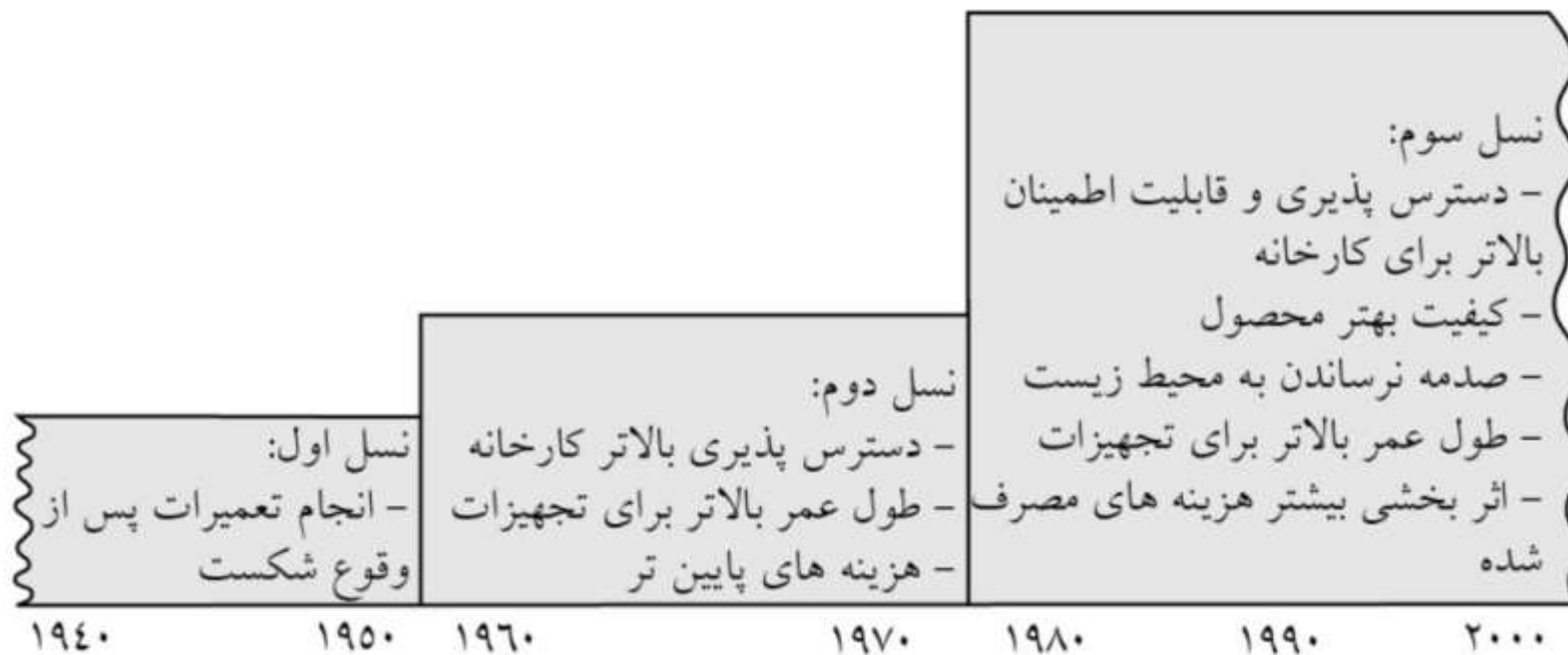


# اصول نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM)

امیر خالقی

مشاور مدیریت دارایی‌های فیزیکی؛ شرکت PAMCo.

# تغییر انتظارات از نگهداری و تعمیرات



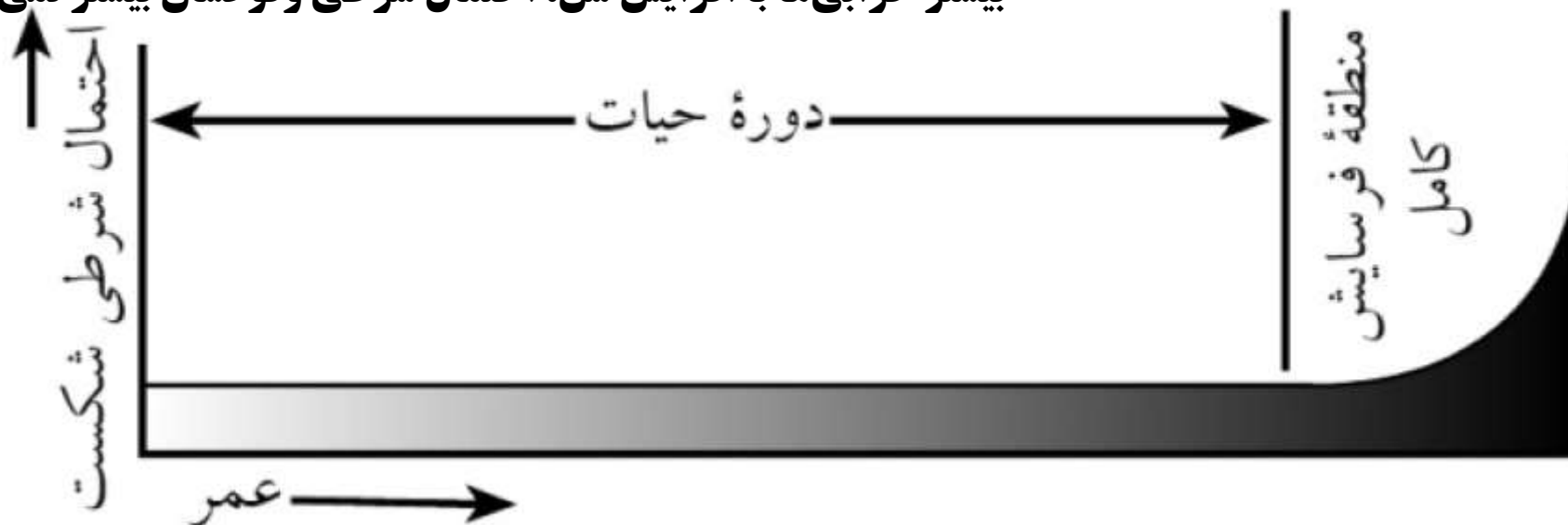
همایش

بین المللی مدیریت فنی و نگهداری و تعمیرات

# افزایش دانش نسبت به خرابی ها

بیشتر تجهیزات وقتی ~~پیر شوند~~ احتمال خرابی شان بیشتر می شود

بیشتر خرابی ها با افزایش سن، احتمال شرطی وقوعشان بیشتر نمی شود

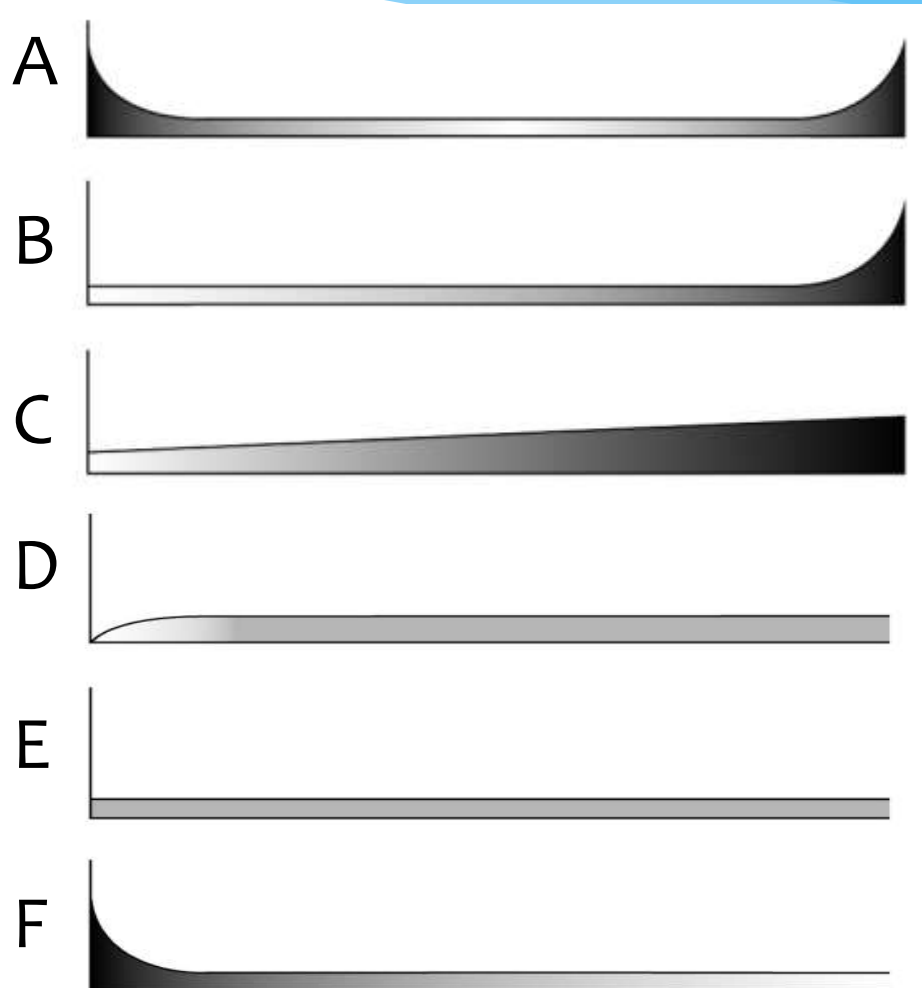


همایش



بین المللی مدیریت فنی و نگهداری و تعمیرات

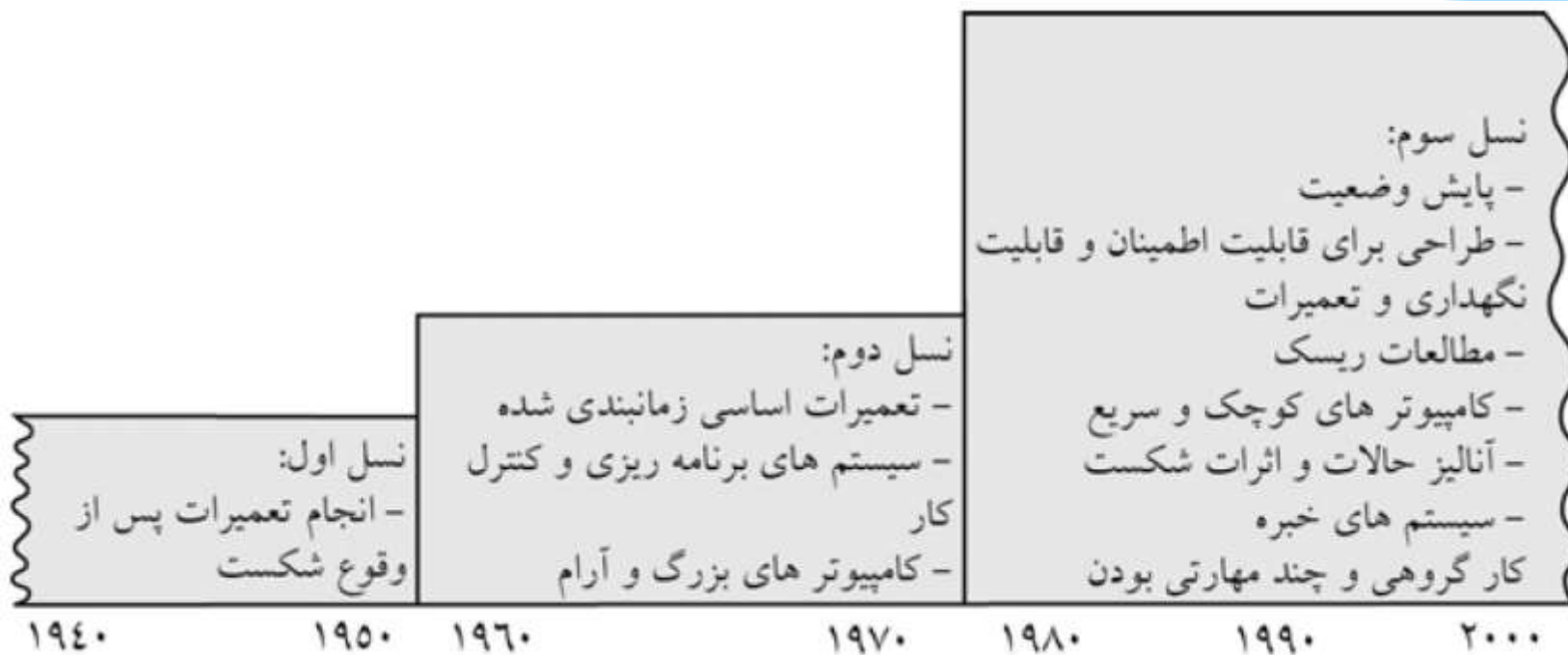
# الگوهای خرابی



الگوهای خرابی وابسته به عمر

الگوهای خرابی تصادفی

# رشد تکنیک‌های نگهداری و تعمیرات



همایش

بین‌المللی مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات

# گام‌های اصلی در آنالیز RCM

- \* از تجهیز انتظار چه کارکردی را داریم؟
  - \* این کارکردها به چه صورت‌هایی از دست می‌روند (شکست یا خرابی کارکردی)؟
  - \* دلایل این خرابی‌ها چیست (حالات شکست یا خرابی)؟
  - \* و اثرات این خرابی‌ها چیست؟
  - \* این خرابی‌ها از چه نظر اهمیت دارند (پیامد خرابی)؟
  - \* تصمیم‌گیری (چه فعالیت‌های نگهداری و تعمیراتی)؟
  - \* اگر نتوان فعالیت نگهداری و تعمیرات مناسبی یافت نمود چه باید کرد؟
- 
- \* ممیزی
  - \* پیاده‌سازی

# تهیه سند شرایط عملیات

- \* شرح مأموریت کلی سازمان
- \* شرح کلی و نقشه‌های شماتیکی از تجهیز
- \* جزئیات استانداردهای عملکرد
- \* پیامدهای خرابی
- \* گسسته یا پیوسته بودن فرایند تولید
- \* فرایندهای قبلی و بعدی
- \* وجود تجهیزات رزرو



همایش

بین‌المللی مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات

# تهیه سند شرایط عملیات (ادامه)

- \* استانداردها (کیفیت - محیط زیست)
- \* خرابی‌های عمده قبلی
- \* شیفت‌های کاری
- \* ملاحظات لوازم یدکی
- \* وضعیت بازار

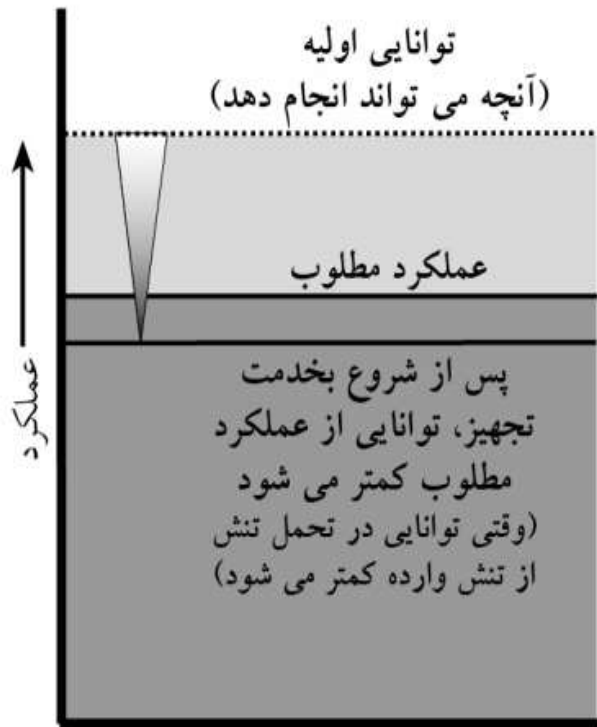


همایش

بین‌المللی مدیریت فنی و نگهداری و تعمیرات



# کارکرد



\* از یک تجهیز نه تنها انتظار انجام کارکرد را داریم

\* بلکه این انتظار را در سطح قابل قبولی داریم  
(استاندارد عملکرد)

همایش



بین المللی مدیریت فنی و نگهداری و تعمیرات

# کارکردها

\* اولین گام در فرآیند RCM، تعیین کارکردهای هر تجهیز در شرایط عملیاتی‌اش به علاوه استانداردهای عملکرد مورد نظر است.

\* کارکردهای مورد انتظار کاربران به دو دسته تقسیم می‌شوند:

\* **کارکردهای اولیه:** انتظارات رده اول از تجهیز (چرا تجهیز را خریده‌ایم)؛ مانند سرعت، نرخ خروج، ظرفیت حمل یا ذخیره‌سازی، کیفیت محصول و خدمات

\* **کارکردهای ثانویه:** سایر انتظاراتی که از تجهیز داریم؛ مانند ایمنی، کنترل، آلودگی، راحتی، تمامیت سازه‌ای، صرفه‌جویی، حفاظت، راندمان عملیات، تطابق با مقررات زیستی و ظاهر تجهیز

همایش



بین‌المللی مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات

# شکست یا خرابی کارکردی

\* پرسش دوم:

به چه صورت‌هایی ممکن است تجهیز از انجام کارکردهایش باز ایستد؟



یک تعریف ساده:

شکست یا خرابی یعنی عدم توانایی تجهیز در انجام خواسته کاربران

همایش



بین‌المللی مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات

# حالات شکست یا خرابی (دلایل خرابی)

\* پیشامدی که باعث شکست کارکردی یک تجهیز شود.

استفاده از عبارتهای مصدری دقیق

خراب شدن؟

شکستن؟

بد کار کردن؟



شل شدن تسمه کوپلینگ

شکستن توپی کوپلینگ در اثر خستگی

گیر کردن سوپاپ در حالت بسته

همایش



بین‌المللی مدیریت فنی و نگهداری و تعمیرات

# مدیریت در سطح دلایل خرابی

\* با هزاران دلیل خرابی در سطح کارخانه چه باید کرد؟

\* مدیریت روزانه نت بر اساس حالات شکست:

\* درخواست و دستورات کار بصورت روزانه و در سطح دلایل خرابی

\* جلسات همیشگی درباره دلایل خرابی، ریشه‌ها و راه حل‌های آنها

\* سیستم ثبت سوابق

\* حالا یا ما دلایل خرابی را مدیریت می‌کنیم یا آنها ما را؛ راه حل سومی وجود ندارد

همایش



بین‌المللی مدیریت فنی و نگهداری و تعمیرات

# دلایل خرابی

چه حالات شکست را باید مورد بررسی قرار دهیم؟

\* دلایل خرابی که تاکنون اتفاق افتاده‌اند.

\* دلایل خرابی که جهت جلوگیری از وقوع آنها (در حال حاضر) از روش‌های نگهداری و تعمیرات استفاده می‌شود.

\* خرابی‌هایی که تا کنون رخ نداده‌اند اما احتمال رخداد وجود دارد و پیامد قابل توجهی دارند.

# اثرات خرابی

\* پیش از وقوع شکست .....

\* چه شواهدی حاکی از رخداد شکست است.

\* خرابی به چه صورت‌هایی می‌تواند تهدیدی برای ایمنی یا محیط زیست باشد.

\* خرابی به چه صورت‌هایی می‌تواند بر روی تولید یا عملیات تأثیرگذار باشد.

# اثرات خرابی (ادامه)

- \* چه آسیب‌های فیزیکی توسط خرابی برای خود تجهیز یا تجهیزات دیگر ایجاد می‌شود.
- \* برای رفع خرابی چه باید کرد.
- \* اطلاعات موردنیاز برای تصمیم‌گیری (مانند هزینه‌ها)



همایش

بین‌المللی مدیریت فنی و نگهداری و تعمیرات



# پیامدهای خرابی

\* هدف RCM صرفاً جلوگیری از وقوع خرابی نیست بلکه هدف اصلی حذف یا کاهش پیامدهای خرابی است.

\* اهمیت هر خرابی با توجه به پیامد رخداد آن تعیین می شود.

انواع پیامدهای خرابی

- پیامدهای شکست پنهان
- پیامدهای ایمنی و زیست محیطی
- پیامدهای عملیاتی
- پیامدهای غیر عملیاتی

# انواع فعالیتهای نگهداری و تعمیرات

(بر اساس منطق RCM)

## \* فعالیتهای پیش اقدام

\* نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM)

\* تعمیر پیشگیرانه

\* تعویض پیشگیرانه

\* نگهداری و تعمیرات اقتضائی (on condition) : پایش وضعیت خرابی

## \* اقدامات پیش فرض

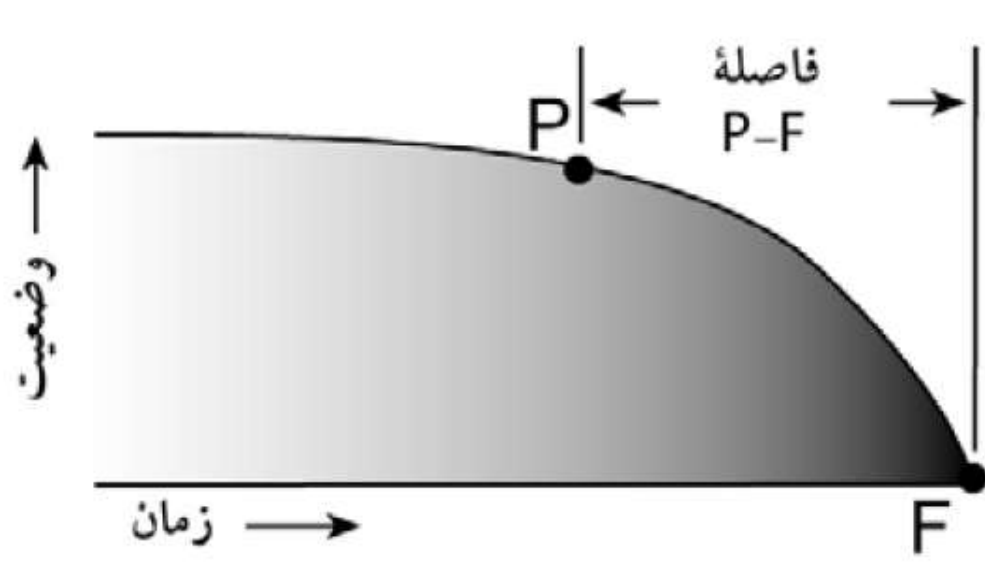
\* جستجوی شکست (Functional check)

\* عدم نیاز به نگهداری و تعمیرات زمان بندی شده Run to Failure

\* بازطراحی

# نگهداری و تعمیرات اقتصادی (پایش وضعیت)

\* مدت زمان بین مشاهده اولین نشانه‌های خرابی تا وقوع خرابی

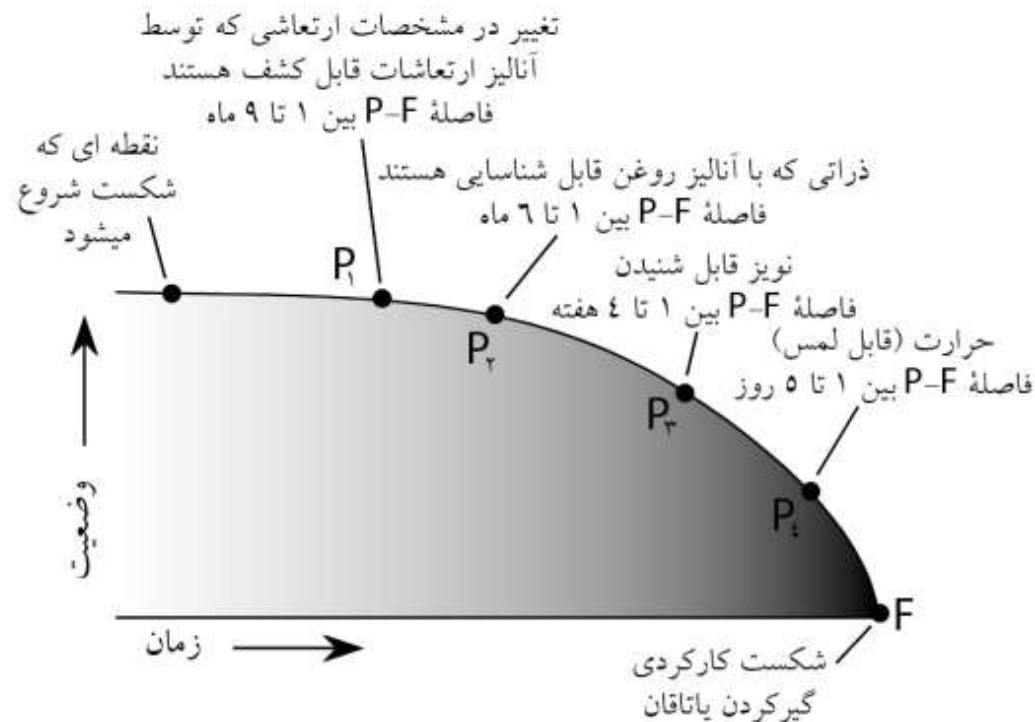


همایش

بین‌المللی مدیریت فنی و نگهداری و تعمیرات

# نگهداری و تعمیرات اقتصادی (پایش وضعیت)

\* تغییر فاصله P-F بر حسب روش پایش وضعیت



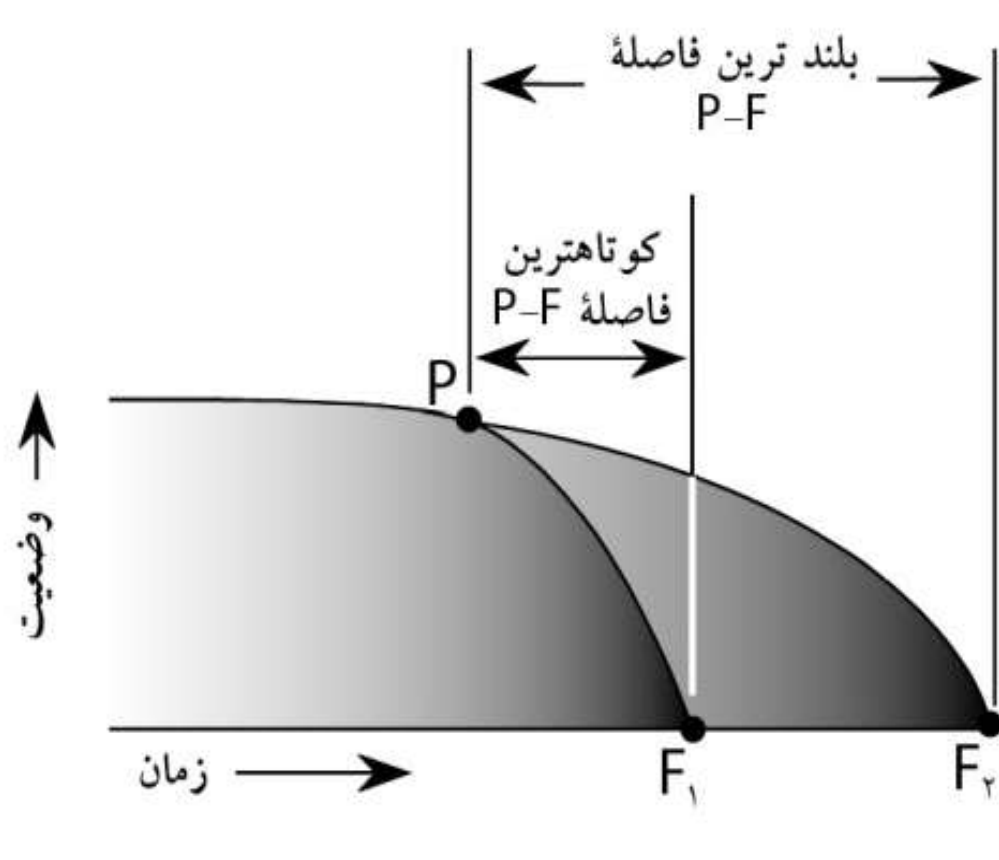
همایش



بین المللی مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات

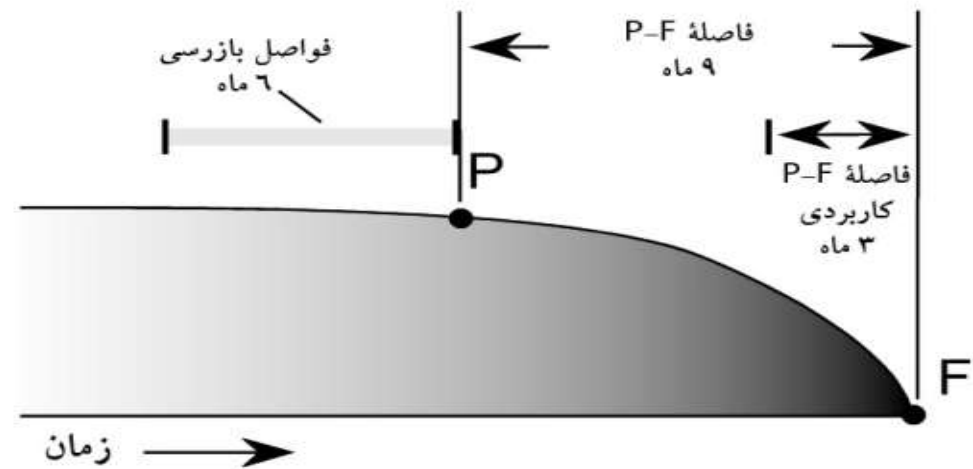
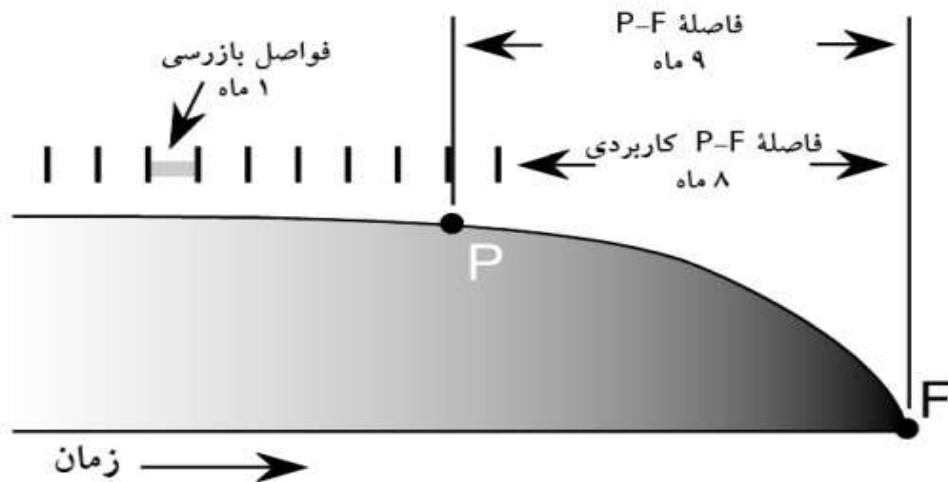
# نگهداری و تعمیرات اقتصادی (پایش وضعیت)

\* ثبات فاصله P-F



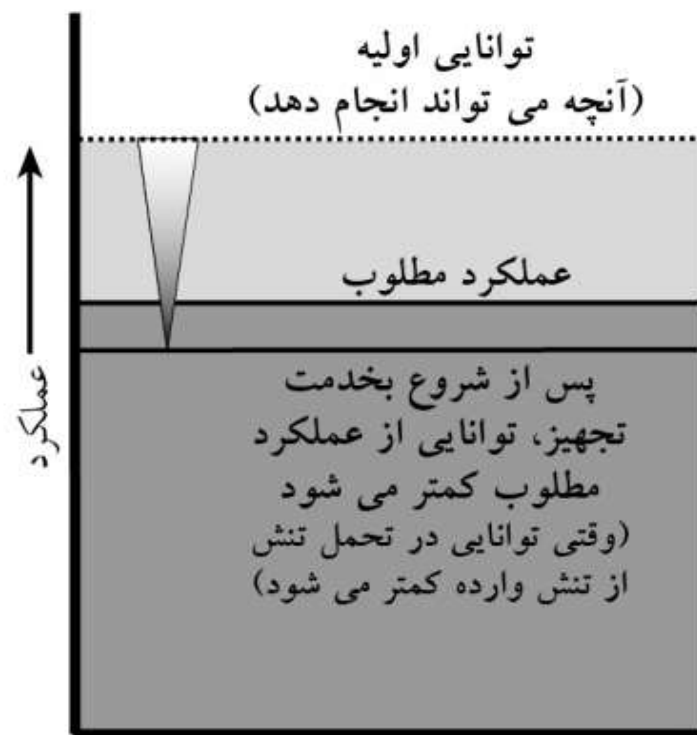
# نگهداری و تعمیرات اقتصادی (پایش وضعیت)

\* فاصله P-F کاربردی



# نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM)

\* عمر و فرسودگی



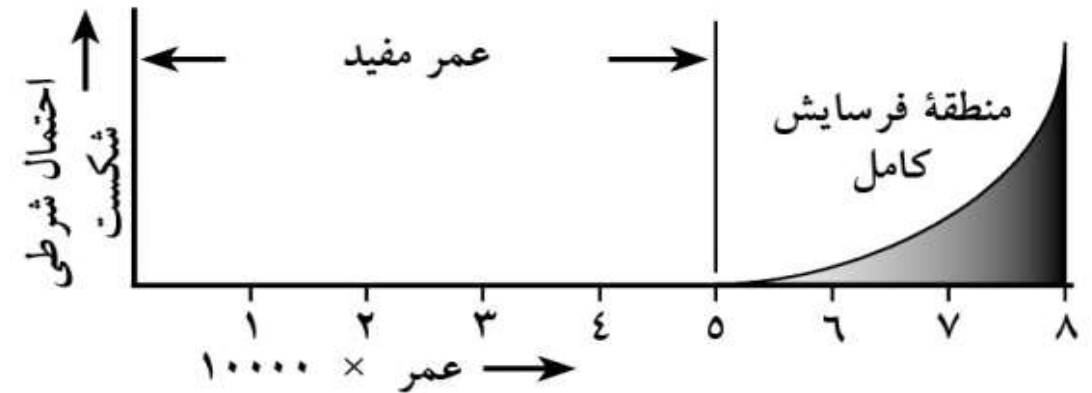
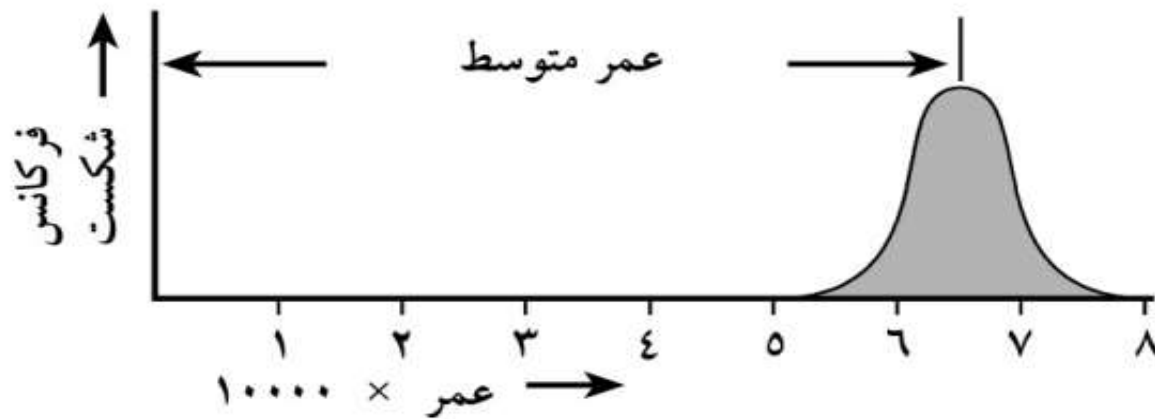
همایش



بین المللی مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات

# نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM)

\* رابطه میان عمر قطعه و چگونگی خرابی آن به چه صورت است؟



همایش



بین‌المللی مدیریت فنی و نگهداری و تعمیرات



# نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه (PM)

\* توجیه پذیری فنی:

\* عمری برای قطعه قابل شناسایی باشد که در آن افزایش سریعی در احتمال شرطی شکست روی دهد

\* بیشتر قطعات تا این سن دوام بیاورند

\* مقاومت اولیه قابل بازیابی باشد

\* به صرفه بودن:

\* هزینه‌های شکست در برابر هزینه‌های فعالیت زمان بندی شده



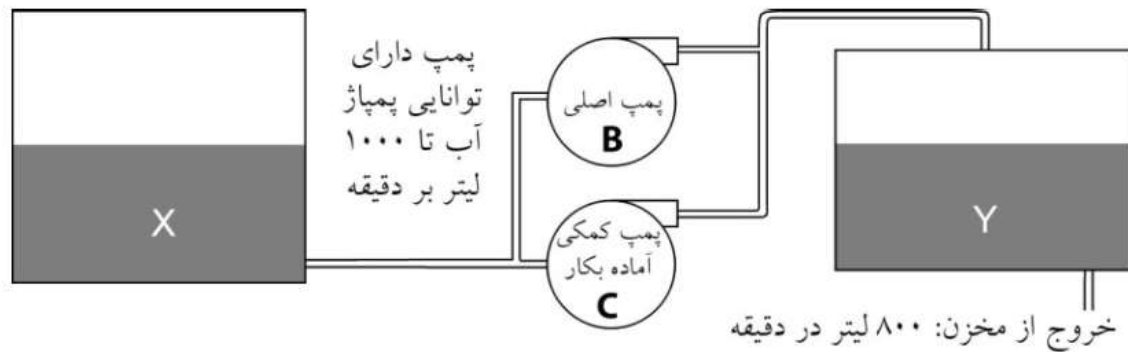
همایش

بین‌المللی مدیران فنی و نگهداری و تعمیرات

# اقدامات پیش فرض: جستجوی شکست

(چک کارکردی)

بررسی کارکردهای پنهان برای تعیین اینکه دچار خرابی شده اند یا خیر...



- \* شکست پنهان
- \* شکست چندگانه

خرابی پمپ stand by

خرابی پمپ اصلی = شکست چندگانه

زمان →

# اقدامات پیش فرض: Run To Failure

\* اگر نتوان فعالیت تعمیراتی پیشگیرانه مناسبی برای خرابی پنهان یافت و این خرابی پیامد ایمنی و زیست محیطی نداشته باشد.

\* اگر برای حالت خرابی با پیامد عملیاتی یا غیرعملیاتی، نتوان فعالیت تعمیراتی پیشگیرانه مناسبی تعریف کرد.

# اقدامات پیش فرض: اقدامات یکبار برای همیشه

- \* تغییرات فیزیکی
- \* تغییرات در فرایندهای کار
- \* تغییرات در تدارکات و خرید
- \* آموزش
- \* و .....

گروه آنالیز RCM ، گروه بازطراحی نیست!



# مطالعه موردی: جرثقیل دروازه‌ای

## RCM Analysis Results

- \* 26 Analysis Sessions
- \* 188 Failure Modes
- \* 112 FMs with safety Consequences:  
36 Maint. Tasks + 76 Redesigns
- \* Higher Reliability & Availability :  
76 FMs with operational Consequences
- \* Redesign
- \* Routine Tasks Reduction
- \* PM Compliance
- \* More Expert Personnel
- \* Better Team Work
- \* Managed Data

| مدت زمان توقف<br>عملیات در سال | شماره حالت شکست | حالت شکست   |   |
|--------------------------------|-----------------|---|---|
| ۹                              | ۲۷ A ۱          | آسیب دیدگی اتصال نگهدارنده گیربکس پل به دلیل شرایط کاری خشن   | ۱ |
| ۲۴                             | ۲۹ A ۱          | شکستن دنده های گیربکس پل بدلیل معکوس کردن جهت حرکت<br>بریدن شفت چرخ محرک پل بدلیل معکوس کردن جهت حرکت<br>شکستن پایه موتور بدلیل معکوس کردن جهت حرکت | ۲ |
| ۲۴                             | ۲۵ A ۱          | شکست مجموعه گاید رول پل به دلیل ضربات ناشی از برخورد ترولی با<br>ضربه گیر ها ( حذف لیمیت های حد ترولی و افزایش ۲ آند در هر سلول)                    | ۳ |

# مطالعه موردی: دستگاه پانچر

- 20 Analysis sessions
- 199 Failure Modes
- 25 FMs with safety Consequences
- 137 Operational FMs
- 9 items below will improve annual uptime around 15 hr

| مدت زمان توقف<br>عملیات در سال<br>(ساعت) | شماره حالت شکست | حالت شکست   |
|--|-----------------|---|
| ۳  | ۱۲۴ A ۱         | ۱ شل شدن صفحه ضد سایش به علت عدم طراحی مناسب<br>شکستن ضربه گیر ها و فنر های داخلی بدلیل:  |
| ۵  | ۱۰۵ A ۱         | ۲ عدم استفاده از گلند با سایز مناسب   |
|  | ۱۰۶ A ۱         | ۳ نشت هوا از سیل گلند به علت طراحی نامناسب  |
|  | ۱۰۸ A ۱         | ۴ ساییدگی سیل و گرد گیر گلند به علت جنس نامناسب سیل و عدم تطابق<br>پاره شدن زنجیر بدلیل : |
| ۱۰                                       | ۱۰ A ۱          | ۵ پاره شدن زنجیر به دلیل استفاده از جنس نامناسب   |
|  | ۱۱ A ۱          | ۶ پاره شدن زنجیر به دلیل عدم نصب صحیح زنجیر   |
|  | ۱۲ A ۱          | ۷ پاره شدن زنجیر به دلیل عدم روانکاری مناسب   |
|  | ۱۴ A ۱          | ۸ پاره شدن زنجیر به دلیل عدم انطباق زنجیر با چرخ زنجیر                                    |
|  | ۱۶۱ A ۱         | ۹ کثیفی ریل به علت طراحی نامناسب  |



# مطالعه موردی: بلوور

## RCM Analysis Results

- 27 Analysis Sessions
- 191 Failure Modes (mostly with environmental consequences)
- 19 Safety Failure Modes: 5 Maint. Tasks + 14 Redesigns
- 112 Environmental FMs: 48 Maint. Tasks + 66 Redesigns
- 35 Hidden FMs: 5 Prv. Maint. + 17 FFs + 9 Redesign



# مطالعه موردی: جرثقیل دروازه‌ای ۲۴۰ تن

## RCM Analysis Results (So Far)

- 27 Analysis Sessions
- 530 Failure Modes
- 250 Safety/Environmental Failure Modes: 160 Maint. Tasks + 90 Redesigns
- 14 Hidden FMs: 4 Prv. Maint. + 10 Redesign

|   |   |
|---|---|
| ۱ | شل شدن اتا  |
| ۲ | خشک شدن   |
| ۳ | شل شدن پی   |
| ۴ | استفاده مجد   |
| ۵ | شکستن یاتا  |
| ۶ | گرفتگی اصلی   |
| ۷ | فرسودگی او  |
| ۸ | سوختن بوبین قلاب ۵ تن چپ                              |
| ۹ | عدم نصب صحیح پلاگ مسیر تخلیه روغن گیربکس‌های تراولینگ |

|    |       |
|----|-------|
| ۵  | ۲ D ۴ |
| ۲۴ | ۱ A ۷ |

# مطالعه موردی: توربین گازی Siemens V94.2

## RCM Analysis Results (for most critical sub-systems)

- 566 Failure Modes (Lots of them with environmental consequences)
- 128 On Condition Tasks
- 111 PM Tasks
- 29 Failure Finding Tasks
- 186 Redesigns (57 of them are mandatory)

| نوع خرابی                  | هزینه (تومان) |
|----------------------------|---------------|
| خاموشی با برنامه (هر ساعت) | ۸۴۸۲۵۰۰       |
| خاموشی بی برنامه (هر ساعت) | ۱۳۲۶۰۰۰۰      |
| راه اندازی مجدد            | ۹۹۷۵۰۰۰       |
| تریپ در بار پایه           | ۷۹۸۰۰۰۰۰      |

# با سپاس از توجه شما

[Amir.khleghi@pamco.com](mailto:Amir.khleghi@pamco.com)