاز به FMEA	۲
۳	<b>آنالیز حالات خرابی بالقوه و آثار آن (FMEA)</b>	۳
۴	مقدمه	۴
۵	تعریف مشتری	۵
۵	تلاش تیمی	۵
۸	<b>نحوه تهیه FMEA</b>	۸
۹	(۱) شماره FMEA	۹
۹	(۲) نام و شماره سیستم، زیر سیستم و اجزاء	۹
۹	(۳) مسئولیت	۹
۹	(۴) تهیه شده بوسیله	۹
۹	(۵) سال مدل / نام خودرو	۹
۹	(۶) تاریخ کلیدی	۹
۹	(۷) تاریخ FMEA	۹
۹	(۸) اعضاء تیم	۹
۱۰	(۹) اقالام / کارکرد	۱۰
۱۰	(۱۰) حالت خرابی بالقوه	۱۰
۱۲	(۱۱) آثار بالقوه خرابی	۱۲
۱۳	(۱۲) شدت	۱۳
۱۴	<b>جدول ۱ (معیارهای پیشنهادی برای ارزیابی شدت)</b>	۱۴
۱۵	(۱۳) کلاس	۱۵
۱۵	(۱۴) علل بالقوه / مکانیزم خرابی	۱۵
۱۶	(۱۵) وقوع	۱۶

۱۷	جدول ۲ (معیارهای پیشنهادی برای ارزیابی وقوع)
۱۸	جدول پیشنهادی وقوع پژو در رابطه با ریسک خرابی
۱۹	۱۶) کنترل‌های جاری
۲۰	۱۷) تشخیص
۲۱	جدول ۳ (معیارهای پیشنهادی برای ارزیابی تشخیص)
۲۲	جدول پیشنهادی پژو در رابطه با میزان "توانایی تشخیص عیب ...
۲۳	۱۸) نمره اولویت ریسک (PRN)
۲۳	۱۹) اقدامات پیشنهادی
۲۵	۲۰) مسئولیت (برای اقدامات پیشنهادی)
۲۵	۲۱) اقدامات اتخاذ شده
۲۵	۲۲) نتیجه (PRN)
۲۵	پیگیری
۲۶	فرم DFMEA
۲۷	فرم PFMEA

## اطلاعات عمومی

### کلیات

این کتابچه آنالیز حالات خرابی بالقوه و آثار آن<sup>۱</sup> (FMEA) را معرفی می نماید، و راهنمائی‌هایی برای استفاده از این تکنیک ارائه می نماید. FMEA، یک سری فعالیت سیستماتیک است با قصد:

شناسایی و ارزیابی خرابیهای بالقوه محصول/فرآیند و آثار آن،

شناسایی اقداماتی که میتواند احتمال وقوع خرابیهای محتمل را کاهش

داده یا از میان بردارد و

مستند ساختن فرآیندها

استفاده از این تکنیک اقدامی تکمیلی (در فرآیند طراحی است) برای تعریف مؤثر آنچه در طراحی برای جلب رضایت مشتری می بایست صورت بگیرد.

### تاریخچه

اگر چه مهندسان همیشه آنالیزی برای شناسایی جوانب مشکل آفرین و مهم طراحی محصول و فرآیند ساخت انجام می داده اند، اما FMEA یک قالب رسمی و سیستماتیک، برای آن فراهم میکند.

### چارچوب کتابچه

با توجه به این که فرم مورد استفاده در هر دو کاربرد FMEA (یعنی DFMEA<sup>۲</sup> و PFMEA<sup>۳</sup>) نسبتاً مشابه است، لذا در شرح هر عنصر فرم، توضیحاتی بصورت مشترک و در صورت لزوم به تفکیک برای هر یک از کاربردها ارائه شده است. به منظور سهولت در مطالعه این جزوه کلیه توضیحاتی که برای DFMEA و PFMEA مشترک است با فونت یاقوت، توضیحات مربوط به DFMEA با فونت کامران و مطالب مربوط به PFMEA با فونت هما در متن آمده است.

### نیاز به FMEA

از آنجا که امروزه شرکتهای می بایست متعهد به بهبود مستمر محصولات در

1- Failure mode and effect analysis  
2- Design FMEA  
3- Process FMEA

هر فرصتی باشند، نیاز به استفاده از FMEA به عنوان یک تکنیک نظام یافته برای شناسایی و حذف خرابیهای محتمل بیش از هر وقت دیگر احساس میشود. مطالعات صورت گرفته، بر روی مشکلات خودروها نشان داده است که با اجرای کامل FMEA میتوان از بسیاری از این مشکلات پیشگیری کرد. اگر چه مسئولیت تهیه FMEA به یک فرد واگذار میشود، اما محتویات FMEA می بایست حاصل یک تلاش تیمی باشد - تیمی از افراد خبره چون : مهندسين و متخصصين طراحی، ساخت، مونتاژ، کیفیت و خدمات پس از فروش.

یکی از مهمترین فاکتورهای موفقیت FMEA، زمان آن است. این تکنیک پیش از آن که ابزاری برای رفع عیوب "بعد از آشکار شدن مشکلات" باشد، ابزاری برای ممانعت از بروز عیوب "قبل از واقعه" می باشد. برای کسب بهترین نتایج، FMEA می بایست قبل از این که حالت خرابی بصورت غافل گیرانه در طراحی محصول یا فرایند ساخت آشکار شود، صورت بگیرد. اجرای FMEA به طور کامل و قبل از وقوع، یعنی زمانی که هر تغییری در محصول/فرآیند براحتی و ارزان میتواند، انجام شود و احتمال وقوع تغییرهای بحرانی در آینده از میان برداشته میشود. FMEA میتواند احتمال نیاز به تغییرات اصلاحی را که ممکن است هزینه بر و انرژی زا باشند را کاهش داده یا حذف کند. یک FMEA، خوب یک فرآیند زنده و همیشگی است.

# آنالیز حالات خرابی بالمقوه و آثار آن (FMEA)

آنالیز حالات خرابی و آثار آن (FMEA) یک تکنیک تحلیلی است که بوسیله مهندس/تیم مسئول به منظور حصول اطمینان، (به میزان ممکن) از مورد توجه و اقدام لازم قرار گرفتن حالات خرابی بالقوه و علل مربوطه انجام میشود. به یک معنا، FMEA، خلاصه ای است از افکار مهندسی/تیم در زمانی که مشغول به کار طراحی یک قطعه، زیر سیستم یا سیستم بوده اند و یا در طول تکوین محصول می باشد. این رویکرد سیستماتیک به موازات فعالیتهای معمول یک مهندس در حین فرآیند برنامه ریزی ساخت یا طراحی، بخشی از تحلیلهای و افکار وی را به صورت قاعده مند مکتوب می سازد.

**DFMEA**، فرآیند طراحی را با کاهش ریسک فرای به طریق زیر استمکام می بپردازد:

- 🎬 کمک در ارزیابی عینی الزامات طراحی و جایگزینهای آن<sup>۴</sup>
- 🎬 کمک در طراحی اولیه برای تمویل قابلیت ساخت و قابلیت مونتاژ
- 🎬 افزایش احتمال مورد توجه قرار گرفتن حالات فرای ممتل و آثار آن بر سیستم و عملیات خودرو (هنگام طراحی/تکوین فرآیندها).
- 🎬 تهیه یک لیست از حالات فرای بالقوه که بر حسب تأثیر آنها بر روی مشتری اولویت بندی شده باشند. تا بدین ترتیب بر حسب اولویتهای بر روی بهبود طراحی و تکوین آزمایشات کار شود.
- 🎬 فراهم نمودن یک چارچوب برای بررسی و ارزیابی پیشنهادات و اقدامات لازم برای کاهش ریسک فرای.

## ، PFMEA

🎬 حالات فرای بالقوه فرآیند را که به محصول مرتبط می باشد، شناسایی میکند.

🎬 آثار بالقوه ناشی از فرایها را نزد مشتری ارزیابی می کند.

🎬 علل بالقوه فرای فرآیند ساخت یا مونتاژ و همچنین متغیرهای

فرآیند را که می بایست برای کاهش "وقوع" یا شناسایی شرایط  
فرآبی، کنترل شوند را شناسایی میکند.

یک لیست (مرتب شده براساس اهمیت) از حالات بالقوه فرآبی  
تهیه نموده و در نتیجه یک سیستم اولویت بندی برای اقدامات  
اصلاحی فراهم می نماید.

## تعریف مشتری

در FMEA، منظور از "مشتری" میتواند "مصرف کننده نهایی"، "عملیات بعدی"  
چون ساخت، مونتاژ یا خدمات باشد و نیز شامل مهندسی / تیم مسئول طراحی  
خودرو یا سطوح بالاتر سیستم و مهندسی مسئول فرآیند ساخت، مونتاژ و  
خدمات هم میشود.

تحقق کامل روش FMEA مستلزم تهیه DFMEA و PFMEA برای همه قطعات  
جدید، قطعات تغییر یافته و شرایط جدید استفاده قطعات می باشد و معمولاً تهیه  
آنها بوسیله فردی از دپارتمان طراحی یا دپارتمان مهندسی ساخت، آغاز میشود.


## تلاش تیمی


در طول فرآیند FMEA، انتظار میرود مهندس مسئول بطور مستقیم و فعال،  
نمایندگان همه بخشهای مرتبط را درگیر کند. این حوزه ها شامل مواردی چون :  
مونتاژ، ساخت، مواد، کیفیت و خدمات پس از فروش میشود (ولی به آنها محدود  
نمیشود). FMEA نقش یک کاتالیزور را برای تحریک تبادل ایده ها بین  
دپارتمانهای تأثیرپذیر از نتایج طراحی / فرآیند ایفا می نماید و بدینوسیله رویکرد  
تیمی را ترویج میدهد.


DFMEA مستند زنده ای است که می بایست پیش از نهایی کردن طراحی  
مفهومی "آغاز شود و براساس تغییرات واقع شده یا اطلاعات کسب شده در  
سراسر فاز تکوین محصول به - روز شود و قبل از ارائه نقشه های سافت برای  
تأمین ماشین آلات تکمیل شده باشد.  
با فرض این که نیازهای سافت/مونتاژ لحاظ شده است، DFMEA نیات طراحی


را مفاد قرار داده و بنا را بر این میگذارد که طرح با آن نیات ساخته / مونتاژ فواید شد. حالات خرابی بالقوه و یا عمل و مکانیزمی که ممکن است در طول فرآیند ساخت یا مونتاژ اتفاق بیافتد، علی رغم این که الزامی نیست، میتواند در DFMEA ملاحظه شود.


DFMEA متکی بر کنترل‌های فرآیند ساخت برای پوشش ضعف‌های بالقوه طراحی نیست. اما محدودیت‌های تکنیکی / فیزیکی فرآیند ساخت / مونتاژ را مورد ملاحظه قرار میدهد، چون :

محدودیت‌های ساخت قالب 

محدودیت‌های پرداخت سطوح 

فضای لازم برای مونتاژ و دموونتاژ 

محدودیت‌های سخت کردن فولاد 

عملکرد/رقابت فرآیند ساخت 

سوالات فاصی که میتواند در تهیه یک DFMEA مطرح شود عبارتند از :

موصول چه کاری را انجام میدهد و موارد استفاده آن چیست؟

۲- موصول، چگونه کارکرد مورد نظرش را برآورده میکند؟

- چه مواد خام و اجزایی در ساختار موصول بکار رفته است؟

۴- موصول چگونه و تحت چه شرایطی با محصولات دیگر در ارتباط است؟

۵- چه پیامدهای جانبی بوسیله موصول یا استفاده از آن بوجود می آیند؟

۶- چگونه موصول مورد استفاده قرار گرفته، نگهداری شده، آماده شده و در پایان

عمر مفیدش معدوم میشود؟

۷- مراحل تولید این موصول کدامها می باشد؟

۸- چه منابعی از انرژی درگیر می باشند و چگونه؟

۹- چه کسی از این موصول استفاده خواهد کرد؟

PFMEA مفروض می‌گیرد که محصول آن طوری که طراحی شده مقاصد طراحی را برآورده خواهد ساخت. فرایندهای بالقوه که میتواند بدلیل ضعف طراحی اتفاق بیفتد، نیاز نیست اما میتواند در PFMEA مورد توجه قرار بگیرد. آثار آنها و نحوه پیشگیری از وقوع آنها در DFMEA پوشش داده میشود. PFMEA متکی به تغییرات طراحی محصول برای رفع ضعفهای موجود در فرآیند ساخت نمی‌باشد.

اما مقادیر پارامترهای طراحی محصول در قیاس با فرآیند برنامه ریزی شده ساخت و مونتاژ از آن میث میتواند مورد توجه قرار می‌گیرد که اطمینان حاصل نماید که محصول، نیازها و انتظارات مشتری را برآورده میسازد. تکنیک FMEA همچنین در طراحی و ساخت ماشین آلات و دستگاههای جدید نیز قابل استفاده است. طرز استفاده از این ابزار مثل قبل است با این ملاحظه که دستگاههایی که میخواهد طراحی شود را بعنوان یک محصول در نظر میگیرد. زمانی که حالات خرابی بالقوه شناسایی شد، اقدامات اصلاحی مقتضی برای حذف یا کاهش وقوع آنها اتخاذ میشود.

## نحوه تهیه FMEA

در DFMEA مهندس مسئول طراحی، مدارکی را در اختیار دارد که برای تهیه آن مفید خواهد بود. فرآیند با تهیه یک لیستی از آنچه طراحی می‌رود انجام برهد [و انجام ندهد] بعلاوه نیات طراحی، آغاز میشود. فواسته ها و نیازهای مشتری ممکن است به کمک منابعی چون بسط کارکرد کیفیت (QFD)، مستندات بیان کننده الزامات خودرو، الزامات شناخته شده محصول، و یا الزامات ساخت / مونتاژ مشخص میشود. هر چه تعریف مشفصه های مطلوب روشنتر و کاملتر باشد، شناسایی حالات بالقوه جهت اتفاز اقدامات اصلاحی آسانتر خواهد بود.

یک DFMEA با تهیه بلوک دیاگرام سیستم، زیر سیستم و ایا قطعه ای که در دست تحلیل است، آغاز میشود. بلوک دیاگرام همپنین جریان اطلاعات، انرژی، نیروها و . . . را نشان میدهد. منظور درک ورودیها به بلوک، پردازش انجام شده

درون بلوک و فروبیهای بلوک می باشد.

دیگرام، روابط اولیه بین اجزاء پوشش داده شده در تجزیه و تحلیل را نمایش میدهد و یک ترتیب منطقی برای تجزیه و تحلیل برقرار می سازد. نسخه ای از دیگرامهای استفاده شده در تهیه FMEA می بایست همراه مدارک FMEA باشد.

تهیه یک PFMEA می بایست با یک فلوچارت مراحل کلی فرآیند (و یا برنامه کنترل اولیه) آغاز شود. این فلوچارت می بایست مشخصه های محصول / فرآیند مربوط به هر عملیات را مشخص نماید. در صورت موجود نبودن DFMEA همان محصولات، حالات محتمل خرابی شناسایی شده در آن می بایست مورد توجه قرار گرفته و در PFMEA ملاحظه شود. به منظور تسهیل نمودن آنالیز خرابیهای بالقوه و آثار آنها، فرمی طراحی شده است که در ادامه، هر کدام از فیلدهای آن شرح داده شده است.

۱. شماره FMEA شماره ای به منظور قابلیت ردیابی به هر FMEA تخصیص بدهید.
۲. نام و شماره سیستم زیر سیستم یا قطعه ای که فرآیند آن تحت آنالیز است، را در این فیلد درج کنید.
۳. مسئولیت نام شرکت، بخش یا دپارتمان مسئول را درج، همچنین اگر پیمانکار مربوطه نیز شناخته شده است نام وی را ملحوظ کنید.
۴. تهیه شده بوسیله نام و شماره تلفن مهندس مسئول تهیه FMEA را درج نمایید.
۵. مدل خودرو مدل خودروئی که از نتیجه آنالیز طراحی/فرآیند تأثیر می پذیرد را در این فیلد ثبت کنید.
۶. تاریخ کلیدی موعد اولیه تهیه FMEA، که نمی بایست از تاریخ برنامه ریزی شده دیرتر باشد را

## ۷. تاریخ FMEA

در این فیلد ثبت کنید.

تاریخ اولین باری که FMEA تهیه شده و آخرین باری که تغییر یافته درج گردد.

## ۸. اعضاء تیم

اسامی افراد و یا دپارتمانهای مسئول که اختیار شناسایی/و یا انجام وظایف را دارند فهرست شود.

## ۹. اقلام/کارکرد(در

DFMEA)، عملیات (در

PFMEA)

در DFMEA نام و شماره اقلامی که تحت تجزیه و تحلیل است، درج شود. از علائم اختصاری استفاده کرده و سطح طراحی را همانطور که در نقشه مشخص شده، درج کنید.

تا آنجا که میتوانید به اختصار، کارکردهای اقلام تحت بررسی را بنویسید. اطلاعاتی در فصول محیط سیستم منظور کنید. اگر اقلام بیش از یک کارکرد دارند، همه آنها را به صورت مجزا لیست کنید.

در PFMEA شرح مختصری از فرآیند یا عملیاتی که در دست آنالیز است (چون سوراخکاری، فمیش، مونتاژ و ...) درج کنید. با بیانی مختصر و گویا مقصود فرآیند یا عملیات تحت بررسی را مشخص کنید. در مواردی که فرآیند ماوی چندین عملیات (چون مونتاژ) می باشد مطلوب است که عملیات بصورت فرآیندهای جدا لیست شود.

## ۱۰. حالت خرابی بالقوه

در DFMEA حالت خرابی بالقوه، طریقی است که یک قطعه، زیر سیستم، سیستم ممکن است مقاصد طراحی را برآورده نسازد. حالت خرابی بالقوه ممکن است عامل یک خرابی بالقوه در یک سطح بالاتر سیستم و یا خود معلول تأثیر خرابی در سطح پایینتر سیستم باشد.

در این فیلد همه حالات خرابی بالقوه برای یک قطعه یا یک زیر سیستم و کارکرد آنها را لیست کنید. فرض این است که خرابی احتمال وقوع دارد، نه اینکه متمماً واقع خواهد شد. یک نقطه شروع خوب، مرور بر TGW<sup>۴</sup> گذشته، گزارشات نارضیاتی و طوفان ذهنی گروه است. حالات خرابی بالقوه ای که فقط تحت

شرایط عملیاتی خاص (مثل گرما، سرما، گرد و خاک و ...) و شرایط خاص استفاده، ممکن است اتفاق بیفتد نیز در نظر بگیرید.

برخی از حالات فرابی عبارتند از :

ترک خوردن	زنگ زدن
تغییر شکل دادن	نشت کردن
شل شدن	

**یادآوری:** حالات فرابی بالقوه می بایست به زبان فنی یا "فیزیکی" بیان شود و نه بصورت عارضه ای که مشتری متوجه میشود.

در PFMEA حالت فرابی بالقوه، طریقی است که فرآیندی ممکن است مقاصد فرآیند یا طرامی را برآورده نسازد. به عبارت دیگر شرمی از عدم مطابقت در آن عملیات خاص است. حالت فرابی بالقوه میتواند عامل یک حالت فرابی بالقوه در عملیات بعدی یا معلول یک فرابی بالقوه از عملیات قبلی باشد. اما در تهیه PFMEA، فرض میشود مواد و یا قطعات ورودی سالم هستند. هر حالت فرابی بالقوه برای عملیاتی خاص را بر مسب مشخصه قطعه، زیر سیستم، سیستم یا فرآیند لیست کنید. فرض این است که فرابی احتمال وقوع دارد، نه این که تماماً واقع خواهد شد. مهندس/تیم فرآیند می بایست قادر به طرح و پاسخ به سئوالاتی مانند سئوالات ذیل باشد :

تحت چه شرایطی ممکن است فرآیند/قطعه، مشخصات فواسته شده را برآورده نسازد؟

به غیر از مشخصات مهندسی، مشتری (مصرف کننده نهایی)،

عملیات بعدی و ( از چه چیزی ممکن است ناراضی شود؟

مقایسه ای با فرآیندهای مشابه و مرور شکایات مشتری، یک نقطه آغاز خوب است. بعلاوه آگاهی از مقاصد طرامی نیز لازم است. حالات معمول

خرابی می تواند مواردی باشد چون :

فهم شدن	تغییر شکل دادن
صدمه خوردن در حمل و نقل	فرسوده شدن ابزار

## ۱۱. آثار خرابی بالقوه

منظور از آثار خرابی بالقوه، اثر حالات خرابی بر عملکرد است - همانطور که مشتری درک میکند، آثار خرابی را بر حسب آنچه مشتری ممکن است توجه یا تجزیه کند، شرح بدهید تأثیر حالت خرابی بر همه مشتریان می بایست برآورده شود.

توجه داشته باشید که مشتری ممکن است داخلی، خارجی، عملیات بعدی یا مصرف کننده نهایی خودرو باشد. اگر کارکرد میتواند بر ایمنی یا عدم تطابق با مقررات کشوری اثر بگذارد، آن را بیان کنید.

در DFMEA آثار خرابی همیشه می بایست بر حسب سیستم، زیر سیستم یا قطعه ای خاص (که تحت آنالیز است) بیان شود. بفاصل داشته باشید که یک رابطه موروثی<sup>۱</sup> بین همه سطوح وجود دارد.

برای مصرف کننده، آثار همیشه می بایست بر حسب عملکرد محصول یا سیستم بیان شود، مانند :

صدا دادن	پایدار نبودن
کار نکردن	ظاهر مناسب داشتن

اگر مشتری عملیات بعدی است، آثار میتواند بر حسب عملکرد فرآیند بیان شود، مانند :

مونتاژ نمیشود	به دستگاه صدمه میزند
وصل نمیشود	سوار نمیشود
چفت نمیشود	

## ۱۲. شدت

شدت، در DFMEA برآوردی از میزان جدی بودن تأثیر حالت خرابی بالقوه بر قطعه، زیر سیستم یا سیستم بعدی است. کاهش رتبه شدت فقط از طریق طراحی ممکن است.

در PFMEA شدت برآوردی از میزان جدی بودن تأثیر حالت فرابی بالقوه بر مشتری است. اگر مشتری که از حالت فرابی تأثیر می پذیرد فقط مونتاژ خودرو باشد، برآورد "شدت" ممکن است نیازمند تفصص و دانشی فراتر از تیم / مهندس مسئول فرآیند سافت باشد. در این موارد، با مهندس طراح و مسئول DFMEA و مهندس مسئول سافت (در خط) می بایست مشورت شود.

شایان ذکر است رتبه شدت با تخصیص رقمی بین "۱" تا "۱۰" به میزان اثر خرابی برآورد میشود.

## جدول ۱

### معیارهای پیشنهادی برای ارزیابی شدت :

(اعضا تیم می بایست بر روی معیار ارزیابی و سیستم رتبه بندی اتفاق نظر داشته باشند)

رتبه	معیار : شدت تأثیر	اثر
۱۰	ممکن است برای اپراتور ماشین یا دستگاه خطر داشته باشد. وقتی که بدون هشدار قبلی، حالت خرابی بر عملکرد ایمن خودرو اثر می گذارد و یا مقررات دولتی را نقض میکند	خطرناک بدون هشدار
۹	ممکن است برای اپراتور ماشین یا دستگاه خطر داشته باشد. وقتی که با هشدار قبلی، حالت خرابی بر عملکرد ایمن خودرو اثر می گذارد و یا مقررات دولتی را نقض میکند.	خطرناک با هشدار
۸	اختلال عمده در خط ایجاد میکند، ۱۰۰ درصد محصولات ممکن است اسقاط شود. خودرو کار نخواهد کرد، فقدان یا کاهش عملکرد اصلی. مشتری خیلی ناراضی است.	خیلی زیاد
۷	اختلال زیادی در خط ایجاد میکند. محصول ممکن است لازم به جداسازی شود و بخشی از آن (کمتر از ۱۰۰٪) اسقاط شود. خودرو با عملکرد نامطلوب کار میکند. مشتری ناراضی است.	زیاد
۶	اختلال متوسط در خط ایجاد میکند. بخشی از محصولات (کمتر از ۱۰۰٪) ممکن است بدون جداسازی اسقاط شود. خودرو کار میکند. اما راحتی مطلوب ندارد. مشتری ناراضی را تجربه میکند.	متوسط
۵	اختلال کم در خط ایجاد میکند. ۱۰۰ درصد محصولات ممکن است لازم به دوباره کاری شود. خودرو کار میکند. اما راحتی مطلوب را ندارد. مشتری تا حدودی راحت نیست.	کم
۴	اختلال جزئی در خط ایجاد میکند. محصول ممکن است لازم به جداسازی شود و برخی (کمتر از ۱۰۰٪) دوباره کاری شوند. صدا میدهد، لق میخورد. اکثر مشتریان عیب را متوجه میشوند.	خیلی کم
۳	اختلال جزئی در خط ایجاد میکند. بخشی از محصول (کمتر از ۱۰۰٪) ممکن است در حین تولید اما خارج از ایستگاه دوباره کاری شود. صدا میدهد، لق میخورد. متوسط مشتریان عیب را متوجه میشوند.	جزئی
۲	اختلال جزئی در خط ایجاد میکند. بخشی از محصول (کمتر از ۱۰۰٪) ممکن است در حین تولید در همان ایستگاه دوباره کاری شود. صدا میدهد، لق میخورد. خیلی از مشتریان عیب را متوجه میشوند.	خیلی جزئی
۱	بدون تأثیر	بدون اثر

### ۱۳. کلاس

این ستون میتواند برای طبقه بندی مشخصه های خاص محصول (همچون بحرانی، کلیدی، اصلی و مهم) برای کنترل بیشتر قطعه، زیر سیستم و سیستم استفاده شود.

در DFMEA هر موردی که نیازمند کنترل ویژه باشد، می بایست با اختصاص علامتی در این ستون شناسایی شود و در ستون اقدامات پیشنهادی مقابله قرار بگیرد. برای هر موردی که در DFMEA داشتن کنترل ویژه لازم تشخیص داده شد، می بایست کنترل ویژه ای در PFMEA در نظر گرفته شده باشد.

اگر کلاسی در PFMEA شناسایی شد، به مهندس مسئول طراحی اطلاع بدهید، زیرا ممکن است بر مستندات مهندسی که به چگونگی کنترل آن قلم اشاره شد، نیز تأثیر بگذارد. برای رتبه های شدت ۹ و ۱۰، درج علامتی در این ستون که نشاندهنده بحرانی بودن این حالت فرآبی است، ضروری می باشد.

### ۱۴. علل بالقوه /

#### مکانیزم خرابی

علل بالقوه خرابی که عواقب آن وقوع حالت خرابی است را در این فیلد درج نمایید تا آنجا که میتوانید همه عللی که برای هر حالت خرابی به ذهنانتان میرسد، فهرست کنید.

علل بالقوه خرابی در DFMEA نشانی از ضعف طراحی است. علت می بایست در عین ایجاز، کامل باشد تا تلاشهای اصلاحی، علل مربوطه را مقابله قرار بدهد. علل بالقوه خرابی در PFMEA چگونگی وقوع فرآبی تعریف میشود و باید بصورتی بیان شود که قابل اصلاح یا کنترل باشد. اگر علت شناسایی شده تأثیر مستقیم بر حالت فرآبی دارد و به عبارت دیگر علت ریشه ای است. این قسمت از FMEA کامل شده است. اما گاهی چند علت بر هم تأثیرگذار وجود دارند که لازم است از طریق طراحی آزمایش (DOE)، علت ریشه ای شناسایی شود. علل می بایست به فوبی تشریح شود تا تلاشهای اصلاحی بر روی آنها هدف گیری شود.

### ۱۵. وقوع

احتمال وقوع هر علت خرابی (فهرست شده در ستون قبل) در این ستون درج

میشود، این احتمال را براساس مقیاس "۱" تا "۱۰" تخمین بزنید.  
در DFMEA مزف یا کنترل یک یا چند علت فرابی از طریق تغییر طراحی، تنها راه  
کاهش رتبه وقوع است.  
برای تعیین برآورد (تفمین) مناسب، سئوالاتی از قبیل موارد زیر می بایست  
مورد توجه قرار بگیرد :

پیشینه تجربه استفاده از این قطعه یا قطعات مشابه چه بوده است؟

آیا قطعه یک تفاوت فامش با قطعه یا سیستم قبلی دارد؟

آیا قطعه کاملاً جدید است؟

آیا کاربرد قطعه تغییر کرده است؟

تغییرات محیطی چه بوده است؟

آیا آنالیز مهندسی برای برآورد نرخ احتمال وقوع برای حالات

مشابه صورت گرفته است؟

در PFMEA فقط آن احتمالات وقوع را که موجب بروز حالت فرابی میشوند،  
در نظر بگیرید. در اینجا به ناتوانی در تشخیص پرداخته نمیشود. سیستم  
رتبه بندی زیر می بایست برای تضمین یکسان بودن معیار، مورد استفاده  
قرار بگیرد. "نرخ احتمال فرابی" بر مبنای تعداد فرابیهائی که در طول اجرای  
فرآیند احتمال وقوع میدهیم، برآورد میشود.

در صورت موجود بودن داده های آماری مربوط به فرآیندهای مشابه، می  
بایست از آن برای تعیین رتبه وقوع استفاده شود. در سایر موارد میتوان،  
از یک برآورد غیر کمی با استفاده از شرح ستون قبل و سوابق اطلاعات  
مربوط به فرآیندهای مشابه استفاده کرد.

## جدول ۲

### معیارهای پیشنهادی برای ارزیابی وقوع :

(تیم می بایست بر روی معیار ارزیابی و سیستم رتبه بندی اتفاق نظر داشته باشد)

رتبه	Cpk	معیار : شدت تأثیر	اثر
۱۰	$0.33 >$	۱ خرابی در ۲ مورد	خیلی زیاد، خرابی تقریباً اجتناب ناپذیر است
۹	$0.33 \leq$	۱ خرابی در ۳ مورد	
۸	$0.51 \leq$	۱ خرابی در ۸ مورد	زیاد : خرابیهای مکرر، مشابه با فرآیندهایی که در گذشته غالباً خرابی داشته اند.
۷	$0.67 \leq$	۱ خرابی در ۲۰ مورد	
۶	$0.83 \leq$	۱ خرابی در ۸۰ مورد	متوسط : خرابیهای گاه بیگاه، مشابه با فرآیندهایی که گاهها خرابی داشتند، اما نه خرابی عمده
۵	$1.0 \leq$	۱ خرابی در ۴۰۰ مورد	
۴	$1.17 \leq$	۱ خرابی در ۲۰۰۰ مورد	
۳	$1.33 \leq$	۱ خرابی در ۱۵۰۰۰ مورد	پایین : تعداد اندکی خرابی، خرابیهای ایزوله مرتبط با فرایندها مشابه
۲	$1.5 \leq$	۱ خرابی در ۱۵۰۰۰۰ مورد	
۱	$1.67 \leq$	کمتر از ۱ خرابی در ۱۵۰۰۰۰۰ مورد	نادر : خرابی بعید است، هیچ خرابی با فرآیندهای مشابه مشاهده نشده است

### جدول پیشنهادی وقوع پژو در رابطه با ریسک وقوع خرابی

ریسک وقوع خرابی	رتبه	توصیف
۱/۱۰ ۱/۲۰	۱۰ ۹	احتمال بسیار بالا : خرابی به صورت مکرر اتفاق خواهد افتاد
۱/۵۰ ۱/۱۰۰	۸ ۷	احتمال زیاد : خرابیهای مکرر در فرآیند مشابه اتفاق می افتد. قابلیت فرآیند تقریباً برابر است با : $0/۶۶ \leq Cpk < 0/۸۳$
۱/۲۰۰ ۱/۵۰۰	۶ ۵	احتمال متوسط : یا خرابیهای گاه و بیگاه در فرآیندهای مشابه اتفاق می افتد و یا فرآیند تحت کنترل آماری است. قابلیت فرآیند تقریباً برابر است با : $0/۸۳ \leq Cpk < ۱$
۱/۱۰۰۰ ۱/۲۰۰۰	۴ ۳	احتمال کم : یا خرابیهای کم در فرآیندهای مشابه اتفاق می افتد و یا فرآیند تحت کنترل آماری است. قابلیت فرآیند تقریباً برابر است با : $۱ \leq Cpk < ۱/۳۳$
۱/۱۰۰۰۰ ۱/۲۰۰۰۰	۲ ۱	احتمال بسیار کم : خرابی در فرآیندهای مشابه وجود ندارد. قابلیت فرآیند تقریباً برابر است با : $۱/۳۳ \leq Cpk$

معیار : استاندارد پژو به شماره Q242110 ، مورخ July 1989

\* توجه نمایید که جداول پیشنهادی وقوع و تشخیص پژو می بایست توأماً مورد استفاده قرار گیرد.

**۱۶. کنترل‌های جاری** کنترل‌های جاری شرحی از کنترل‌هایی است که در حد امکان از وقوع حالت خرابی

پیشگیری کند و یا در صورت وقوع حالت خرابی آن را شناسایی میکند.

**سه نوع کنترل طراحی/فرآیند** وجود دارد که می بایست مورد توجه قرار بگیرد،

که عبارتند از :

کنترل‌هایی که از وقوع یا حالت/آثار خرابی پیشگیری میکند و یا نرخ آن

را کاهش میدهد.

کنترل‌هایی که علت/علل خرابی را تشخیص داده و زمینه اتخاذ اقدامات

اصلاحی را فراهم میکند.

آنهاییکه حالت خرابی را شناسایی میکند.

روش ارجح آن است که ابتدا سعی شود از روش کنترل‌های نوع اول استفاده شود

و اگر ممکن نبود، از روش نوع دوم و در صورت ناچاری از روش سوم. رتبه اولیه وقوع، براساس کنترل‌های نوع اول که در طراحی محصول/فرآیند ملحوظ شده است تعیین میشود.

رتبه اولیه تشخیص در DFMEA با فرض این که پروتوتایپ معرف اهداف طراحی باشد و در PFMEA در صورتی که فرآیند مورد استفاده، نماینده مقاصد فرآیند باشد، بر مبنای کنترل‌های نوع دوم و سوم تعیین میشود.

در DFMEA کنترل‌های جاری (پون تست جاره، نقد طراحی، تجرید مناسبات، آزمایشات، بازنگری، امکان سنجی، تست‌های پروتوتایپ، تکنیک‌های شبیه سازی مطمئن و شناخته شده، مدل سازی ریاضی، طراحی آزمایشات، تست‌های تصدیق طراحی، تست‌های خاص محصول، بررسی‌های مقایسه ای تدرانس، نقد اولیه) آنهایی هستند که برای طرح‌های مشابه استفاده میشود.

**در PFMEA این کنترلها میتواند کنترل‌های فرآیند چون فطناپذیر کردن فیکسچر یا کنترل آماری فرآیند (SPC) باشد. ارزیابی میتواند در همان عملیات یا عملیات بعدی صورت بگیرد.**

#### ۱۷. تشخیص (D)

تشخیص برآوردی از قابلیت کنترل‌های (پیشنهاد شده) نوع دوم یا نوع سوم است که در ستون ۱۶ برای تشخیص علل ضعف طراحی یا تشخیص حالت خرابی لیست میشود. مقدار تشخیص را بر مقیاس "۱" تا "۱۰" تخمین بزنید.

در DFMEA معمولاً برای کسب رتبه پایینتر، نوع کنترل‌های طراحی برنامه ریزی شده (پون پیشگیرانه و یا فعالیتهای تصدیق/اصه گزارى) می بایست به‌یاد آید.

در PFMEA فرض کنید که فرآیند اتفاق افتاده است و سپس قابلیت همه کنترل‌های جاری فرآیند را برای پیشگیری از ارسال قطعه ای که دارای حالت فرآیند یا عیب باشد، برآورد کنید. بدلیل این که رتبه وقوع پایین است، سریع دآوری نکنید که رتبه تشفیص پایین است. بلکه قابلیت کنترل‌های فرآیند را در صورت وقوع (هر چند با احتمال کم) حالت فرآیند ارزیابی کنید تا از وقوع احتمالی آن هم بتوانید پیشگیری کنید.

بازدیدهای غیر منظم کیفیت فیلی بعید است که بتواند مضمون عیوب  
ایزوله را شناسایی کند و نمیتواند تأثیری بر رتبه تشخیص داشته باشد.  
نمونه گیریهای آماری یک کنترل تشخیص معتبر است.

### جدول ۳

## معیارهای پیشنهادی برای ارزیابی تشخیص :

(تیم می بایست بر روی معیار ارزیابی و سیستم رتبه بندی اتفاق نظر داشته باشد)

رتبه	معیار : اتمام تشخیص مالت یا علت فرایی بوسیله کنترل‌های موجود، قبل از این که قطعه معیوب به دست مشتری برسد	تشخیص
۱۰	کنترل موجود نمیتواند علت خرابی و حالت خرابی مربوطه را شناسایی کند، یا کنترل طراحی برای آن وجود ندارد.	عدم اطمینان کامل
۹	خیلی بندرت، کنترل موجود میتواند علت خرابی و حالت خرابی مربوطه را شناسایی کند.	خیلی بندرت
۸	بندرت، کنترل موجود میتواند علت خرابی و حالت خرابی مربوطه را شناسایی کند.	بندرت
۷	به احتمال خیلی کم، کنترل موجود میتواند علت خرابی و حالت خرابی مربوطه را شناسایی کند.	خیلی کم
۶	به احتمال کم، کنترل موجود میتواند علت خرابی و حالت خرابی مربوطه را شناسایی کند.	کم
۵	به احتمال متوسط، کنترل موجود میتواند علت خرابی و حالت خرابی مربوطه را شناسایی کند.	متوسط
۴	به احتمال نسبتاً زیاد، کنترل موجود میتواند علت خرابی و حالت خرابی مربوطه را شناسایی کند.	نسبتاً زیاد
۳	به احتمال زیاد، کنترل موجود میتواند علت خرابی و حالت خرابی مربوطه را شناسایی کند.	زیاد
۲	به احتمال خیلی زیاد، کنترل موجود میتواند علت خرابی و حالت خرابی مربوطه را شناسایی کند.	خیلی زیاد
۱	تقریباً همیشه، کنترل موجود میتواند علت خرابی و حالت خرابی مربوطه را شناسایی کند.	تقریباً همیشه

جدول پیشنهادی تشخیص پزو در رابطه با میزان "توانایی تشخیص عیب توسط کنترل‌های موجود" مورد کاربرد در PFMEA

توانایی تشخیص عیب	رتبه	توصیف
> ۱/۱۰	۱۰	مشخصه کنترل نمیشود یا نمیتوان آن را کنترل کرد
۱/۲۰	۹	احتمال بسیار بالایی عدم تشخیص خرابی قبل از ترک محصول معیوب از عملیات مربوطه وجود دارد
۱/۵۰	۸	احتمال زیاد عدم تشخیص خرابی قبل از ترک محصول معیوب از عملیات مربوطه وجود دارد، مانند کنترل‌های وابسته به فرد یا کنترل با نمونه برداری نامناسب
۱/۱۰۰	۷	
۱/۲۰۰	۶	احتمال متوسط عدم تشخیص خرابی قبل از ترک محصول معیوب از عملیات مربوطه وجود دارد، مانند هنگامی که بازرسی دستی مشکل است. (ظاهری و ابعادی)
۱/۵۰۰	۵	
۱/۱۰۰۰	۴	احتمال کم عدم تشخیص خرابی قبل از ترک محصول معیوب از عملیات مربوطه وجود دارد. خرابی قابل مشاهده است (مانند: وجود یک سوراخ). بعضی خرابیها قابل تشخیص نمی باشند (مانند: بازرسی مقدماتی توسط اپراتور).
۱/۲۰۰۰	۳	
۱/۱۰۰۰۰	۲	کنترل ۱۰۰٪ اتوماتیک قطعات در هنگام عملیات مربوطه وجود دارد.
۱/۲۰۰۰۰	۱	از "سیستمهای ممانعت کننده از خطا" برای ایست قطعات بعد از تولید آنها استفاده میشود

مرجع : استاندارد پزو به شماره Q242110 ، مورخ July 1989

\* توجه نمایید که جداول پیشنهادی وقوع و تشخیص پزو می بایست توأمأً مورد استفاده قرار گیرد.

## ۱۸. نمره اولویت ریسک

نمره اولویت ریسک (RPN)، حاصلضرب شدت (S)، وقوع (O) و تشخیص (D) می باشد.

$$RPN = (S) \times (O) \times (D)$$

این عدد می بایست مبنای اولویت بندی حالت خرابی باشد. RPN، رقمی بین "۱" تا "۱۰۰۰" میتواند داشته باشد. برای RPN بالا، تیم می بایست اقدامات اصلاحی مقتضی برای کاهش آن اتخاذ نماید. بطور عموم، فارغ از نتیجه RPN توجه خاصی می بایست معطوف حالاتی شود که رتبه "شدت" (S) آن بالاست. شایان ذکر است عدد RPN بحرانی که پژوهشگران پیشنهاد میکنند ۳۶ است.

در DFMEA نمره اولویت ریسک، یک سنپشی از ریسک طراحی است.

## ۱۹. اقدامات پیشنهادی

بعد از اولویت بندی حالات خرابی بر مبنای رقم RPN اقدامات اصلاحی/پیشگیری می بایست ابتدا معطوف موارد در اولویت و بحرانی شود. قصد و نیت هر اقدام پیشنهادی می بایست کاهش رتبه یکی یا هر سه "وقوع"، "شدت" و "تشخیص" باشد. اگر هیچ اقدامی برای یک علت خاص توصیه نشده است، این تصمیم را با درج "ندارد" در این ستون مشخص کنید.

در DFMEA افزایش اقدامات تصدیق/اصمه گذاری طراحی فقط موجب کاهش رتبه تشفیص میشود. رتبه وقوع را فقط بوسیله حذف یا کنترل یک یا چند علت حالت خرابی با بازنگری طراحی میتوان کاهش داد. رتبه شدت نیز فقط با بازنگری طراحی میسر است.

اقدامات پیشنهادی میتواند شامل مواردی چون زیر باشد، ولی به اینها محدود نمیشود:

- طراحی آزمایشات (به ویژه وقتی که چند عامل با تأثیر متقابل بر یکدیگر حضور دارند)
- بازنگری برنامه تست
- بازنگری طراحی
- بازنگری مشخصات مواد

در PFMEA، اگر علل کاملاً درک نشده است، اقدام اصلاحی پیشنهادی میتواند بعد از طراحی آزمایشات (DOE)<sup>9</sup> تعیین شود. در همه مواردی که اثر حالت فرآبی بالقوه شناسایی شده میتواند فطر جانی برای پرسنل سافت/مونتاز داشته باشد، اقدامات اصلاحی مقتضی برای پیشگیری از حالت فرآبی از طریق حذف یا کنترل علل می بایست مشخص شود. هر چه از نیاز به اتخاذ اقدامات اصلاحی مشخص و مثبت با منافع کمی معلوم، و استفاده از مکاشفات در فعالیتهای دیگر بگوئیم، کم گفته ایم. یک FMEA خوب تهیه شده، ارزش کمی بدون اتخاذ اقدامات اصلاحی مؤثر و مثبت فواید داشت. مسئولیت همه بخشهای مرتبط است که اقدامات اصلاحی پیشنهادی را به اجرا بگذارند.

اقداماتی از قبیل زیر می بایست مد نظر باشد :

برای کاهش احتمال وقوع، تجدید نظر فرآیند و طراحی لازم است. مطالعه عمل گرای فرآیند با استفاده از روشهای آماری میتواند همراه با بازفور اطلاعات مناسب از عملیات برای بهبود مستمر، اجرا شود. تنها با تجدیدنظر طراحی و فرآیند میتوان رتبه شدت را کاهش داد. برای افزایش احتمال تشخیص، تجدیدنظر فرآیند و طراحی الزامی است. علی العموم، افزایش کنترلهای تشخیصی، پرهزینه بوده و در بهبود کیفیت بی تأثیر است. افزایش تناوب بازرسی یک اقدام اصلاحی اساسی نیست و فقط بعنوان یک علاج کوتاه مدت می بایست استفاده شود. در پاره ای از موارد یک تغییر در طراحی محصول ممکن است برای افزایش توانایی تشخیص لازم شود. با تغییر سیستم کنترل هم میتوان احتمال تشخیص را افزایش داد. اما تأکید و توجه اصلی می بایست معطوف پیشگیری از عیوب شود.

## ۲۰. مسئولیت (برای اقدامات پیشنهادی)

نام سازمان و شخص مسئول اقدامات اصلاحی و تاریخ تکمیل درج شود.

## ۲۱. اقدامات صورت گرفته

بعد از اقدامات پیشنهادی، شرح مختصری از اقدام و تاریخ مؤثر واقع شدن را درج کنید.

## ۲۲. نتیجه RPN

RPN حاصله را محاسبه و ثبت کنید. اگر هیچ اقدامی اتخاذ نشده است، RPN منتج شده" را خالی بگذارید. همه RPN های منتج شده را بازنگری کرده و اگر اقدامات بیشتری لازم است، مراحل ۱۹ تا ۲۲ را تکرار کنید. توصیه می گردد که قبل از شروع اقدامات، نتایج آن را بر کاهش RPN نوشته و در صورت کفایت کاهش RPN، اقدامات را به مرحله اجرا درآورید و سپس رتبه های واقعی را مشخص کرده و به جای حدس قبلی بنویسید.

## پیگیری

مهندس مسئول طراحی وظیفه کسب اطمینان از اجرا و کفایت همه اقدامهای پیشنهاد شده را دارد. FMEA یک مستند زنده است که می بایست همواره بازتاب سطح آخرین طراحی و آخرین اقدامات (حتی آنهایی که بعد از تولید انبوه اتفاق می افتد) باشد.

در DFMEA مهندس مسئول طراحی پندین طریق برای کسب اطمینان از اجرای اقدامات پیشنهادی دارد. اقداماتی چون :

کسب اطمینان از برآوردن ساقتن انتظارات (الزامات) طراحی

بازنگری نقشه ها و مشخصات طراحی

تأیید ملهوظ شدن اصلاحات و تغییرات در مدارک مونتاژ/سافت

بازنگری PFMEA و برنامه های کنترل